

Plano de Ação de Emergência: Barragem da Pampulha

PAE da Barragem da Pampulha

Belo Horizonte, 2021

Equipe:

Nilo de Oliveira Nascimento – professor titular, coordenador do estudo, EHR-UFMG

Luiz Rafael Palmier – professor titular, EHR-UFMG

Julian Cardoso Eleutério – professor adjunto, EHR-UFMG

Lucas Brasil – engenheiro consultor

SUMÁRIO

Item	Título	Página
	Lista de figuras	4
	Lista de quadros	6
	Lista de tabelas	7
0	Introdução	8
1	Apresentação e objetivo do Plano de Ação de Emergência, PAE	8
2	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação	8
3	Descrição geral da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas	14
4	Instrumentação e Equipamentos	18
5	Breve discussão sobre as situações de emergência	19
6	Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta	35
7	Responsabilidades no Plano de Ação de Emergência – PAE (empreendedor, Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE, equipe técnica e Defesa Civil)	48
8	Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados	57
9	Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados	70
10	Uso do solo, população exposta e análise de vulnerabilidade das áreas potencialmente afetadas	73
11	Sistema de alerta, setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro	88
12	Plano de Treinamento do Plano de Ação de Emergência	96
13	Meios e recursos para serem utilizados em situações de emergência em potencial	99
14	Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação	99
15	Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do Plano de Ação de Emergência – PAE com os respectivos protocolos de recebimento	103
Adendo	ADENDO 1 – Setores de Alerta e Evacuação e Pontos de Encontro	104

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
2.1	Organograma do PAE	9
2.2	Organograma de apoio externo	10
3.1	Localização da barragem da Pampulha, com a área de drenagem do seu reservatório e a hidrografia da região	14
8.1	Hidrogramas de entrada (Qe) e saída (Qs) referentes ao trânsito da cheia de projeto pelo reservatório para diferentes durações da chuva de projeto de período de retorno de 10.000 anos	58
8.2	Hidrogramas de entrada (Qe) e de ruptura por <i>piping</i> (Qrp) para durações da chuva de projeto de 14 e 24 horas	58
8.3	Hidrograma de entrada (Qe) e hidrograma de ruptura por galgamento (Qrg	58
8.4	Limites de montante e de jusante definidos para realização do primeiro estudo de propagação de onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem da Pampulha – do dique da barragem da Pampulha até o Rio das Velhas	60
8.5	Localização de singularidades hidráulicas sobre base topo-batimétrica utilizada para desenvolvimento do modelo de propagação de onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem da Pampulha	61
8.6	Mapa global com extensão da mancha de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	63
8.7	Mapa global do tempo de chegada de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	64
8.8	Mapa global de profundidades de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	65
8.9	Mapa global do tempo para atingir a profundidade máxima de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	66
8.10	Mapa global de duração de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	67
8.11	Mapa global de perigo (risco hidrodinâmico) referente à inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	68
8.12	Mapa global de velocidades de escoamento resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	69
9.1	Mapa da Zona de Autossalvamento para a ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).	71
9.2	Mapa da Zona de Autossalvamento para a ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia sobre imagem World Imagery (2015).	72
10.1	Área de interesse: discretização espacial utilizada com grades estatísticas selecionadas para análise de exposição e vulnerabilidade da área a jusante da Barragem da Pampulha, considerando buffer de 100m em relação aos resultados de simulação hidrodinâmica.	73
10.2	População (em número de habitantes) segundo o censo 2010 na área de interesse.	74

10.3	Número de domicílios segundo o censo 2010 na área de interesse.	75
10.4	Uso e ocupação dos lotes na área de interesse segundo dados da PRODABEL.	75
10.5	População estimada em edificações residências durante horário noturno (02:00).	77
10.6	População estimada em edificações residências durante horário diurno (14:00).	78
10.7	Regionais que englobam a área de interesse segundo dados da Prodabel.	78
10.8	Distribuição espacial das de creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS) nas regionais e área de interesse, segundo dados da Prodabel.	80
10.9	Número de edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), na área de interesse, segundo dados da Prodabel.	80
10.10	Número de pessoas em edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), durante horário noturno (02:00).	81
10.11	Número de pessoas em edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), durante horário diurno (14:00).	81
10.12	Localização das atividades econômicas na área de interesse segundo dados da PRODABEL	83
10.13	Estimativa do número de atividades econômicas diurnas selecionadas na área de interesse.	84
10.14	Estimativa do número de atividades econômicas noturnas selecionadas na área de interesse.	84
10.15	População relacionada às atividades econômicas na área de interesse, durante horário diurno (14:00).	85
10.16	População relacionada às atividades econômicas na área de interesse, durante horário noturno (02:00).	85
10.17	População total relacionada às atividades econômicas na área de interesse.	86
10.18	Mapeamento da exposição da população e construções em caso de um evento em horário diurno (14:00).	87
10.19	Mapeamento da exposição da população e construções em caso de um evento em horário noturno (02:00).	87
11.1	Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro.	89
11.2	Exemplos de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro: três exemplos	90
11.3	Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro (Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia, 2015) e evento de TR = 10000 anos e duração 24 horas)	94
11.4	Exemplo de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro (Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia, 2015) e evento de TR = 10000 anos e duração 24 horas)	95

LISTA DE QUADROS

Quadro	Título	Página
2.1	Contatos do Coordenador e do Empreendedor	10
2.2	Grupos de Intervenção Direta	10
2.3	Grupos de Apoio Interno	11
2.4	Grupos de Apoio Externo	13
5.1	Evento pluvial extremo	23
5.2	Erosão regressiva (piping) outros problemas estruturais no maciço, em suas fundações e nas ombreiras	29
7.1	Responsabilidades do Coordenador do PAE	48
7.2	Responsabilidades do Empreendedor	50
7.3	Responsabilidades dos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR) e de Manutenção (GM)	53
7.4	Responsabilidades do Grupo de Operação	53
7.5	Responsabilidades do Grupo de Meio Ambiente	53
7.6	Responsabilidades do Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil: SUPDEC)	54
12.1	Plano de Treinamento do PAE da Barragem da Pampulha: objetivos, modalidades e meios	98
15.1	Instituições que receberam cópia do PAE da Barragem da Pampulha	103

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
3.1	Principais características da Barragem da Pampulha e seu reservatório	15
5.1	Reprodução da propagação dos eventos de TR = 100 anos e TR = 10.000 anos, segundo EHR (2003) no reservatório da Pampulha, adotando-se curvas cota-descarga e cota-volume propostas por Vianine Neto (2016). Resultados de simulação de evento de TR = 10.000 anos em Vianini Neto (2016)	20
8.1	Volume do hidrograma de ruptura, vazão de pico do hidrograma de ruptura e área da mancha de inundação de cenários base dos estudos de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015) e Vianini Neto (2016)	57
8.2	Bases de dados utilizadas para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem da Pampulha.	57
8.3	Descrição das metodologias empregadas para desenvolvimento dos diferentes mapas produzidos a partir dos resultados das simulações hidrodinâmicas de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem da Pampulha.	62
10.1	Número de domicílios na área de interesse por tipo de ocupação e tipo de material de construção (RES1: residencial unifamiliar; RES3: apartamentos; RES4: dormitório institucional; RES5: penitenciária e casa de recuperação; e RES6: asilo ou orfanato).	78
10.2	População na área de interesse em números absolutos em função da faixa etária e horário do dia	78
10.3	Número de equipamentos nas regionais e na área de interesse do estudo segundo dados da Prodabel	79
10.4	Resultado das análises de distribuição de populações na regional e área de interesse por tipo de equipamento.	82
10.5	Distribuição das populações e construções potencialmente afetadas para eventos em horário diurno (14:00) e noturno (02:00).	86

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA: BARRAGEM DA PAMPULHA

0. Introdução

O presente documento é parte integrante dos estudos de revisão e atualização do Plano de Ações Emergenciais da Barragem da Pampulha elaborados pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG no âmbito do Contrato n. 14/2018 firmado entre a Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura da Prefeitura de Belo Horizonte e a Universidade Federal de Minas Gerais.

1. Apresentação e objetivo do Plano de Ação de Emergência, PAE

O Plano de Ação de Emergência (PAE) da Barragem da Pampulha tem por objetivos identificar situações de emergência relacionadas à estabilidade estrutural e integridade física da barragem, bem como à operação do reservatório da Pampulha e definir ações, responsabilidades, procedimentos e meios materiais e técnicos para minimizar danos e perdas de vida que podem decorrer de tais situações de risco.

Mais especificamente, o PAE define responsabilidades e procedimentos para:

- Identificar e avaliar possíveis situações de emergência;
- Iniciar as ações corretivas e preventivas previstas em situações de emergência;
- Informar as autoridades competentes sobre situações de emergência, sua evolução temporal, correções implantadas e resultados obtidos;
- Alertar as comunidades potencialmente afetadas em situações de emergência conforme a classificação da emergência e o nível correspondente de resposta.

2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação

A figura 2.1 contém o Organograma do PAE Pampulha e as figura 2.2 e 2.3 a composição de cada Grupo.

Estrutura Organizacional

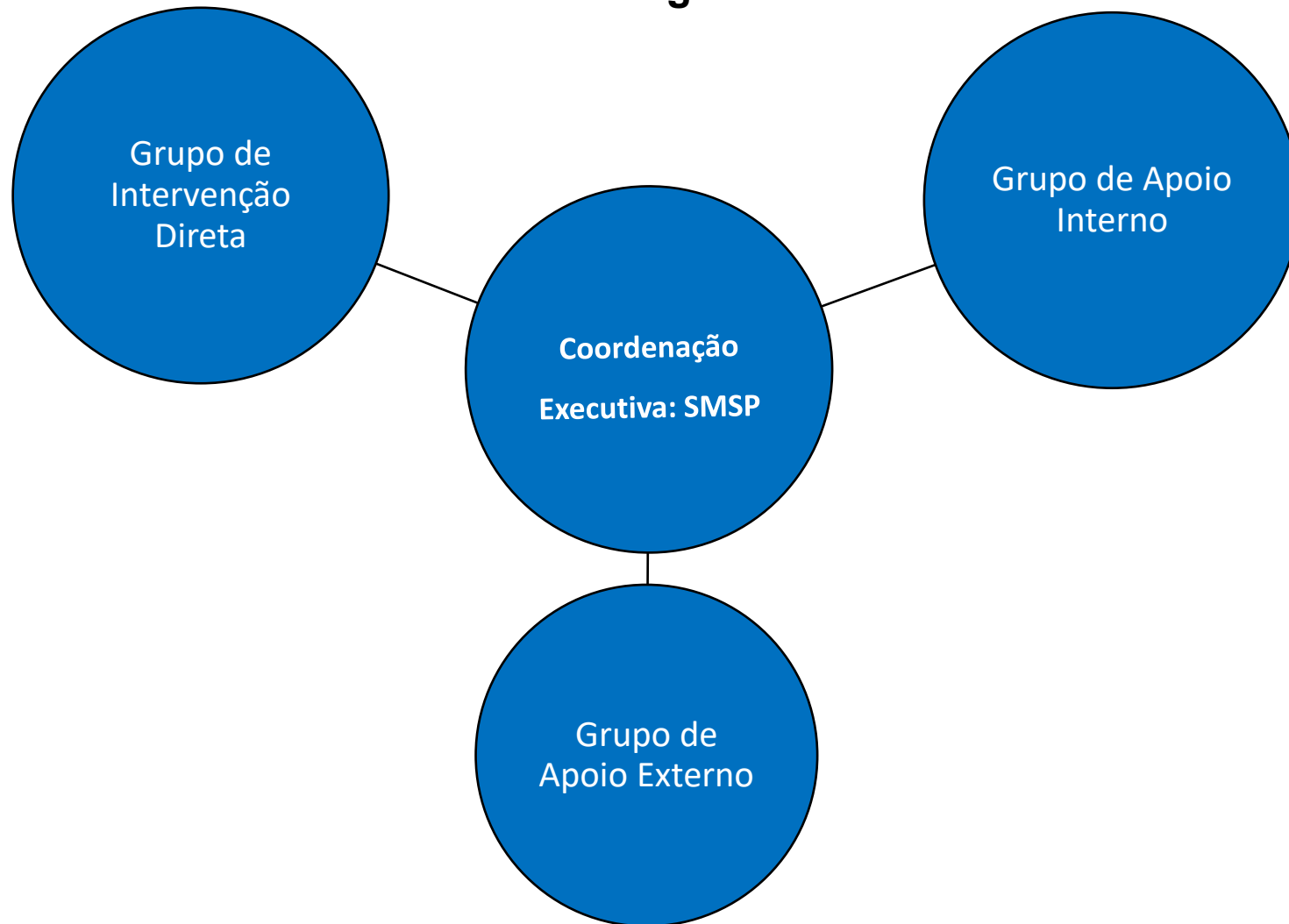
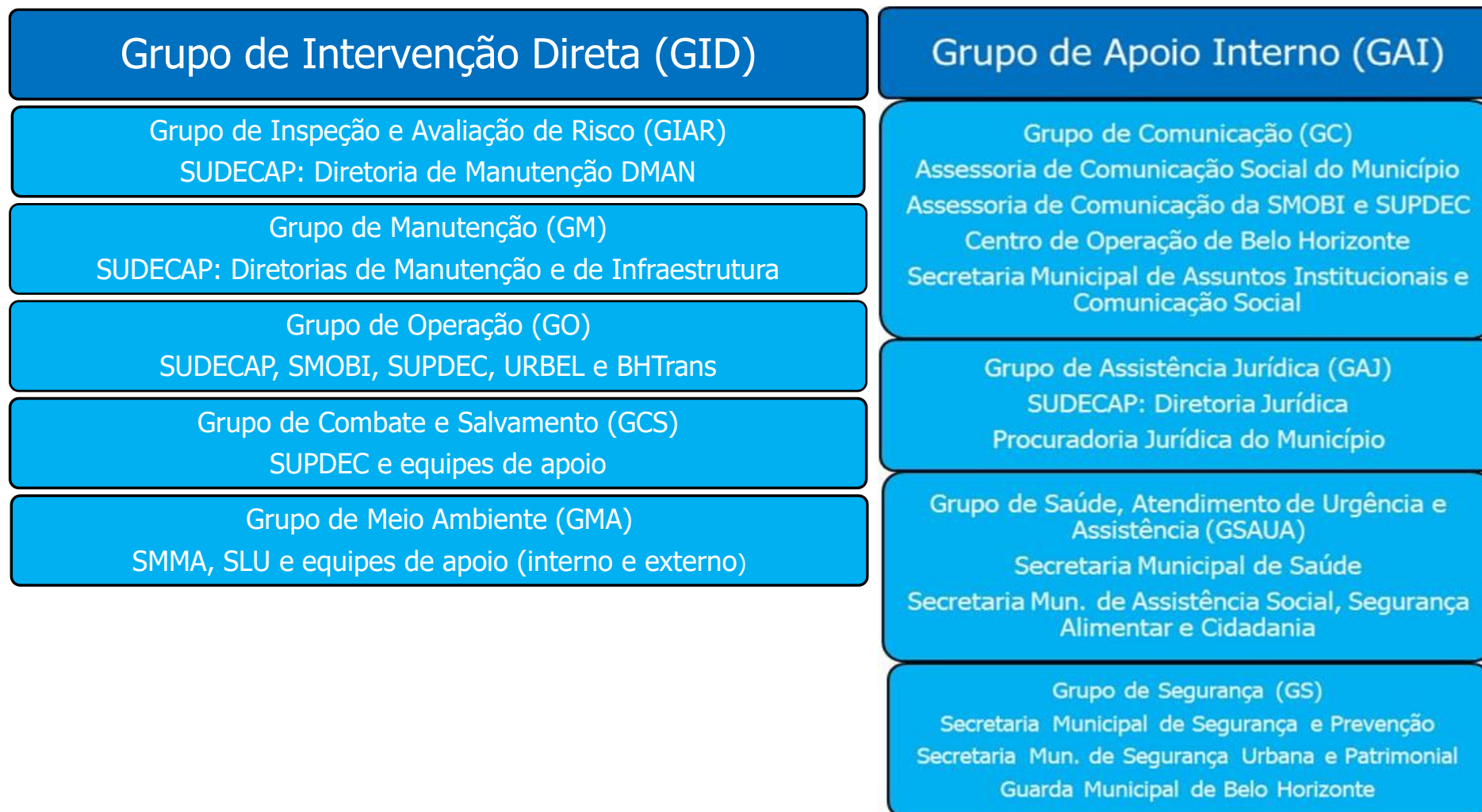


Figura 23. Composição do GID e GAI

Mapeamento Institucional



Mapeamento Institucional

Figura 2.4 Composição do GAE



Os quadros 2.1 a 2.4 listam os telefones de contato de entidades que compõem o Organograma do PAE.

Quadro 2.1. Contatos do Coordenador e do Empreendedor

Posição no Organograma	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Coordenador do PAE	SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção	Genilson Ribeiro Zeferino	3277-4414
Empreendedor	PBH: Prefeitura de Belo Horizonte	Alexandre Kalil	156

Quadro 2.2. Grupos de Intervenção Direta

Grupo	Organismos	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Inspeção e Avaliação de Risco	SUDECAP: Diretoria de Manutenção	Mauro Lúcio Ribeiro da Silva	3277-5299
Manutenção	SUDECAP: Diretoria de Manutenção e Diretoria de Infraestrutura	Henrique de Castilho Marques	3277-8001
Operação	SUDECAP	Henrique de Castilho Marques	3277-8001
	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	199
	SMOBI: Secretaria de Obras e Infraestrutura	Josué Costa Valadão	3277-5010
	URBEL	Claudius Vinicius Leite Pereira	3277-8109/78113
	BHTRANS	Célio Fretas Bouzada	3379-5501
Combate e Salvamento	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	199
Meio Ambiente	SMMA: Secretaria de Meio Ambiente	Mario de Lacerda Werneck Neto	3246-0583
	SLU: Limpeza Urbana	Genedempsey Bicalho	3277-9333

Quadro 2.3. Grupos de Apoio Interno

Grupo	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Comunicação	SMAIC: Secretaria de Assuntos Institucionais e Comunicação Social	Adriana Branco	3277- 4148
	ASCOM: Comunicação Social	Sônia Mineiro	3277-4650
	Assessoria de Comunicação da SMOBI	Adília Dalbem	3277-8004
	Assessoria de Comunicação da SUPDEC	Reger Roger Victor	3277-8864
	COP-BH: Centro de Operações	Geórgia Ribeiro	3314-7870 e 98524-2545
Assistência Jurídica	SUDECAP: Diretoria Jurídica	Felipe Alexandre Santa Anna Mucci Daniel	3277-8011
	PGM: Procuradoria Geral do Município	Castellar Modesto Guimarães Filho	3277-4075
Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência	SMSA: Secretaria Saúde	Jackson Machado Pinto	3277-6392
	SMASAC: Secretaria de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania	Maíra da Cunha Pinto Colares	3277-4562/4568
Segurança	SMOBI: Secretaria de Obras e Infraestrutura	Josué Costa Valadão	3277-5010
	SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção	Genilson Ribeiro Zeferino	3277-4414
	GMBH: Guarda Municipal	CMDT. Rodrigo Sérgio Prates	3277-4241/ 4335/ 4455/ 9256

Quadro 2.4. Grupos de Apoio Externo

Grupo	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Combate e Salvamento	CEDEC: Defesa Civil do Estado de MG		99818-2400/3915-0274/3915-0998
	Corpo de Bombeiros Militar		193 ou 3379-3641/3379-3636/ 3609
Saúde e Atendimento de Urgência	Secretaria de Saúde do Estado		3215-7248/7251 ou plantão 9621-2229
	SAMU		192
Segurança Patrimonial e de Circulação Viária	Polícia Militar de Minas Gerais		190 ou 3307-0150
	Política Rodoviária Estadual		2123-1926/1903
	Polícia Rodoviária Federal		191 ou 3064-5385/5386
Meio Ambiente	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável	Superintendência de Estratégia e Fiscalização Ambiental	3915-1919
	Instituto Mineiro de Gestão das Águas	Núcleo de Autos de Infração	3915-1281
	Fundação Estadual de Meio Ambiente		3915-1421
Operadoras de Serviços Públicos	COPASA: Saneamento		115
	CEMIG: Energia Elétrica		116
	GASMIG: Gás		3265-1000
	Telefonia:		
Municípios	Prefeitura Municipal de Santa Luzia	Gabinete do Prefeito	3641-5249

3. Descrição geral da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas

3.1. Localização e acesso

A Barragem da Pampulha, cujo empreendedor é o município de Belo Horizonte, localiza-se na Regional da Pampulha, à Avenida Dom Pedro I, bairro Pampulha, município de Belo Horizonte. As coordenadas de um ponto localizado na parte central do seu eixo são: 608.200E e 7.805.300N. Foi construída no vale do ribeirão Pampulha, afluente do ribeirão da Onça, que deságua na margem esquerda do rio das Velhas, cuja área de drenagem está contida na bacia do rio São Francisco.

O maciço, o sistema extravasor e o reservatório da Barragem da Pampulha estão todos inseridos no município de Belo Horizonte; já a área de drenagem do reservatório abrange os municípios de Belo Horizonte (44%) e Contagem (56%). Na Figura 3.1 apresenta-se a localização da barragem da Pampulha, com a área de drenagem do seu reservatório e a hidrografia da região.

Figura 3.1. Localização da barragem da Pampulha, com a área de drenagem do seu reservatório e a hidrografia da região (Fonte: Vianini Neto, 2016)



3.2. Características técnicas da Barragem da Pampulha

As obras de represamento do ribeirão Pampulha foram iniciadas em 1936, para possibilitar a formação de um reservatório para abastecimento de água e para controle de cheias, viabilizando a operação e a ampliação do campo de aviação (atual Aeroporto da Pampulha), instalado em 1933. A barragem, construída com maciço de terra, foi inaugurada em 1938 e teve um alteamento da crista concluído em 1943. Em abril de 1954 ocorreu o rompimento da barragem – por erosão interna através do seu corpo –, com início da sua reconstrução no mesmo ano e reinauguração da estrutura em 1958, com novo alteamento da crista.

Não há informações precisas sobre o projeto e a construção da barragem original, ou mesmo da estrutura reconstruída após o seu rompimento em 1954. Ao longo dos anos foram realizadas obras no corpo da barragem e nas suas estruturas de extravasamento. Considerando a configuração atual, as principais características da barragem, do reservatório e do sistema extravasor são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Principais características da Barragem da Pampulha e seu reservatório

Barragem	
Finalidade atual	Controle de cheias/Paisagística
Ano de início da construção/ano de inauguração (antes do rompimento)	1936/1938
Ano de reinício da construção/ano de reinauguração (após o rompimento)	1954/1958
Tipo	Terra homogênea (característica não confirmada em recentes ensaios)
NA normal (m)	Elevação 801 m
Crista da barragem	Elevação 805 m
Altura máxima do maciço	18 m
Largura da crista	19 m
Comprimento da crista	400 m
Inclinação dos taludes	Montante: 1V:2H e 1V:3,5H Jusante: 1V:2H e 1V:2,5H
Reservatório	
NA máximo <i>maximorum</i>	804,90 m (sem a operação da comporta de fundo)
Área inundada (NA normal)	1,92 km ²
Volume (NA normal)	9,44 hm ³
Área de drenagem do reservatório	97,6 km ²
Vertedouro principal (construído em 2002)	
Tipo	Soleira livre Lateral – <i>side channel</i> com galeria de descarga com seção retangular implantada na obreira esquerda
Dimensões	Soleira vertente: 33,20 m de comprimento Galeria: 5,50 m de base, 7,50 m de altura e 245,80 m de comprimento
Lâmina máxima	4 m (descarga livre)
Número de vãos	3
Cota da soleira El. 801m	Elevação 801 m
Capacidade de vazão	522 m ³ /s (Elevação 805 m)
Período de retorno	10.000 anos
Tipo de dissipação	Bacia de dissipação por ressalto hidráulico 26,30 m de comprimento e 11 m de largura
Vertedouro auxiliar	
Tipo	Soleira livre Tulipa com descarga em galeria sob a barragem
Seção	DN 12,54 m > 4,40 m > 2,40 m < 3,00 m (galeria)
Número de vãos	1
Cota da soleira El. 801,50m	Elevação 801,50 m
Capacidade de vazão	60 m ³ /s (Elevação 805 m)
Tipo de dissipação	Bacia de dissipação por ressalto hidráulico 61,50 m de comprimento e 9 m de largura
Descarga de fundo	
Quantidade	1
Tipo/Acionamento	Comporta vagão plana/motor elétrico
Seção (altura x vão livre)	1,50 m x 1,50 m
Descarga máxima	13,53 m ³ /s (abertura 0,70 m, elevação do NA a 805 m)
Cota da soleira	782,62 m

3.3. Características hidrológicas da Barragem da Pampulha

A bacia hidrográfica do reservatório da Barragem da Pampulha possui uma área de drenagem de 97,6 km², com 44% e 56% dessa área pertencentes, respectivamente, aos municípios de Belo Horizonte e Contagem.

O reservatório é alimentado por 40 cursos d'água distribuídos em 8 sub-bacias. Dentre os cursos d'água, os dois maiores contribuintes – córregos Sarandi e Ressaca – são responsáveis por 70% do volume de água afluente ao reservatório.

Como consequência do aumento da área impermeabilizada, foram alteradas as características hidrológicas na região no que se refere à transformação de chuva em vazão, o que motivou a construção, em 2002, de um novo vertedouro – de tipo side channel (canal lateral), próximo ao vertedouro tulipa. Em janeiro de 2003, um evento extremo, de período de retorno superior 1.000 anos, provocou inundações no entorno do reservatório, tendo o NA no reservatório atingido a elevação 803,10 m.

Novas obras foram efetuadas em 2005 para aumentar a capacidade de vazão do sistema extravasor, incluindo o rebaixamento da soleira do side channel para a elevação atual, de 801,00 m, e o estrangulamento da seção interna da tulipa, para evitar o funcionamento da galeria de fundo como conduto forçado. Com as intensas chuvas que castigaram Belo Horizonte em janeiro de 2020, o side channel operou na elevação máxima de 802,60 m.

O sistema extravasor, na sua configuração atual, é composto por dois vertedouros de soleira livre – o vertedouro side channel (principal) e o vertedouro tipo tulipa – e uma descarga de fundo, operada por comporta. O vertedouro side channel está conectado a uma galeria de seção retangular em concreto armado sob o maciço de altura constante de 7,50 m, com largura que se estreita de 6,60 m a 5,50 m, com deságue em uma bacia de dissipação no ribeirão Pampulha. Sua capacidade de descarga com o NA do reservatório na elevação 805 m é de aproximadamente 522 m³/s, valor da vazão de pico correspondente à chuva de projeto com período de retorno de 10.000 anos – para Vianini Neto (2016), a capacidade de descarga desse vertedouro na mesma elevação é de 460,60 m³/s.

O vertedouro tipo tulipa consiste em uma torre de tomada de água com borda de transbordamento e tubo de transição em concreto armado, e tubo afunilado em chapa metálica. A estrutura está ligada a uma galeria em concreto de seção semicircular do tipo “ferradura” que atravessa o maciço da barragem, também podendo atuar como um descarregador de fundo para eventuais manutenções ou mesmo para o esvaziamento do reservatório, se necessário. O controle da descarga de fundo era efetuado por uma comporta plana de montante de acionamento manual localizada no fundo da torre da tulipa.

Em maio de 2019 tiveram início, com conclusão já em 2020, obras de revitalização do vertedouro tulipa para melhorar as condições de operação, recuperar a condição de manutenção e diminuir o impacto do funcionamento do vertedouro na condição do aterro da barragem. As obras contemplaram a recuperação da comporta de fundo de montante existente, com a modernização do seu acionamento; a instalação de nova comporta de jusante, do tipo vagão, no emboque da galeria; e a recuperação estrutural da passarela que permite acesso ao vertedouro tulipa. Com o NA do reservatório na elevação 805 m, as capacidades de descarga do vertedouro do tipo tulipa e da descarga de fundo são iguais a, respectivamente, 58,56 m³/s e 13,53 m³/s (operação restrita à abertura máxima de 0,70 m), ou seja, a soma desses valores é inferior à restrição de vazão máxima de 85m³/s da galeria.

Ao longo das últimas duas décadas foram desenvolvidos vários estudos hidrológicos para avaliar o comportamento hidráulico do sistema extravasor da Barragem da Pampulha em suas diferentes concepções. Nos estudos mais recentes foram obtidos diferentes valores para a vazão de pico associada a uma chuva de projeto de período de retorno igual a 10.000 anos – valores entre 500 m³/s e 600 m³/s. Independentemente do valor da vazão de pico, nos citados estudos sempre se menciona que o sistema de extravasores da Barragem da Pampulha tem capacidade de defluir a cheia máxima, fazendo com que não seja considerada a hipótese de ruptura por galgamento.

3.4. Características geológicas e sísmicas da Barragem da Pampulha

Na já citada escassez de informações sobre o projeto e a construção da Barragem da Pampulha, destaca-se a ausência de documentação sobre ensaios de campo e laboratório relativos aos materiais constituintes do maciço da estrutura da época da construção. Levantamentos realizados nas duas últimas décadas permitiram inferir características geológicas do barramento.

Com base em 13 sondagens geotécnicas distribuídas por 6 (seis) seções no maciço da barragem – efetuadas em 1998 e 2004 – concluiu-se que toda a estrutura “está apoiada em solo residual de gnaiss de consistência rija a dura”, tendo o aterro da barragem sido classificado como “mal compactado com SPT médio de 8 golpes”, constituído de “silte argiloso, residual de gnaiss de consistência mole a média”.

Resultados de uma campanha de sondagens e ensaios de laboratório realizados em 2015 indicaram que o material componente do aterro da barragem é predominantemente siltoargiloso. Em 2018, na campanha de investigação mais recente, foram executadas 24 sondagens geotécnicas, com elaboração dos prováveis perfis geotécnicos longitudinais e transversais do aterro, com os solos sido classificados como silto argiloso pouco arenoso, com coeficientes de permeabilidade, em média, da ordem de 10^{-5} cm/s e 10^{-6} cm/s, tendo sido constatada uma heterogeneidade do material ao longo do maciço. Com base nos resultados dos ensaios de granulometria, inferiu-se que o solo adotado para compor o maciço de terra que constitui a barragem “não foi adequado”.

Em três das treze sondagens efetuadas em 1998 e 2004 foi interceptada uma camada de areia e cascalho, indicando a presença de drenos sob o flanco de jusante da barragem. Como as demais sondagens não interceptaram camada de mesmo material, concluiu-se que pela inexistência de um tapete drenante, sendo o sistema de drenagem interna constituído por drenos franceses.

Para verificar a existência do filtro do tipo “Tapete Drenante”, foram realizadas 24 sondagens geotécnicas por trincheira em 2018, sendo observada uma camada de areia com a espessura variando entre 10 e 20 centímetros, indicada como um indício da presença do filtro previsto no projeto original. Como essa camada de areia só foi identificada em 5 dessas 24 sondagens, inferiu-se que na época da construção foi lançada uma camada de areia de pequena espessura e sobre ela foi misturado solo compactado.

Análises de percolação pelo aterro e fundação da Barragem da Pampulha foram realizadas em 2005, 2015 e 2018. No primeiro estudo indicou-se o sistema de drenagem interna da barragem encontrava-se totalmente inoperante. No estudo seguinte concluiu-se que apesar de não ser elemento de preocupações excessivas na época, pois não eram aparentes percolações indesejáveis ou carreamento de sólidos através do corpo da barragem, ainda que as vazões percoladas não fossem conhecidas, pois não era coletada a água percolada pelo corpo da barragem. Já em 2018 confirmou-se, com base em investigações geotécnicas e nos dados dos Indicadores de Nível D'Água (INAs), que o nível d'água estava próximo da base da Barragem, com aproximadamente 40 cm de espessura, sem atingir o talude de jusante.

Após análise de estabilidade realizada pela DAM Projetos de Engenharia em 2005, considerou-se que a barragem da Pampulha possuía coeficiente de segurança abaixo do mínimo recomendável, com indicação, para aumentar a segurança da barragem, da construção de uma berma de equilíbrio a jusante em toda a extensão da barragem. Adicionalmente, foi recomendada a construção de um dreno filtrante contínuo entre o aterro da berma e a barragem, e entre o aterro da berma e a fundação, para melhorar as condições de estabilidade da barragem ao escorregamento e melhorar significativamente as condições de estabilidade da barragem à ocorrência de piping.

A Dinésio Franco Consultoria, em 2015, apresentou análises com mais cenários e condições, concluindo que os taludes de jusante se encontravam com fatores de segurança que atendiam às recomendações das normas brasileiras, não sendo necessária nenhuma intervenção imediata do ponto de vista estrutural. Ainda assim, considerando os valores limites dos fatores de segurança encontrados para as condições críticas, quando a linha freática interna do maciço ascendia acima da posição normal ou admitindo fator de sismicidade, indicaram a necessidade de realização de investigações geotécnicas de campo e de laboratório. Nesse estudo

confirmou-se que a berma de equilíbrio pode promover um aumento do fator de segurança do talude de jusante da barragem, por meio estabilização da cunha ativa e do abatimento do ângulo de inclinação médio do talude de jusante, além de permitir a construção de novo sistema de drenagem interna para a barragem, entre o maciço atual e a berma, possibilitando a captação e o direcionamento adequado das águas de percolação, para o caso de colmatção total do sistema de drenagem interna existente.

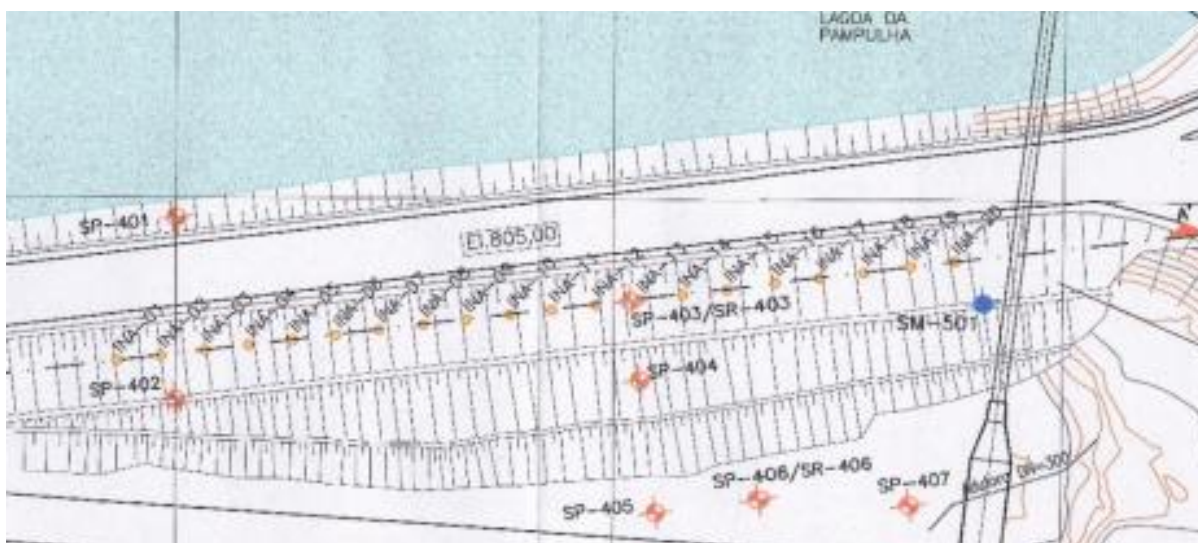
No PSB reforça-se que, face às incertezas quanto às condições do sistema de drenagem interno executado na reconstrução da Barragem, a berma de equilíbrio com dreno filtrante contínuo no contato com o barramento proporcionaria maior segurança à estrutura, prevenindo o carreamento de partículas e o início de processos de erosão interna. Nesse documento reforça-se, também, a recomendação para implantação de um monitoramento sismográfico. Embora fenômenos sísmicos sejam raros na região da Pampulha – e, quando ocorrem, são de magnitude e intensidade baixas –, as análises de estabilidade já realizadas consideram a influência sismológica causada pelas vibrações geradas pelo tráfego intenso de veículos no trecho da Avenida Antônio Carlos sobre a crista da Barragem da Pampulha.

4. Instrumentação e Equipamentos

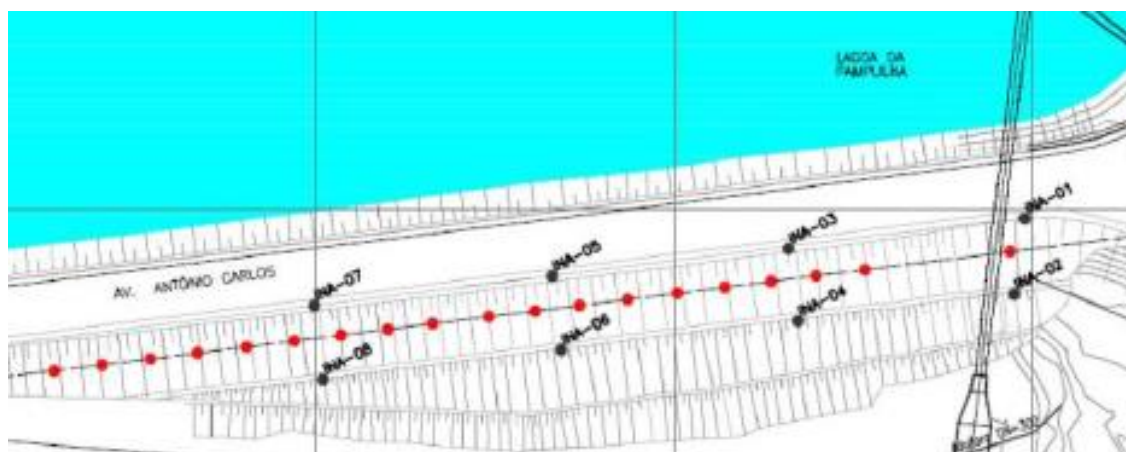
Instrumentos atualmente instalados na Lagoa da Pampulha:

- Comporta de Jusante (conjunto), localizada na galeria de saída do Vertedor Tulipa;
- 28 indicadores de nível d'água (INAs) Tipos 1 e 2 ;
- 3 Marcos Superficiais;
- 3 Marcos de Referência;

As figuras a seguir, indicam a localização dos INAs (2 grupos) e dos marcos Já Instalados.



Localização dos INAs (Tipo 1) - Fonte: Dinésio Franco, 2015.



Localização dos INAs tipo 2. Fonte: Euler Magalhães, 2019



Localização dos Marcos - Fonte: ENEMAX, 2020

5. Classificação das situações de emergência em potencial conforme Nível de Resposta

Com base no Plano de Segurança de Barragens da Barragem da Pampulha (FCO, 2020), no Plano de Ação de Emergência para a Barragem da Pampulha elaborado em 2015 (Dinésio Franco, 2015), e nos estudos realizados no âmbito da elaboração do presente Plano de Ação de Emergência (c.f.: SMOBI e FCO, 2020, Produtos 3 e 4), consideram-se situações potenciais de emergência no contexto da Barragem e da Pampulha:

- A. Evento pluvial extremo, oferecendo risco de galgamento da barragem. Pode estar associado à obstrução dos vertedores e/ou danos nos órgãos extravasores (vertedores, canais de rápido, bacias de dissipação de energia e canais de restituição) com possível consequência para a estabilidade do maciço.
- B. Erosão interna do maciço com solapamento conhecido como “piping” em período seco.
- C. Outros problemas estruturais, tais como:
 - Abalos sísmicos associados aos sismos regionais ou a vibrações causadas por intenso trânsito de veículos sobre o coroamento da barragem.
 - Recalques ou colapso da fundação da barragem.
 - Contração ou dilatação por ressecamento do solo do maciço da barragem ou das estruturas de concreto que podem comprometer a juntas da galeria e sua estanqueidade.

Os quadros 5.1 a 5.3 contêm a descrição das situações de emergência, ações para a avaliação e acompanhamento do problema e implantação de medidas corretivas segundo o nível de resposta.

5.1. Breve discussão sobre as situações de emergência

A. Evento pluvial extremo

As estruturas de controle hidráulico de saída da barragem da Pampulha foram dimensionadas para o evento pluvial decamilenar ($TR = 10.000$ anos). Um estudo de verificação do dimensionamento e de algumas alterações realizadas no vertedor lateral foi elaborado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica da UFMG, em setembro de 2003 (EHR, 2003). Nesse estudo, também simulou-se a propagação do evento de tempo de retorno $TR = 100$ anos. No âmbito da preparação do presente Plano de Ação Emergencial, reproduziram-se essas simulações adotando-se as curvas cota-descarga e cota-volume propostas por Vianini Neto (2016) que utiliza a topobatimetria mais recente do reservatório.

Vianini Neto (2016) simulou um evento pluvial de $TR = 10.000$ anos, estimado com o emprego da equação IDF regionalizada para a região metropolitana de Belo Horizonte (Pinheiro e Naghettini, 1998) para uma duração de 14 horas. Os resultados dessas simulações encontram-se na tabela 5.1.

Tabela 5.1. Reprodução da propagação dos eventos de $TR = 100$ anos e $TR = 10.000$ anos, segundo EHR (2003) no reservatório da Pampulha, adotando-se curvas cota-descarga e cota-volume propostas por Vianini Neto (2016). Resultados de simulação de evento de $TR = 10.000$ anos em Vianini Neto (2016)

Autor	TR [anos]	$Q_{\max e}$ [m ³ /s]	T_{pe} [h]	$Q_{\max s}$ [m ³ /s]	T_{ps} [h]	$V_{\max}$ [hm ³]	$NA_{\max}$ [h]
EHR (2003)	100	295,00	3	137,01	6	12,55	802,22
	10.000	652,00	3	303,54	6	15,38	803,39
Vianini Neto (2016)	10.000	1013,00	6	511,00	8:45	20,16	804,93

Onde: TR = tempo de retorno; $Q_{\max e}$ = Vazão máxima de entrada; T_{pe} = tempo de pico do hidrograma de entrada; $Q_{\max s}$ = vazão máxima de saída; T_{ps} = tempo de pico do hidrograma de saída; $V_{\max}$ = volume máximo armazenado no reservatório; $NA_{\max}$ = nível d'água máximo no reservatório.

Embora ambos os eventos de $TR = 10.000$ anos simulados transitam pelo reservatório sem conduzir a galgamento da barragem, o evento simulado por Vianini Neto (2016), em termos de situação de emergência, implica em alerta máximo, uma vez que nesse cenário, praticamente não há borda livre entre o $NA_{\max}$ e o coroamento da barragem.

As condições de operação descritas na tabela 5.1 orientam a classificação de situações de emergência por ocorrência de evento pluvial extremo.

Simulações realizadas no âmbito da elaboração do presente PAE indicam que a operação da comporta de fundo não é capaz de alterar as situações de emergência aqui descritas. Considerou-se, igualmente, a utilização da comporta de fundo para criar volume de espera antes da ocorrência de eventos pluviais, tendo em conta a previsão meteorológica. Em razão do assoreamento do reservatório, a redução do NA não conduz a volumes de espera significativos. Ademais, essa operação apresenta problemas operacionais relacionados à qualidade de água armazenada em próximo ao fundo do reservatório e à relevância do espelho d'água para os aspectos paisagísticos e urbanísticos do complexo da lagoa da Pampulha.

Eventos pluviais extremos podem conduzir a problemas estruturais relacionados aos órgãos de controle hidráulico, notadamente a galeria de drenagem das águas vertidas pelo vertedor tulipa que podem repercutir sobre o maciço. O acompanhamento de eventos pluviais extremos deve, portanto, incluir o acompanhamento e análise de risco de erosão interna bem como recalques e erosão regressiva nos canais de restituição, como já observado em eventos de 2020.

Nota-se que os tempos de subida (tempos de pico) dos hidrogramas de saída são curtos principalmente quando se tem em conta que o alerta mais efetivo para zona de auto salvamento, segundo simulações descritas no âmbito do presente estudo (SMOBI e FCO, 2020, Produto 4), deve ser emitido com antecedência mínima de 3h antes do possível evento de ruptura.

Recomenda-se a instalação de uma estação automática de monitoramento do NA nas proximidades dos sistemas de vertimento do reservatório da Pampulha, com transmissão automática de dados ao Grupo de Inspeção e Análise de Risco (GIAR).

Por outro lado, tendo em conta a capacidade de drenagem dos canais localizados a jusante da barragem da Pampulha, o Plano de Contingência de Inundações será provavelmente acionado para o NA do reservatório superior a 801,50 m, levando à mobilização da população potencialmente atingida por uma ruptura, para situações de risco de Nível de Resposta zero, sob a perspectiva do PAE.

B. Erosão regressiva (piping) e problemas estruturais nos maciços, em suas fundações e nas ombreiras

Segundo o PSB (2020) a erosão regressiva é um dos mecanismos de ruptura mais relevantes a serem considerados e controlados na inspeção da barragem da Pampulha.

O PSB (2020), Dinésio Franco Consultoria (2015) e DAM Engenharia (2005), conforme mencionado, recomendam como procedimento para aumentar a segurança da barragem, avaliada por meio da estimativa de seu coeficiente de segurança, a construção de uma berma de equilíbrio a jusante em toda a extensão da barragem, bem como de um dreno filtrante contínuo entre o aterro da berma e a barragem, e entre o aterro da berma e a fundação, para melhorar as condições de estabilidade da barragem ao escorregamento e melhorar significativamente as condições de estabilidade da barragem à ocorrência de piping. A instrumentação instalada no maciço da barragem é, na atualidade, suficiente para acompanhar a percolação de água e, eventualmente, detectar problemas que podem resultar em erosão regressiva.

Problemas estruturais que podem resultar em abatimento de aterro e aparecimento de trincas estão, sobretudo, relacionados com o intenso tráfego de veículos sobre o coroamento da barragem (Av. Pedro I). A atividade sísmica regional não é considerada um fator de risco significativo para a integridade e estabilidade estrutural da barragem (PSB, 2020). O PPSB (2020) recomenda a instalação de um sismógrafo para o acompanhamento dos efeitos do trânsito sobre o maciço e de eventuais ocorrências sísmicas.

A leitura da instrumentação instalada no corpo do maciço deverá ser realizada regularmente pelo o Grupo de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR). Os valores obtidos devem ser comparados com a série histórica a cada nova leitura. Caso sejam detectadas anormalidades ou os valores estejam acima dos níveis de alerta e emergência, o GIAR deve:

- a) Informar o Coordenador do PAE a respeito da anomalia e fornecer uma avaliação preliminar do nível de emergência da situação;
- b) Solicitar ao Grupo de Manutenção (GM), a avaliação de conformidade de operação e leitura dos instrumentos;
- c) Verificar os níveis d'água no reservatório e à jusante;
- d) Verificar o funcionamento dos drenos e a eventual indicação de carreamento de sedimentos;
- e) Aumentar a frequência de leituras, acompanhamento do funcionamento dos drenos e inspeção visual do maciço;
- f) Conceber eventuais ações de manutenção e orientar o GM para que sejam empreendidas;
- g) Avaliar a eficiência das ações de manutenção e manter o Coordenador do PAE informado sobre a evolução da situação de emergência.

As erosões regressivas podem ser detectadas por inspeção visual do maciço e obreiras bem como do funcionamento dos drenos e via a leitura de instrumentos. As ações de controle incluem o uso de material argiloso, lona plástica e a instalação de filtros invertidos buscando estancar o fluxo e interromper o processo erosivo. Deve-se, igualmente, buscar abaixar o nível de água no reservatório o que, no caso da Pampulha, deve ser feito via a operação da comporta de fundo. O abaixamento do NA permite reduzir o processo de piping e facilita identificar, no talude de montante da barragem, a área de concentração de fluxo que pode estar alimentando o processo.

Caso o rebaixamento do NA do reservatório seja necessário, é necessário informar a Defesa Civil para alertar as comunidades localizadas a jusante da barragem sobre o aumento súbito de vazões nos cursos d'água

afetados. O Grupo de Meio de Ambiente deve ser também informado para que avalie os impactos ambientais da liberação de águas anóxicas no ribeirão Pampulha e para a adoção de medidas mitigadoras. Pode-se combinar a abertura da comporta de fundo com o bombeamento de águas das camadas superficiais do reservatório, observada a capacidade de drenagem dos canais localizados a jusante. Esse bombeamento permitirá aumentar a taxa de redução do NA no reservatório e diminuir o impacto ambiental sobre os cursos d'água do lançamento das águas profundas no reservatório.

Situações de emergência relacionadas a trincas, abatimentos de aterros, erosão em ombreiras, erosão regressiva em canais de restituição e problemas estruturais nas estruturas de vertimento, galerias e bacias de detenção são identificadas por inspeções visuais regulares. O GIAR deve avaliar a situação de emergência associada, documentar e reportar essas ocorrências. O Coordenador do PAE deve ser informado, em caso de detecção de problemas dessa natureza. O GIAR deve conceber medidas reparadoras e solicitar a intervenção do GM para implantá-las. O GIAR avalia, igualmente, os resultados obtidos com as medidas reparadoras e mantém o Coordenador do PAE informado sobre a evolução da situação de emergência. Em caso de necessidade, pode-se reduzir o NA do reservatório para reduzir o risco de ruptura, conforme também discutido em situação de erosão regressiva.

Quadro 5.1. Classificação das Emergências por Causas

Causa	Critério de Emergência	Nível de Risco da Emergência
Evento Chuvoso Extremo	Cota do Nível de Água (NA) no Reservatório Obstrução dos Vertedores	Nível 0 (Verde): $801 < NA < 802$
		Nível 1 (Amarelo): $802 < NA < 804$
		Nível 2 (Laranja): $804 < NA < 804,5$
		Nível 3 (Vermelho): $NA > 804,5$
Erosão Interna – “Piping”	Leitura dos Instrumentos; Anomalias: Aparecimento de surgências; Carreamento de material sólido nos drenos; Erosão regressiva no maciço; Abatimento do aterro Aparecimento de trincas no maciço e/ou nas estruturas hidráulicas	Nível 0 (Verde): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; - Vazão da Drenagem Interna; - Anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
		Nível 1 (Amarelo): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; - Vazão da Drenagem Interna; - Anomalia de pequena dimensão, com evolução ao longo do tempo;
		Nível 2 (Laranja): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; - Vazão da Drenagem Interna; - Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução;
		Nível 3 (Vermelho): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; - Vazão da Drenagem Interna; - Anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.
Abalos sísmicos de qualquer natureza Recalques ou colapso da fundação da barragem Contração ou dilatação por ressecamento do solo do maciço ou das estruturas	Leitura dos Instrumentos; Anomalias: Abatimento do aterro Aparecimento de trincas no maciço e/ou nas estruturas hidráulicas	Nível 0 (Verde): - Cotas dos Marcos Superficiais; - Anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
		Nível 1 (Amarelo): - Cotas dos Marcos Superficiais; - Anomalia de pequena dimensão, com evolução ao longo do tempo;
		Nível 2 (Laranja): - Cotas dos Marcos Superficiais; - Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução;
		Nível 3 (Vermelho): - Cotas dos Marcos Superficiais; - Anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.

6. Fluxogramas das Notificações e por Nível de Resposta

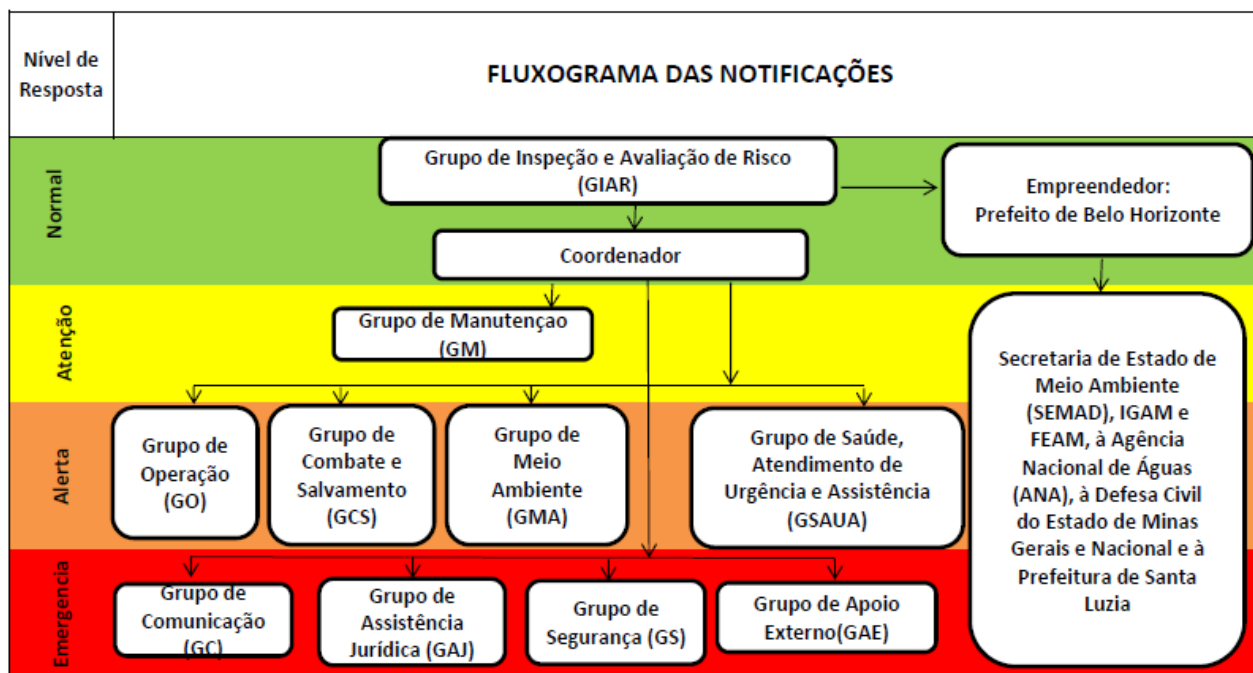
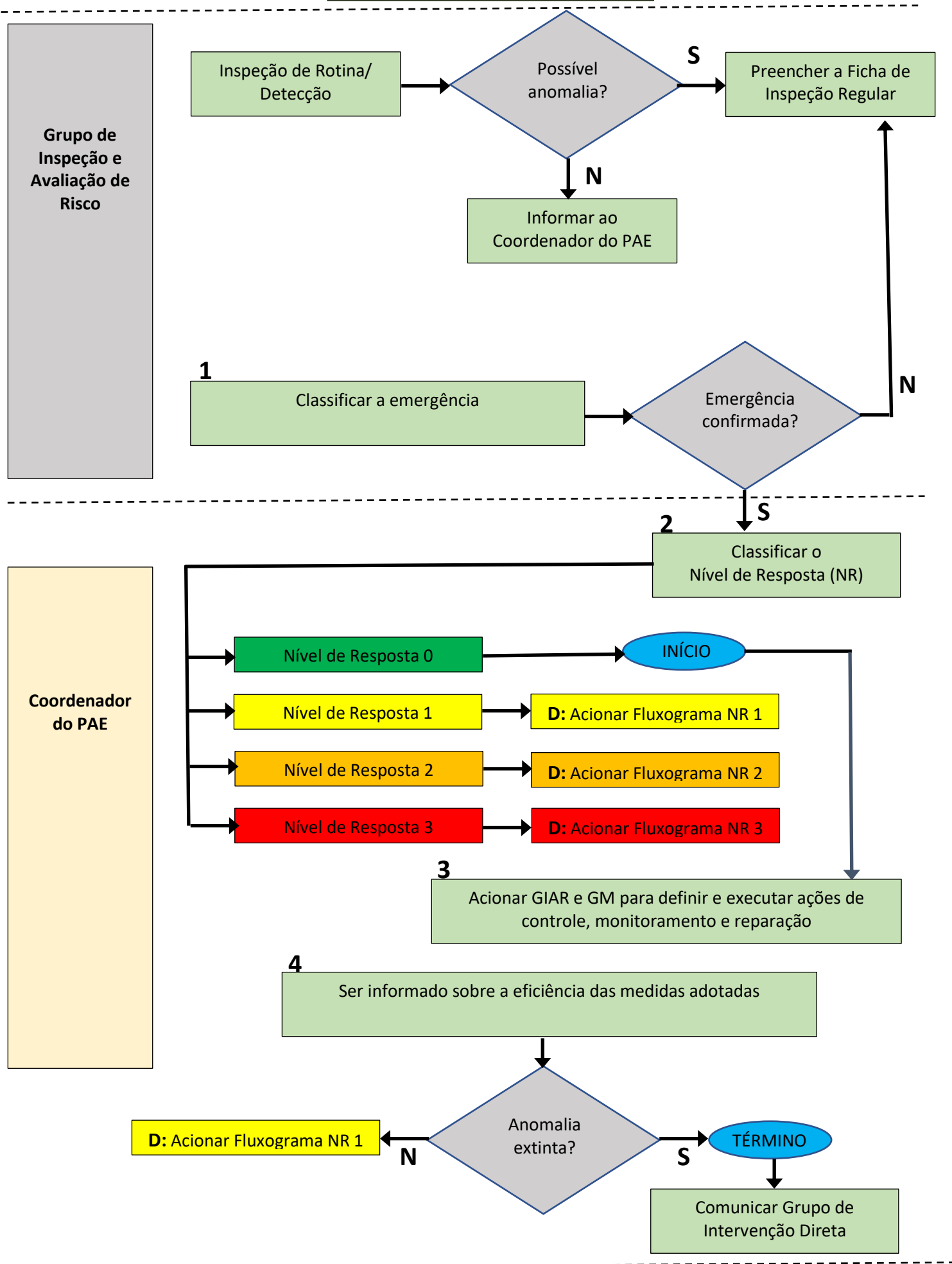


Figura 6.1 – Fluxograma de Notificações

A seguir são apresentados fluxogramas para cada nível de resposta.

Nível de Resposta 0: Verde



Nível de Resposta 0 (página 2)

Empreendedor

1

Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

Grupo de
Manutenção

1

Avaliar e propor ações de controle e monitoramento

3

Solicitar
Recursos junto
ao
Empreendedor

Recursos
necessários
disponíveis?

N

S

2

Implantar ações e
informar evolução para
o Coordenador do PAE

Grupo de
Combate e
Salvamento

1

Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

Grupo de
Operação

1

Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

Grupo de Meio
Ambiente

1

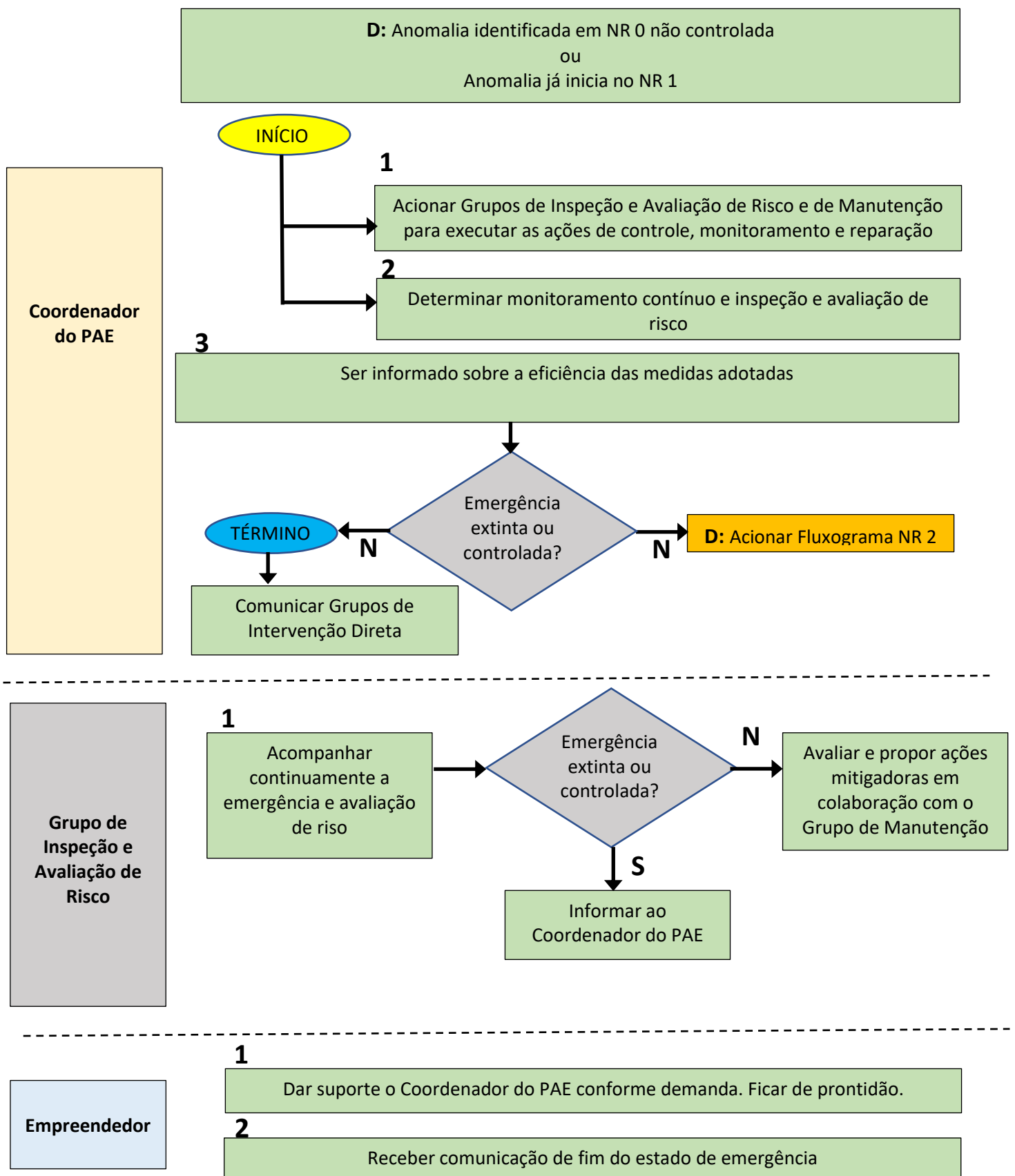
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

Grupos de
Apoio Interno

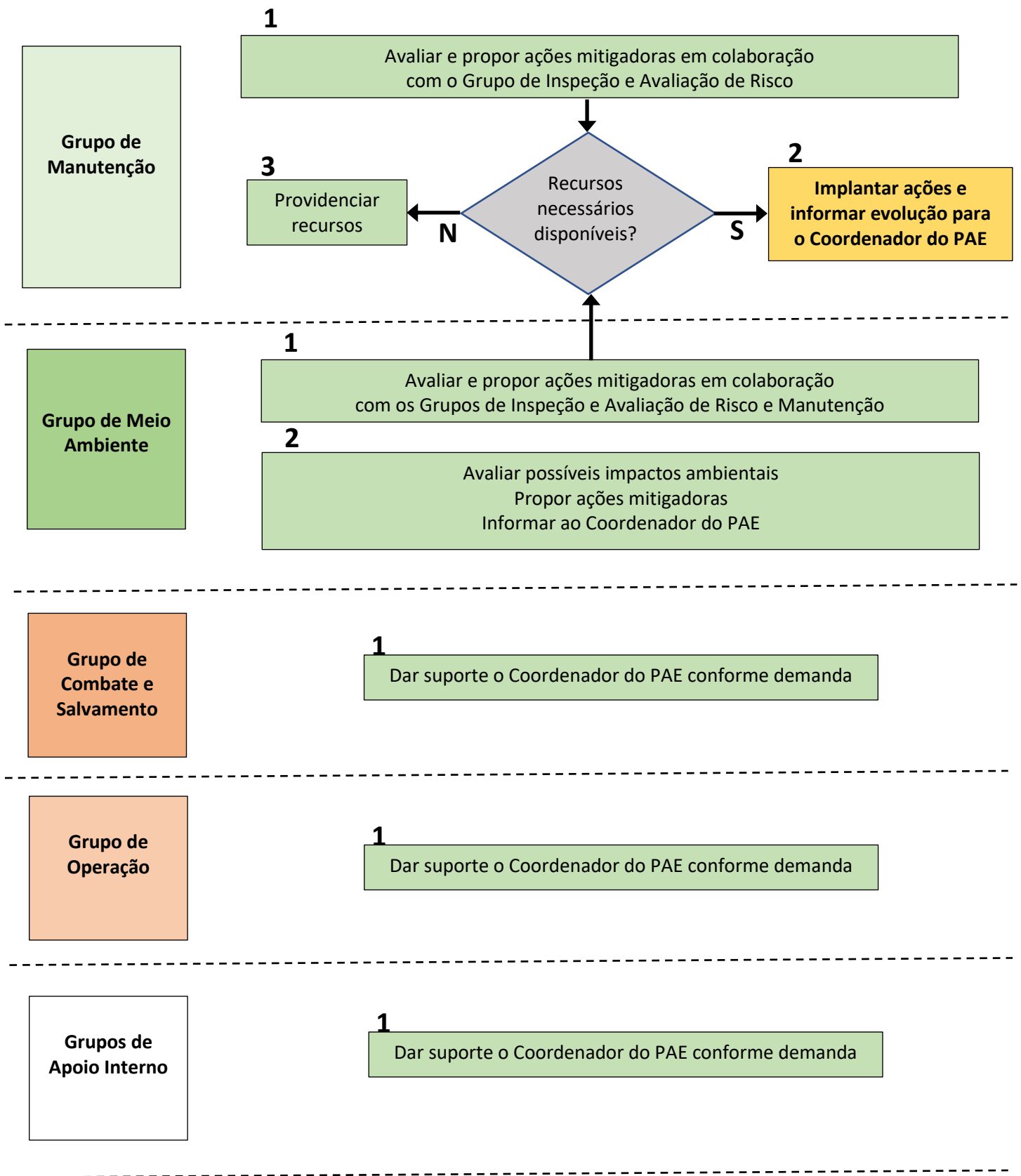
1

Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

Nível de Resposta 1: Amarelo

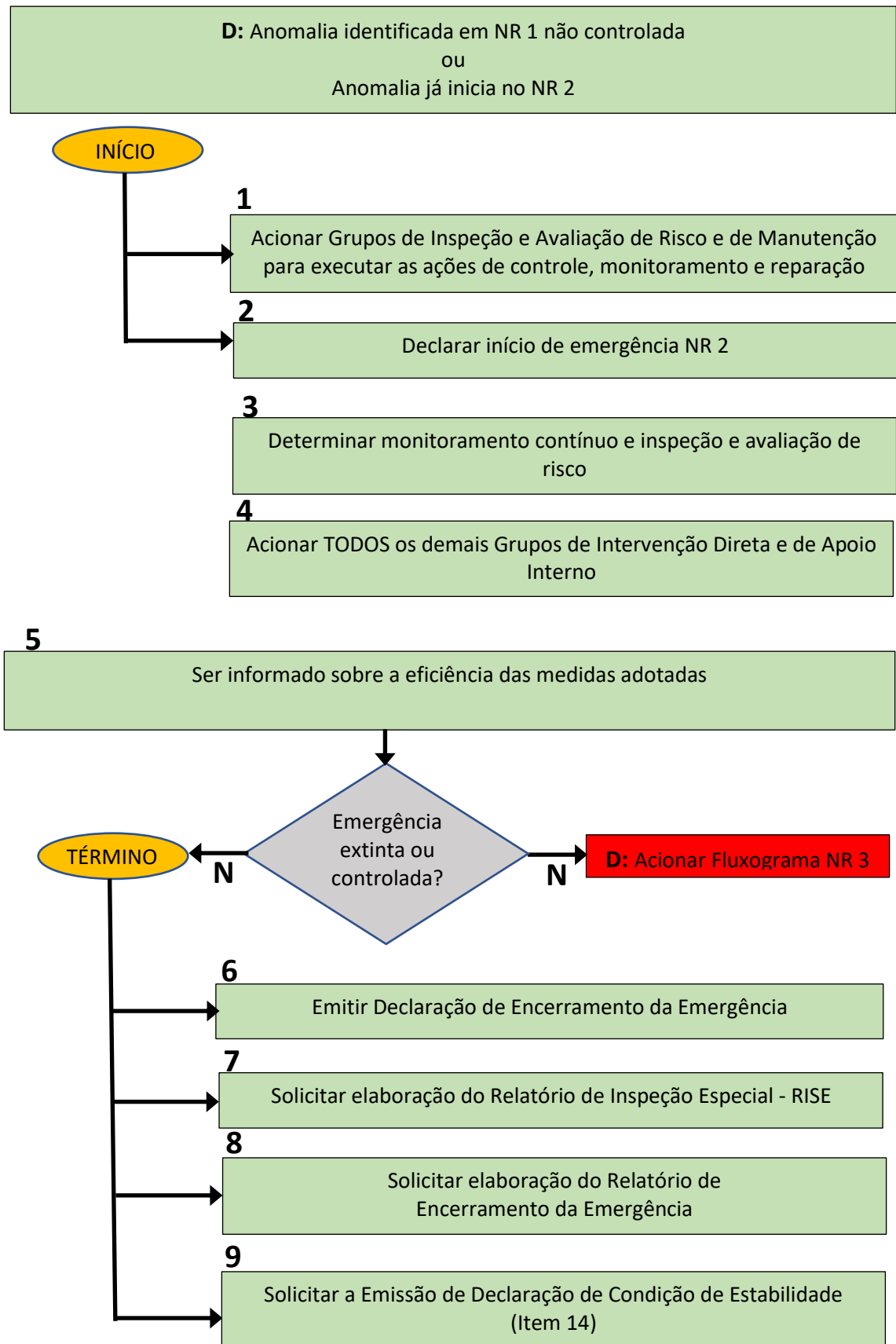


Nível de Resposta 1 (página 2)

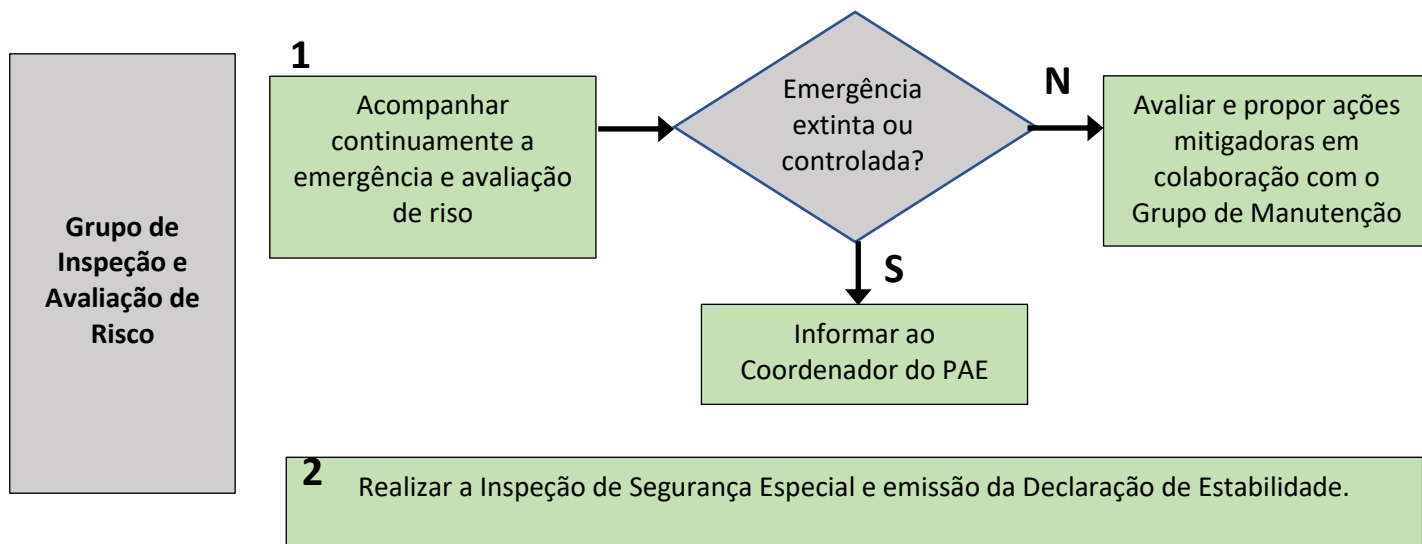
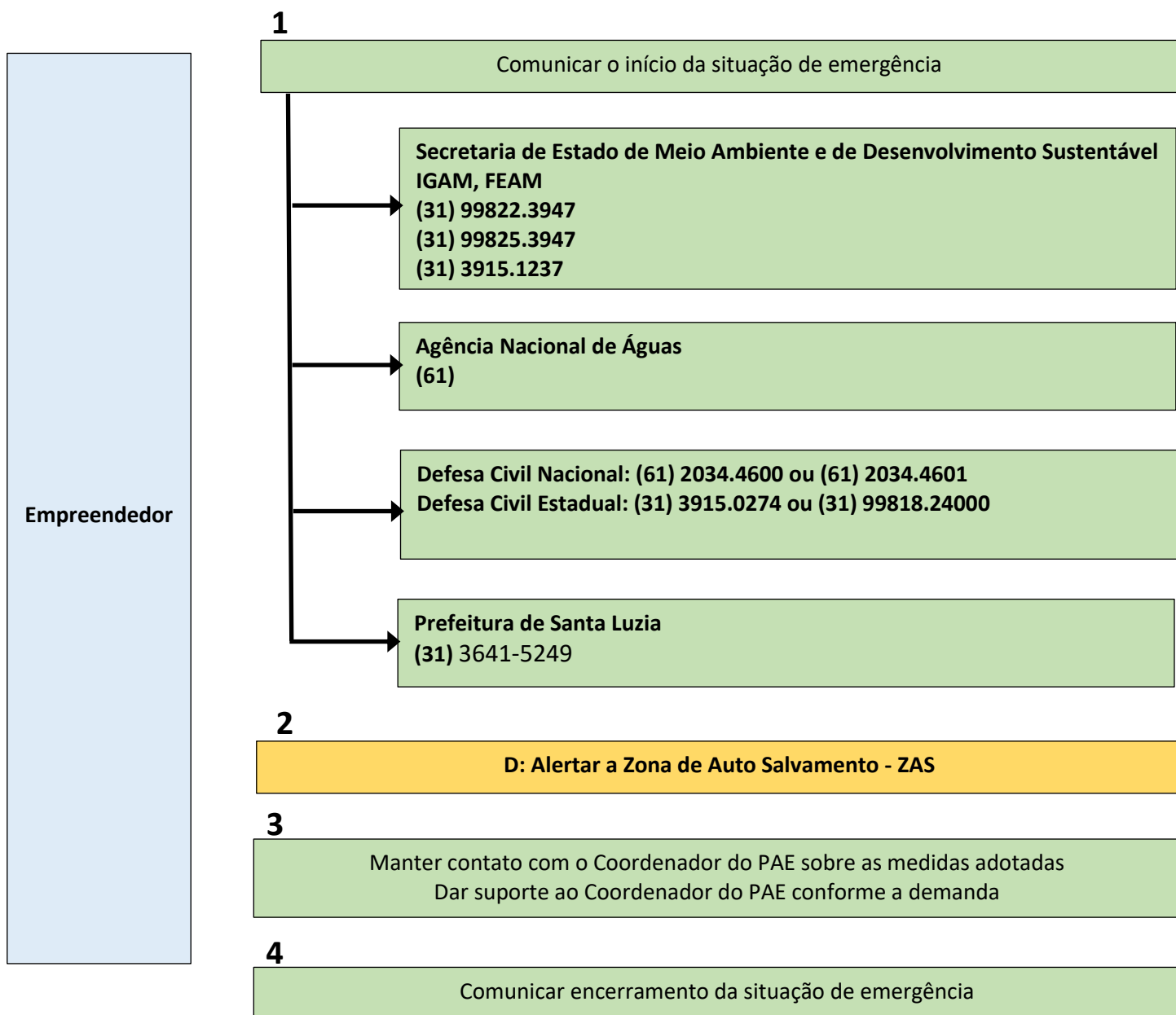


Nível de Resposta 2: Laranja

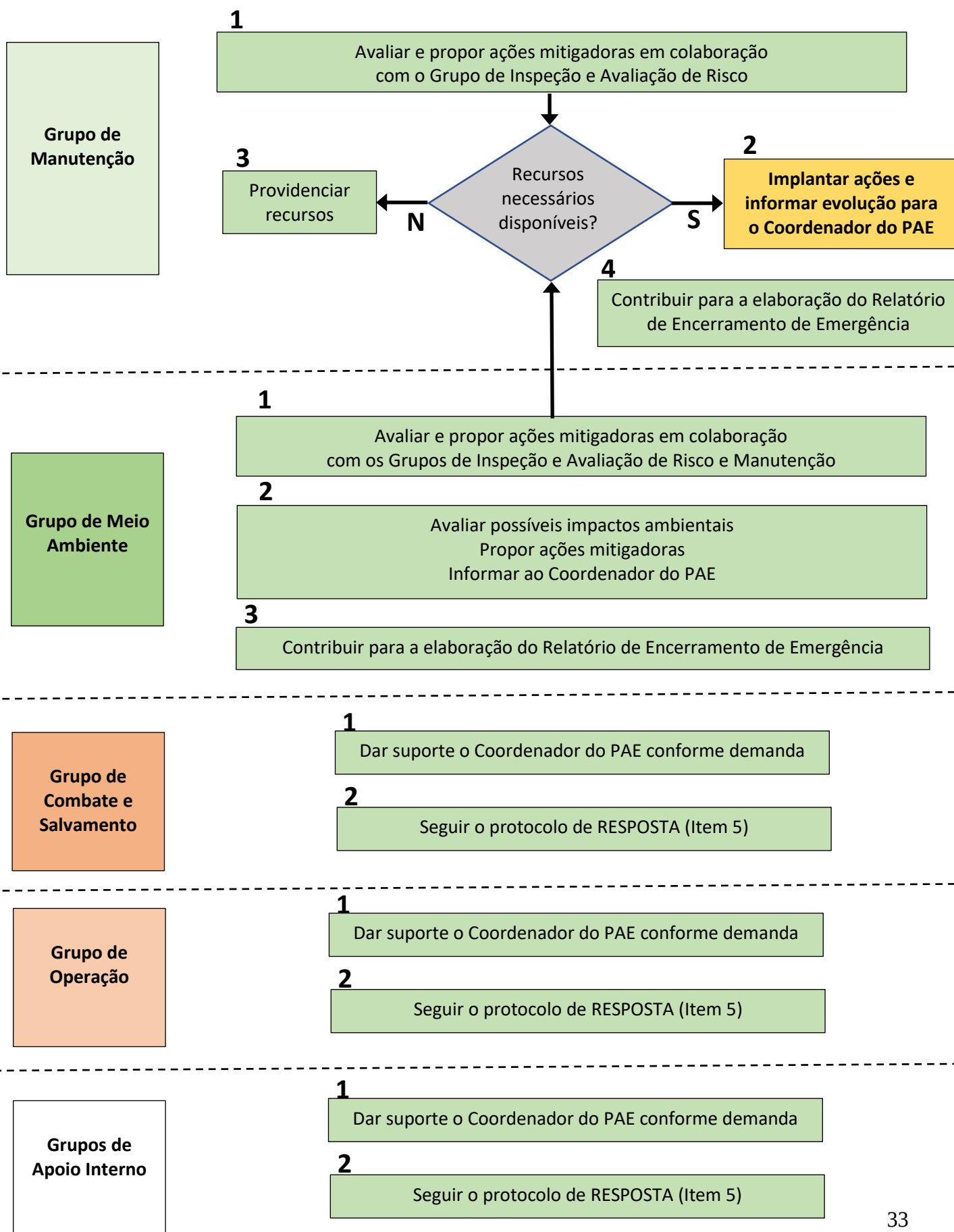
Coordenador
do PAE



Nível de Resposta 2 (página 2)



Nível de Resposta 2 (página 3)

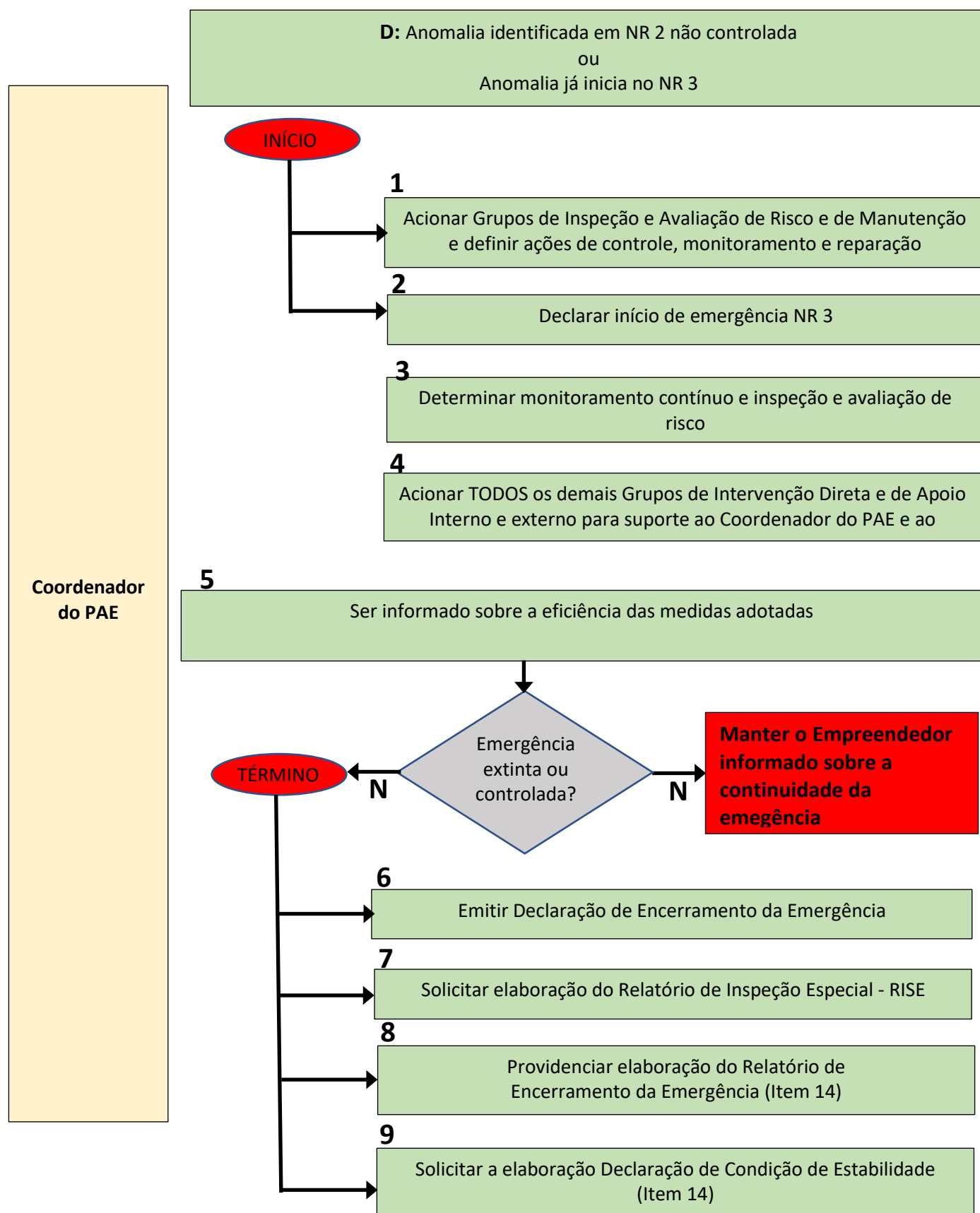


D

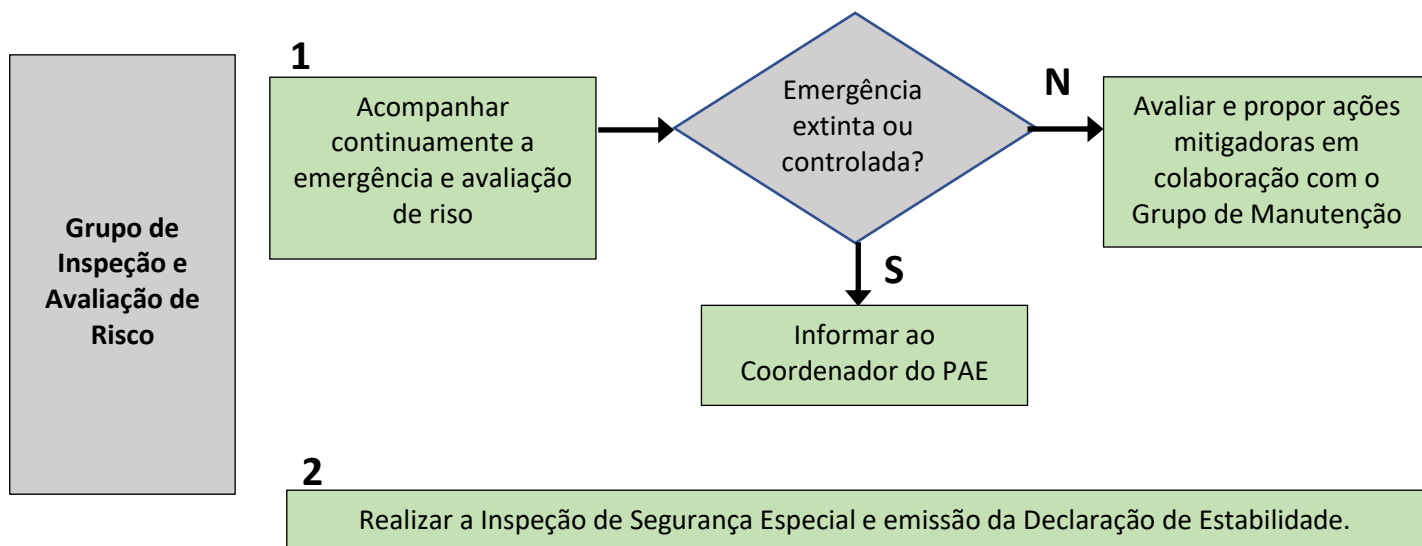
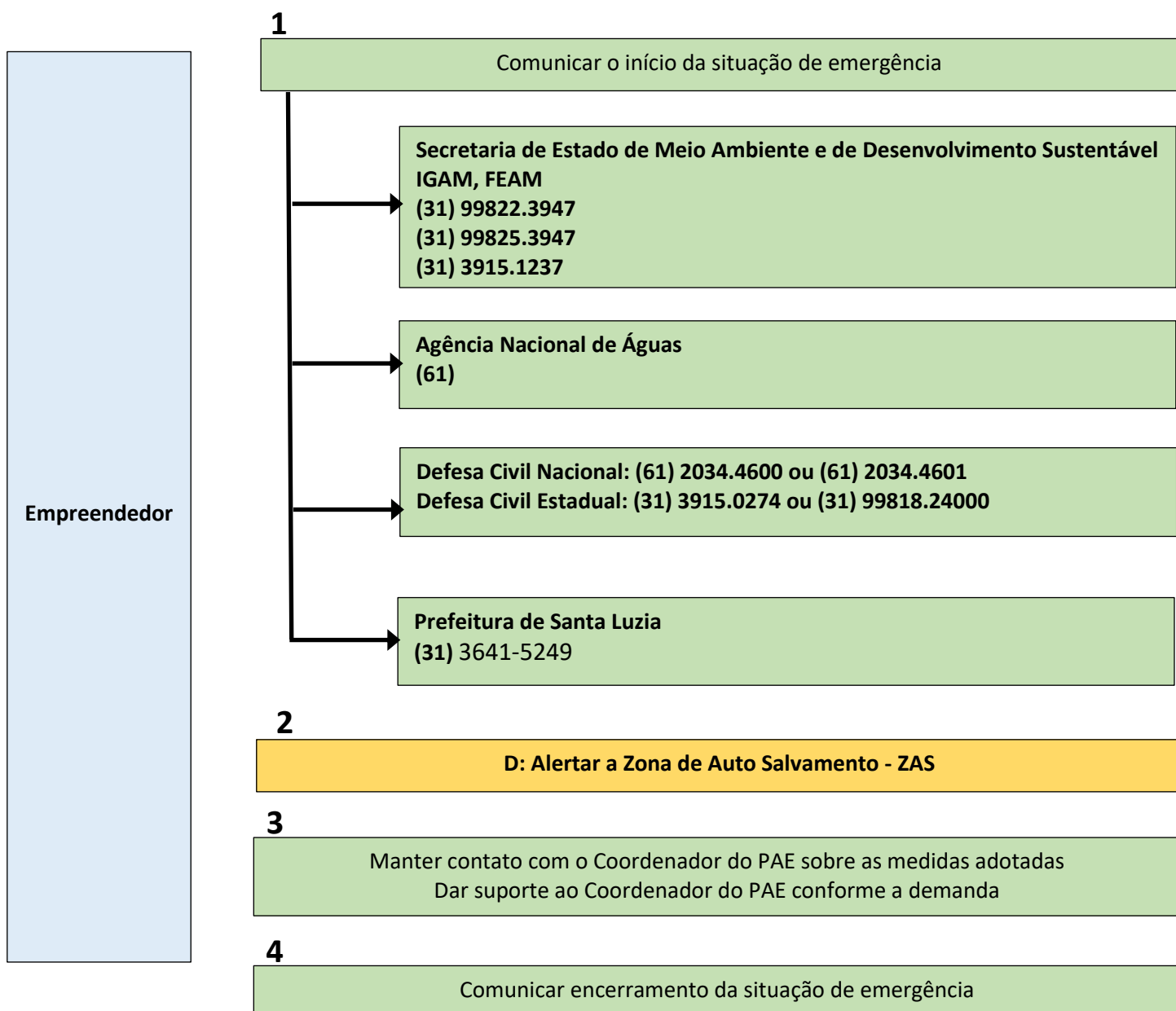
ZAS:

EVACUAR IMEDIATAMENTE E DESLOCAR-SE PARA OS PONTOS DE ENCONTRO

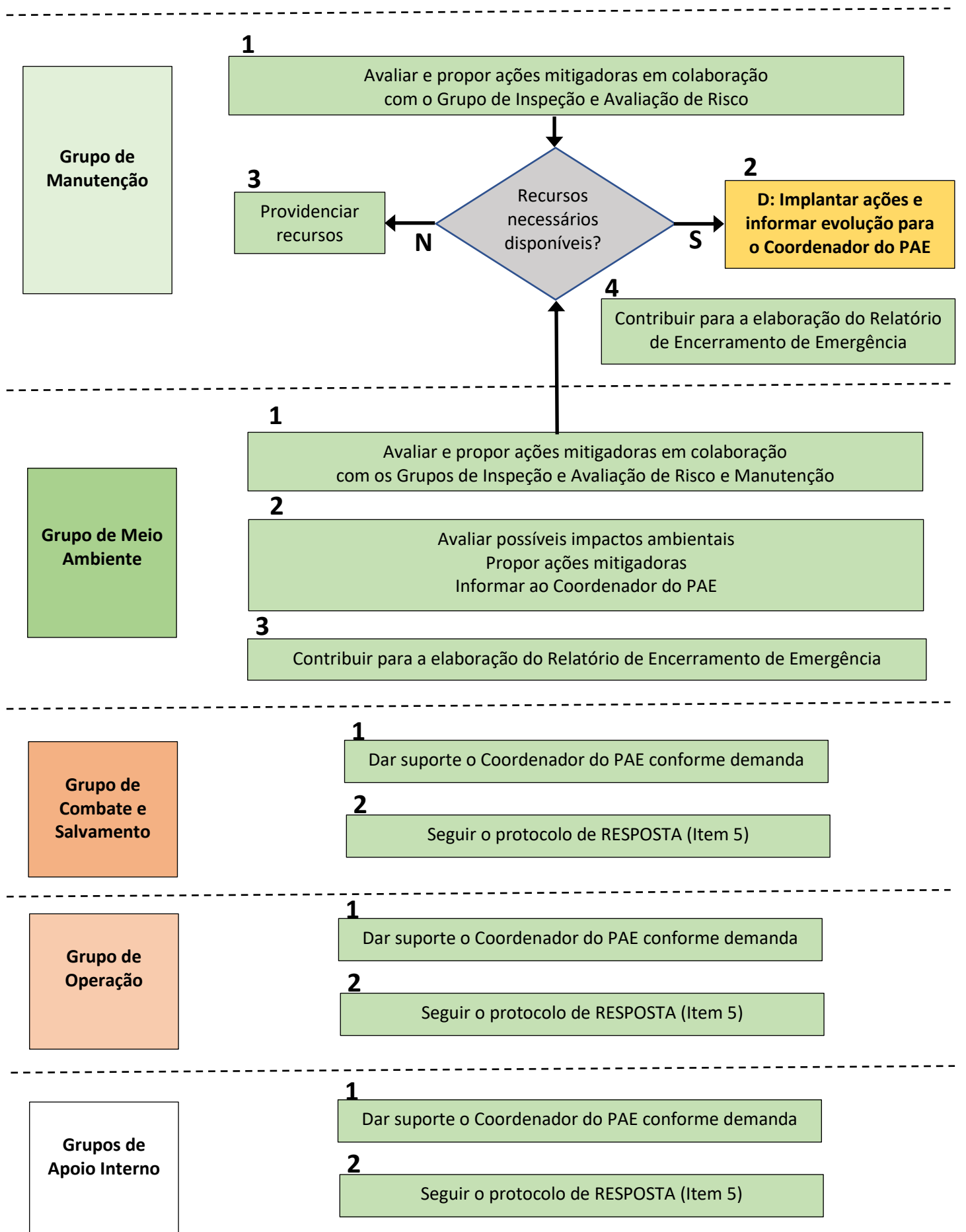
Nível de Resposta 3: Vermelho



Nível de Resposta 3 (página 2)



Nível de Resposta 3 (página 3)



D

ZAS:

EVACUAR IMEDIATAMENTE E DESLOCAR-SE PARA OS PONTOS DE ENCONTRO

7. Responsabilidades no Plano de Ação de Emergência – PAE (empreendedor, Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE, equipe técnica e Defesa Civil)

O presente estudo contém o mapeamento institucional de todas as instituições envolvidas no PAE da Barragem da Pampulha (ver figuras 2.1 e 2.2), incluindo as ações de prevenção, preparação, resposta, recuperação e avaliação. No presente item, dados os objetivos pertinentes ao PAE, são descritas as responsabilidades relacionadas à resposta a situações de emergência, conforme o nível de resposta (ver fluxograma de notificação, item 6 do presente documento). Para informações sobre as ações de prevenção, preparação, recuperação e avaliação, consultar o referido Produto 2.

A. Coordenador do PAE

As responsabilidades do Coordenador do PAE encontram-se listadas no quadro 7.1.

Quadro 7.1. Responsabilidades do Coordenador do PAE - SMSP

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Declarar o nível de resposta verde, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Receber informações do GIAR e GM sobre o monitoramento e as ações de controle e reparação; c) Receber retorno do GIAR e do GM, se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; d) Acionar o nível de resposta superior, caso a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; e) Declarar o encerramento da emergência, se a situação de emergência for extinta, segundo informações do GIAR.
NR 1: Amarelo	a) Declarar nível de resposta amarelo, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Receber informações do GIAR e GM para sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; c) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; d) Acionar o nível de resposta superior, caso a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; e) Declarar o encerramento da emergência, se a situação de emergência for extinta, segundo informações do GIAR.
NR 2: Laranja	a) Declarar o início da emergência de nível de resposta laranja, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Apoiar o empreendedor na comunicação do alerta à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia; c) Receber informações do GIAR e GM para sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; d) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; e) Estabelecer o Comando Centralizado das operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e convocar representantes de todos os órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); f) Acionar Empreendedor e os grupos do GID e do GAI para mobilizarem os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência;

	g) Acionar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência (GSAUA) para estado de prontidão para eventual evacuação imediata da ZAS; h) Acionar o nível de resposta superior, a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; i) Se a situação de emergência for extinta, 1. Emitir Declaração de Encerramento da Emergência; 2. Solicitar ao GIAR que providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 3. Solicitar ao GIAR e GM que providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 4. Solicitar ao GAI que providenciem o Relatório de Encerramento de Emergência; 5. Apoiar o Empreendedor para encaminhamento à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.
NR 3: Vermelho	a) Declarar o início da emergência de nível de resposta vermelho, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Solicitar ao empreendedor que comunique o alerta à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia; c) Receber informações do GIAR e GM para sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; d) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; e) Estabelecer o Comando Centralizado das operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e Centros de Comando na ZAS, convocando representantes de todos órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); f) Acionar o Empreendedor, GID e GAI para mobilizarem os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; g) Acionar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência para a evacuação imediata da ZAS; h) Se a situação de emergência for extinta, 1. Emitir Declaração de Encerramento da Emergência; 2. Solicitar ao GIAR que providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 3. Solicitar ao GIAR e GM que providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 4. Emitir, a partir de informações do GID e GAI, o Relatório de Encerramento de Emergência; 5. Solicitar que o Empreendedor Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.

B. Empreendedor

As responsabilidades do Empreendedor encontram-se listadas no quadro 7.2.

Quadro 7.2. Responsabilidades do Empreendedor

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Tomar conhecimento se as medidas de controle empreendidas foram efetivas; d) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta superior.
NR 1: Amarelo	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Tomar conhecimento, se as medidas de controle empreendidas foram efetivas; d) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta superior.
NR 2: Laranja	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Comunicar o alerta de nível de resposta laranja à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia; d) Apoiar o estabelecimento de Comando Centralizado das Operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e para a convocação de todos os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); e) Apoiar a mobilização dos recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; f) Apoiar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência no estabelecimento do estado de prontidão para eventual evacuação imediata da ZAS; g) Tomar conhecimento se, as medidas de controle empreendidas na barragem foram efetivas; h) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta vermelho; i) Se a situação de emergência for extinta: 1. Subsidiar o GIAR para que este providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE);

	2. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para que estes providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 3. Receber o Relatório de Encerramento de Emergência elaborado pelo Coordenador; 4. Encaminhar à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.
NR 3: Vermelho	a) Tomar conhecimento da situação de emergência e apoiar Coordenador do PAE; b) Subsidiar as ações do GIAR e do GM de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de controle da situação de emergência; c) Comunicar o alerta de nível de resposta vermelho à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia; d) Apoiar o Coordenador do PAE para o estabelecimento de Comando Centralizado das Operações de Emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e Centros de Comando na ZAS, com representantes de todos órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); e) Garantir ao Coordenador do PAE os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; f) Dar subsídios os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência na evacuação imediata da ZAS; g) Tomar conhecimento, se as medidas de controle empreendidas foram efetivas e se não, quais novas medidas serão adotadas; h) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de permanência do nível de resposta vermelho; i) Se a situação de emergência for extinta: 1. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR para que este providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 2. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM que estes providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 3. Receber o Relatório de Encerramento de Emergência elaborado pelo Coordenador; 4. Encaminhar à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional e à Prefeitura de Santa Luzia o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.

C. Equipes Técnicas

As Equipes Técnicas do PAE da barragem da Pampulha estão reunidas nos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR: SUDECAP), de Manutenção (GM: SUDECAP), de Operação (GO: SMOBI, SUDECAP, SUPDEC, URBEL e BHTrans) e de Meio Ambiente (GMA: SMMA e SLU).

As responsabilidades desses grupos e instituições estão listadas nos quadros 7.3 a 7.5.

Quadro 7.3. Responsabilidades dos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR) e de Manutenção (GM)

Nível de Resposta	Ações a empreender
TODOS OS NÍVEIS	a) Executar as ações correntes de inspeção e monitoramento da barragem e do reservatório; b) Detectar anomalias e situações de emergência; c) Classificar das situações de emergência e comunicar ao coordenador e ao empreendedor; d) Acompanhar continuamente a emergência e a avaliação de risco, e mantendo o Coordenador do PAE e o Empreendedor informados sobre sua evolução; e) Avaliar, propor e executar ações corretivas das anomalias, conforme previsto no Plano de Segurança da Barragem da Pampulha; f) Disponibilizar recursos humanos, materiais e logísticos para a implantação das ações de emergência; g) Avaliar a efetividade das ações de controle e se, a emergência está controlada; h) Manter o Coordenador do PAE e o Empreendedor informados sobre a evolução da situação de emergência tendo em conta as ações de reparação e controle empreendidas; i) Providenciar a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); j) Providenciar a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; k) Subsidiar o Coordenador para que este emita o Relatório de Encerramento de Emergência.

Quadro 7.4. Responsabilidades do Grupo de Operação

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 2 e 3: Laranja e Vermelho	a) Executar as ações de resposta previstas no PAE para os níveis de reposta Laranja e Vermelho. b) Efetuar o bloqueio de vias e o desvio do trânsito para as rotas de fuga; c) Liberar as rotas de fuga para assegurar a eficiência da evacuação; d) Realizar a alocação de pessoas removidas em abrigos, com o fornecimento de alimentos, de medicamentos e assistência psicológica, segundo o nível de alerta. e) Realizar a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista para os níveis de reposta laranja e vermelho. f) Realizar a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo os níveis de resposta laranja e vermelho.

Quadro 7.5. Responsabilidades do Grupo de Meio Ambiente

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 1: Amarelo	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta amarelo e propor ações mitigadoras.
NR 2: Laranja	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta laranja e propor ações mitigadoras; b) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência;
NR 3: Vermelho	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta vermelho e propor ações mitigadoras; b) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência; c) Apoiar as ações emergenciais de limpeza, desobstrução e descontaminação da área diretamente atingida pelo trânsito da onda de ruptura da barragem.

D. Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil)

As ações do Grupo de Combate e Salvamento são coordenadas e empreendidas pela SUPDEC que também é o Coordenador do PAE. As ações da SUPDEC são apoiadas por todos os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI), notadamente os Grupos de Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência (GAUA), de Operação (GO), de Comunicação e de Segurança. O quadro 7.6 define as responsabilidades de defesa civil no âmbito do PAE da Barragem da Pampulha.

Quadro 7.6. Responsabilidades do Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil: SUPDEC)

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda;
NR 1: Amarelo	b) Gerenciar e garantir o funcionamento do Sistema de Alerta Sonoro e Visual.
NR 2: Laranja	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda; b) Emitir os alertas sonoros e visuais, por orientação do Coordenador do PAE. c) Mobilizar os Núcleos de Defesa Civil - NUDEC, Núcleos de Alerta de Chuva - NAC, voluntários, organizar e liderar suas ações durante a crise; d) Promover a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista, segundo o nível de alerta; e) Promover a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo o nível de alerta. f) Havendo tempo de antecedência do alerta, coordenar e organizar, o deslocamento de objetos mais susceptíveis a danos em propriedades privadas, o fechamento de registros de água potável, do gás, o desligamento da chave geral de eletricidade e, quando disponível, o fechamento do registro do ramal predial interno de esgotos, evitando seu retorno ao interior da construção. g) Apoiar a alocação de pessoas removidas em abrigos, o fornecimento de alimentos, medicamentos e assistência psicológica, com o apoio da SMASAC. h) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 3: Vermelho	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda; b) Emitir os alertas sonoros e visuais, por orientação do Coordenador do PAE. c) Mobilizar os Núcleos de Defesa Civil - NUDEC, Núcleos de Alerta de Chuva - NAC, voluntários, organizar e liderar suas ações durante a crise. d) Promover a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista, segundo o nível de alerta. e) Promover a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo o nível de alerta. f) Havendo tempo de antecedência do alerta, coordenar e organizar, o deslocamento de objetos mais susceptíveis a danos em propriedades privadas, o fechamento de registros de água potável, do gás, o desligamento da chave geral de eletricidade e, quando disponível, o fechamento do registro do ramal predial interno de esgotos, evitando seu retorno ao interior da construção. g) Apoiar a alocação de pessoas removidas em abrigos, o fornecimento de alimentos, medicamentos e assistência psicológica, com o apoio da SMASAC. h) Apoiar o atendimento médico de urgência em zonas sinistradas, com o apoio da SMSA e da SMASAC. i) Apoiar o deslocamento de feridos para centros de saúde e hospitais, com o apoio da SMSA. j) Apoiar os serviços de busca e resgate de pessoas em situação de risco de morte e a busca por desaparecidos, com o apoio da GMBH e do CBMMG. k) Apoiar o controle do tráfego em vias com risco iminente de inundação, e o seu desvio para rotas de fuga empreendido pela BHTrans e Grupo de Operação. l) Apoiar a implantação de ações de contingenciamento, quando possível, como a implantação de diques de emergência, a instalação de estações de bombeamento, entre outras, empreendidas pelo GIAR e GM. m) Apoiar ações de segurança à propriedade, evitando roubos e saques empreendido, empreendidas pelo GS. n) Apoiar a remoção e o manejo de cadáveres. o) Estabelecer um serviço de comunicação permanente com a mídia e com parentes de vítimas e desaparecidos com o apoio do GC; p) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência;

8. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados

No âmbito deste projeto de atualização do PAE da Barragem da Pampulha, foram feitos estudos comparativos dos métodos, hipóteses e resultados de simulações de ruptura hipotética da barragem da Pampulha (Tabela 8.1).

Tabela 8.1. Volume do hidrograma de ruptura, vazão de pico do hidrograma de ruptura e área da mancha de inundação de cenários base dos estudos de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015) e Vianini Neto (2016)

Fonte: adaptado de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015) e Vianini Neto (2016)

Cenário	Volume do hidrograma de ruptura	Vazão de pico do hidrograma de ruptura	Área da mancha de inundação
Elevação do NA do reservatório 802,14 m Dinésio Franco Engenharia e Geotecnia (2015)	11,73 hm ³	3.470 m ³ /s	5,69 km ²
Cenário base (dia seco) Vianini Neto (2016)	15,01 hm ³	3.920 m ³ /s	6,26 km ²
Cenário base (dia chuvoso) Vianini Neto (2016)	35,17 hm ³	5.693 m ³ /s	8,03 km ²

Com base nesses estudos comparativos, procedeu-se à simulação de dois cenários de ruptura hipotética da barragem da Pampulha, um deles considerando o mecanismo de erosão interna (piping) e o outro o de galgamento (overtopping), de acordo com os seguintes procedimentos:

- Evento pluvial de tempo de retorno 10.000 anos, variando-se a sua duração para fins de constituir o cenário hidrológico mais crítico para a simulação de ruptura;
- Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do ribeirão Pampulha para obterem-se os hidrogramas de cheia à entrada do reservatório (figura 8.1) utilizando-se o modelo HEC HMS;
- Modelagem hidrológica da propagação no reservatório dos hidrogramas de cheia à entrada do reservatório empregando-se o modelo de Puls modificado por meio do modelo HEC-HMS (figura 8.1);
- Escolha dos eventos pluviais de durações críticas para a simulação de hidrogramas resultantes da ruptura hipotética da barragem da Pampulha por erosão interna e por galgamento adotando-se como critérios de escolha aqueles que resultam no maior NA no reservatório e no maior volume de escoamentos (volume armazenado no reservatório à cota 801 ao que se soma o volume proveniente do hidrograma de cheia em resposta ao evento pluvial selecionado) – foram adotados os eventos pluviais de tempo de retorno 10.000 anos e duração 24 h (piping¹) para o maior volume de armazenamento no reservatório (figura 8.1) e 14 h (overtopping) para a maior cota de NA no reservatório (figura 8.1);
- Simulação da ruptura hipotética da barragem da Pampulha para o cenário de erosão interna e para o cenário de galgamento, ambos com o emprego do modelo HEC HMS e considerando a propagação completa do hidrograma de cheia de entrada do reservatório.

Os hidrogramas resultantes de ruptura hipotética da barragem da Pampulha encontram-se nas figuras 8.2 e 8.3.

¹ De fato, para o caso de piping simulou-se, igualmente, o evento pluvial de 14 h de duração. Porém, para efeito de mapeamento de áreas inundáveis pelo trânsito da onda de ruptura, considerou-se o evento pluvial com 24 h de duração.

Figura 8.1. Hidrogramas de entrada (Q_e) e saída (Q_s) referentes ao trânsito da cheia de projeto pelo reservatório para diferentes durações da chuva de projeto de período de retorno de 10.000 anos

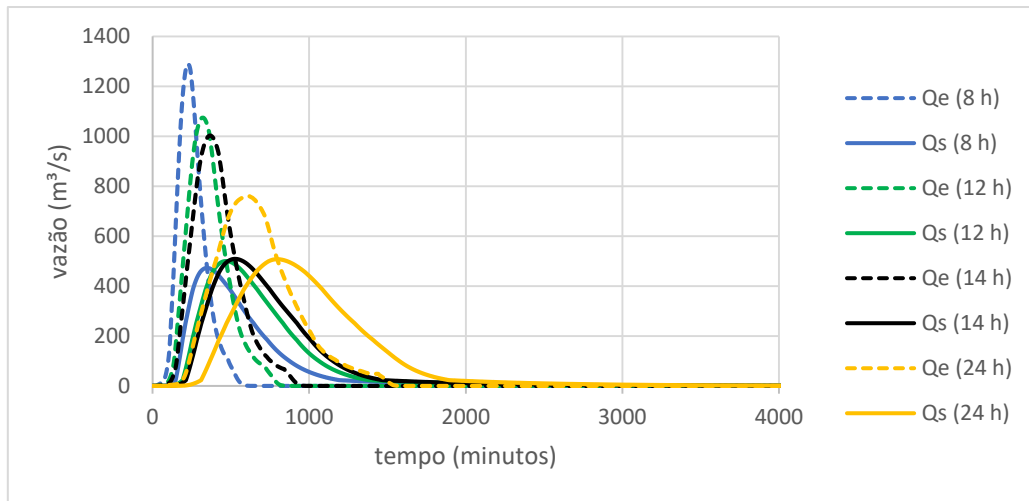


Figura 8.2. Hidrogramas de entrada (Q_e) e de ruptura por *piping* (Q_{rp}) para durações da chuva de projeto de 14 e 24 horas

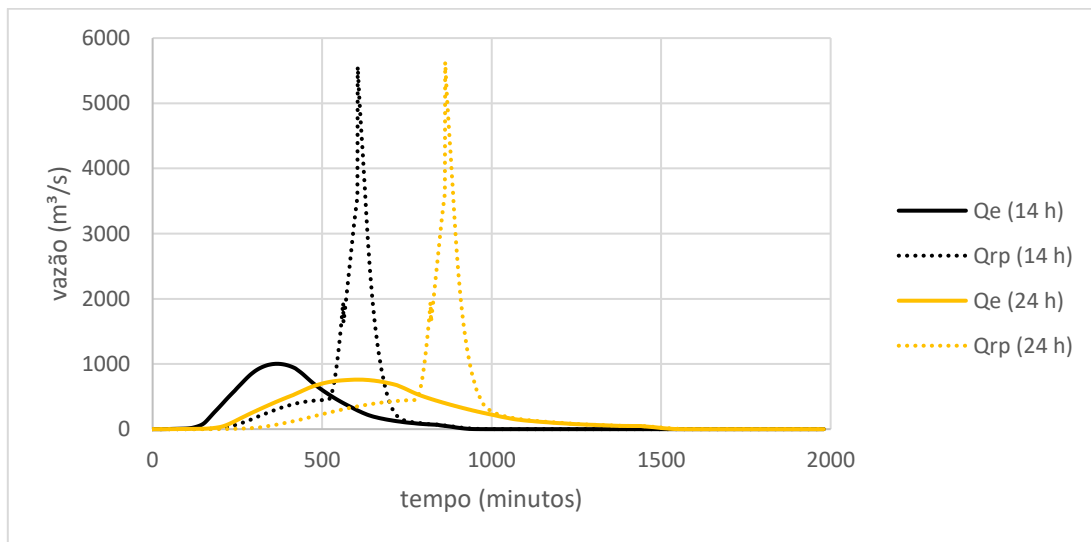
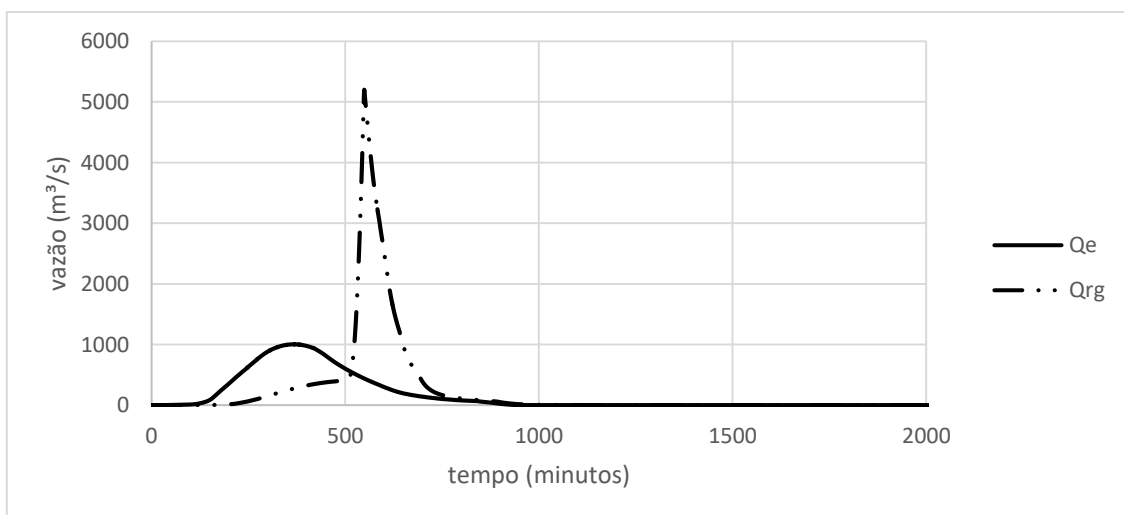


Figura 8.3. Hidrograma de entrada (Q_e) e hidrograma de ruptura por galgamento (Q_{rg})



Observa-se que a vazão de pico ($5.631 \text{ m}^3/\text{s}$) do hidrograma de ruptura por piping para a chuva de projeto de 24 horas de duração é superior ao valor equivalente do hidrograma para a chuva de projeto de 14 horas (figura 8.2). Além da vazão de pico, o volume de água do hidrograma de ruptura para a chuva de projeto de 24 horas de duração também é maior, características que fazem com que essa duração seja realmente a crítica em termos de danos no vale a jusante da Barragem da Pampulha. Resultados da propagação desses dois hidrogramas de ruptura indicam que, para a duração da chuva de projeto de 24 horas, a área total inundada a jusante da barragem é de $8,20 \text{ km}^2$ e a profundidade máxima atingida é de $20,82 \text{ m}$, com valores equivalentes de $8,00 \text{ km}^2$ e $19,97 \text{ m}$ para a duração da chuva de projeto de 14 horas. No caso de galgamento, a vazão máxima é de $5.100 \text{ m}^3/\text{s}$ e não constitui o cenário mais crítico.

Para o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis pelo trânsito da onda de ruptura na planície de inundação a jusante da barragem da Pampulha, adotaram-se as informações e critérios listados nos próximos parágrafos.

Para a **representação numérica computacional do vale a jusante da barragem da Pampulha**, foram utilizadas as bases de dados descritas na tabela 8.2.

Tabela 8.2. Bases de dados utilizadas para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem da Pampulha.

Base de dados	Descrição/Características	Finalidade
Modelo Digital de Terreno da Prodabel	Dados altimétricos levantados por tecnologia LIDAR.	Constituição de base topográfica para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de ruptura.
Base de fotografias aéreas da Prodabel	Fotografias aéreas levantadas por tecnologia LIDAR.	Análise de uso e ocupação do solo e produção de mapas.
Base de dados gratuita da Google® (cartografia e fotografias terrestres StreetView)	Fotografias aéreas obtidas via satélite e fotografias panorâmicas terrestres obtidas via traslado terrestre. Datas e resoluções diversas não identificadas.	Análise de uso e ocupação do solo, avaliação de infraestrutura e produção de mapas.

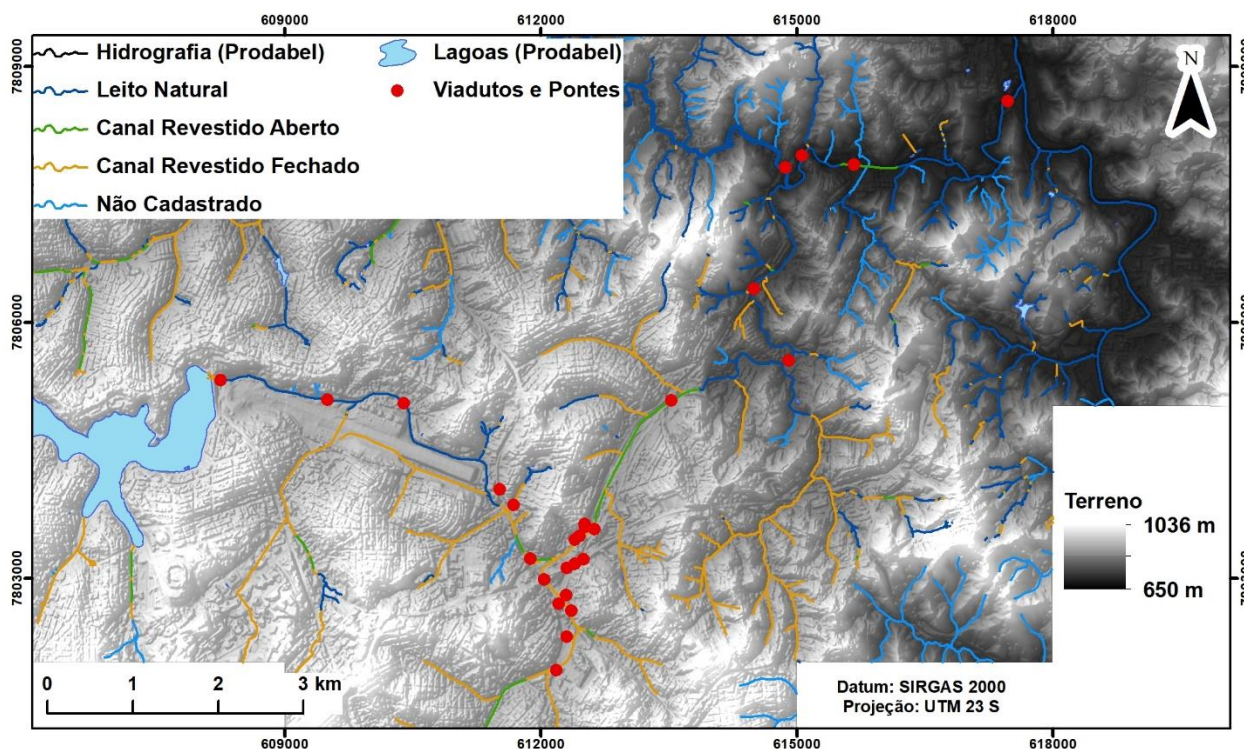
A **modelagem hidrodinâmica** desenvolvida nesse estudo se estende do dique da barragem da Pampulha a montante, pelo ribeirão Pampulha, a jusante da barragem e por toda a extensão do córrego Onça a partir da confluência com o Pampulha até a confluência desse com o Rio das Velhas a jusante (figura 8.4). As condições de contorno de jusante são estabelecidas com base na simulação de um trecho do rio das Velhas com 2 km de extensão. Adotou-se para a modelam hidrodinâmica bidimensional da propagação da onda de ruptura o software gratuito HEC-RAS v.5.0.7 com descrição altimétrica da planície de inundação embasada nos dados descritos na Tabela 8.2.

Figura 8.4. Limites de montante e de jusante definidos para realização do primeiro estudo de propagação de onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem da Pampulha – do dique da barragem da Pampulha até o Rio das Velhas.

Utilizou-se o **Modelo Digital de Terreno da Prodabel** para constituir a base topo-batimétrica utilizada no estudo (figura 8.5). As calhas dos rios foram parcialmente representadas no modelo, considerando-as como parcialmente cheias de água, de acordo com a base de dados utilizada. Em consequência, não há computo dessa área para o cálculo de área disponível para trânsito da vazão hipotética de ruptura. Modificações e correções foram feitas nessa base de dados de forma a melhor representar singularidades hidráulicas na calha do rio e na planície de inundação. Definiu-se uma malha homogênea, com células de área média equivalentes a 25m² cada (resolução aproximada de 5m x 5m), para toda a área de estudo.

Como **condição de contorno de montante** adotou-se, inicialmente, o hidrograma de ruptura utilizado no Plano de Ações de Emergência elaborado por Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015). O hidrograma tem vazão de pico de 3.470,4 m³/s que ocorre 47 minutos após início do rompimento. A **condição contorno de jusante** foi definida como “profundidade normal de escoamento” com declividade de 0,001m/m na seção mais a jusante do Rio das Velhas.

Figura 8.5. Localização de singularidades hidráulicas sobre base topo-batimétrica utilizada para desenvolvimento do modelo de propagação de onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem da Pampulha.



As **singularidades hidráulicas** como galerias/bueiros, pontes e viadutos que se encontram na área de propagação da onda de cheia foram objeto de tratamentos específicos. A primeira hipótese concerne as galerias/bueiros, que para fins de modelagem, foram todos considerados como totalmente obstruídos por possível deposição de sedimentos carreados pela onda de ruptura. Assim, o modelo bidimensional não representou essas singularidades, representando as áreas superficiais imediatamente acima dessas galerias. Essa hipótese é conservadora em termos de profundidades simuladas, visto que não computa essas áreas para o cálculo de áreas disponíveis para trânsito da vazão hipotética de ruptura. Ademais, essa hipótese parece a mais condizente com uma ruptura potencial desse tipo de obra, visto que grandes velocidades comprometeriam a capacidade de engolimento das estruturas, e, que certamente, uma parte da vazão seria sólida, pois além de sólidos desprendidos do reservatório, outros detritos urbanos, resíduos sólidos urbanos, de construção, seriam também levados pela onda de cheia, possivelmente obstruindo essas passagens. Na figura 8.5 são localizados todos os trechos de curso d'água em galerias, objetos dessa premissa (canais revestidos fechados). Pontes e viadutos foram parcialmente e/ou completamente desobstruídos tendo em conta suas dimensões.

Os **mapas produzidos no âmbito do presente estudo** são os listado na tabela 8.3. O mapa geral com extensão da inundação para a área de estudos encontra-se na figura 8.6. O Produto 3 do presente estudo (SMOBI e FCO, 2020-3) contém a descrição completa das simulações realizadas, resultados e mapas complementares aos aqui inseridos (figuras 8.6 a 8.12).

Tabela 8.3. Descrição das metodologias empregadas para desenvolvimento dos diferentes mapas produzidos a partir dos resultados das simulações hidrodinâmicas de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem da Pampulha.

Tipo de mapa	Descrição	Metodologia de desenvolvimento
Mapa de profundidades máximas	Representa de forma espacialmente distribuída as profundidades máximas obtidas por meio de simulação hidrodinâmica para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo das profundidades máximas pontuais atingidas durante todo o período de simulação.
Mapa de velocidades máximas	Representa de forma espacialmente distribuída as velocidades máximas obtidas por meio de simulação hidrodinâmica para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo das velocidades máximas pontuais atingidas durante todo o período de simulação.
Mapa de perigo (profundidades máximas vs velocidade máximas)	Representa de forma espacialmente distribuída a periculosidade, obtida por meio do produto das profundidades e velocidades pontuais simuladas para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo do produto dos mapas de profundidades e velocidades máximas.
Mapas com tempos mínimos de chegada	Representa o tempo de chegada da onda até atingir determinado parâmetro hidráulico, seja uma profundidade, ou o tempo de chegada do pico.	Mapa com seções explicitando os tempos de chegada da onda de ruptura e do pico de vazão.
Mapa de zonas de autossalvamento (ZAS)	Representa a região do vale a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são de responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em emergências.	Foi adotada a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km.

Figura 8.6. Mapa global com extensão da mancha de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

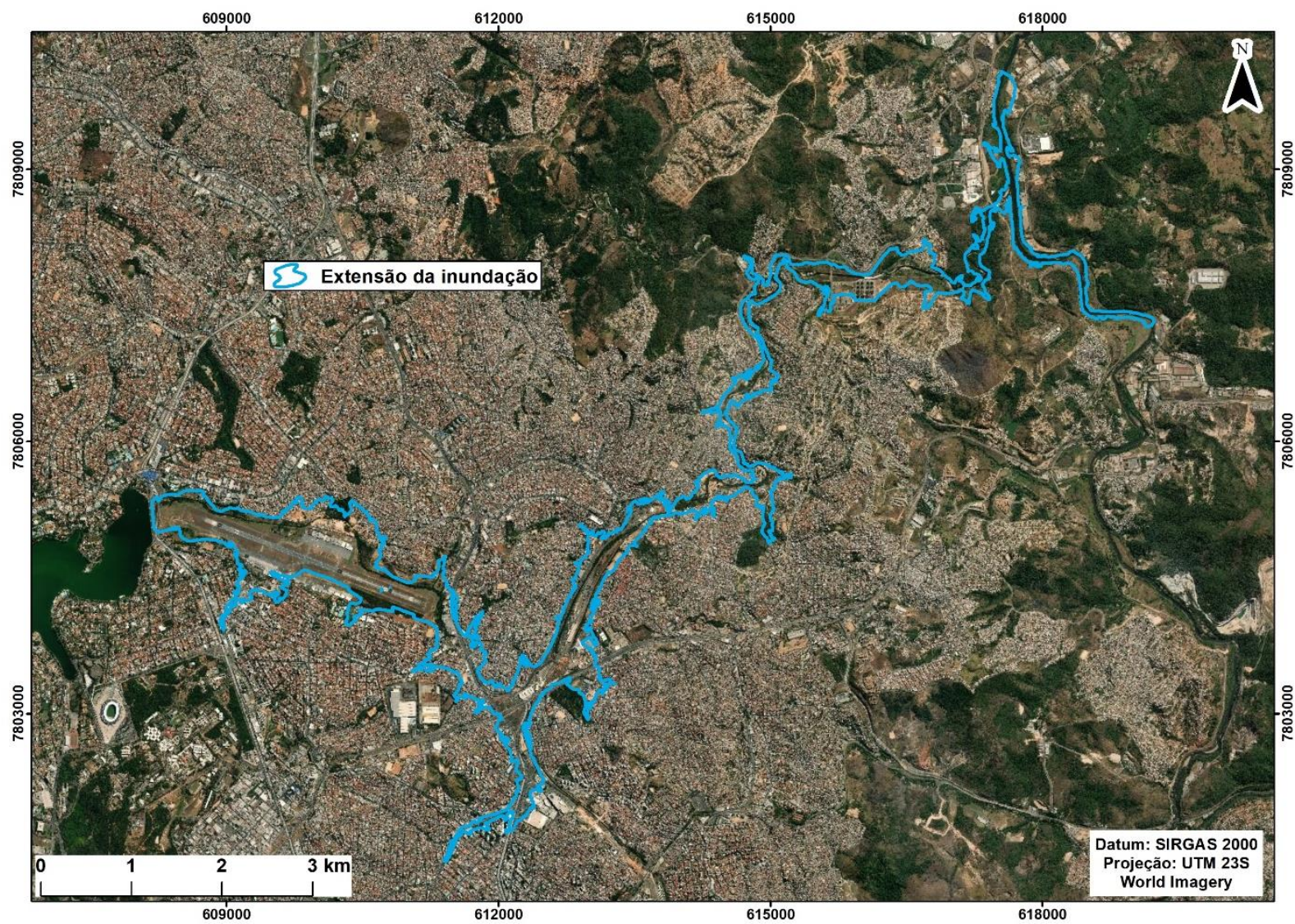


Figura 8.7. Mapa global do tempo de chegada de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

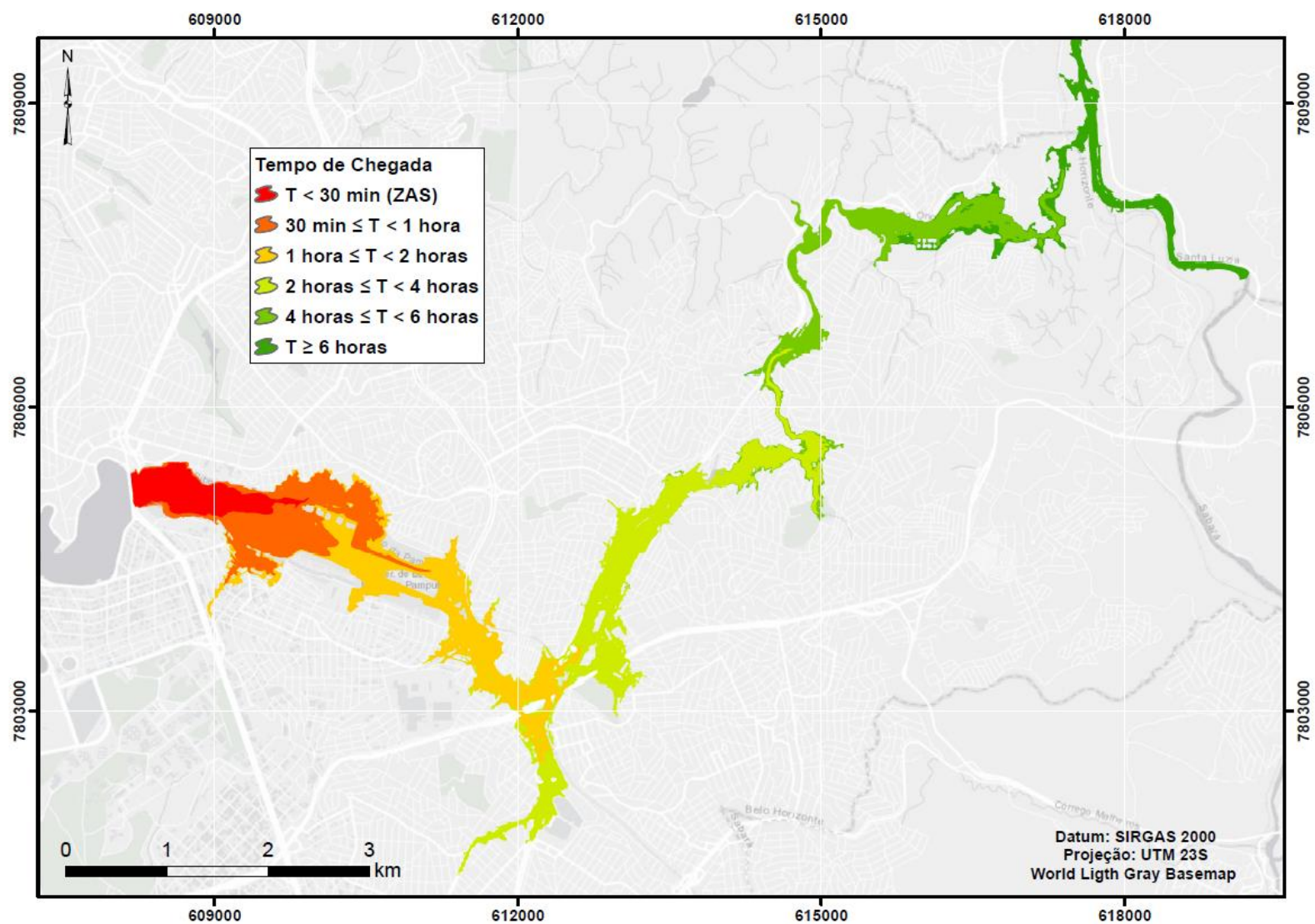


Figura 8.8. Mapa global de profundidades de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

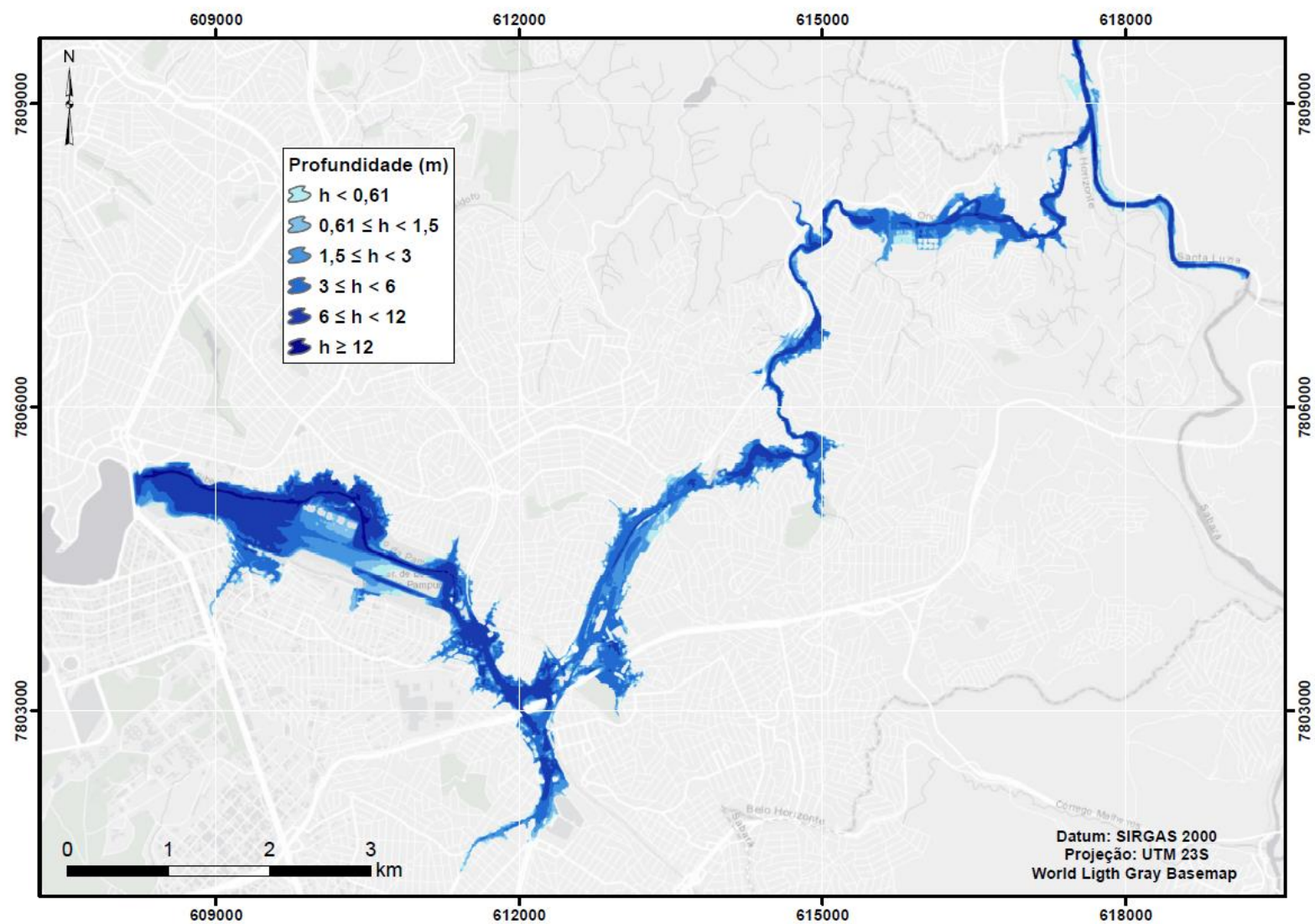


Figura 8.9. Mapa global do tempo para atingir a profundidade máxima de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

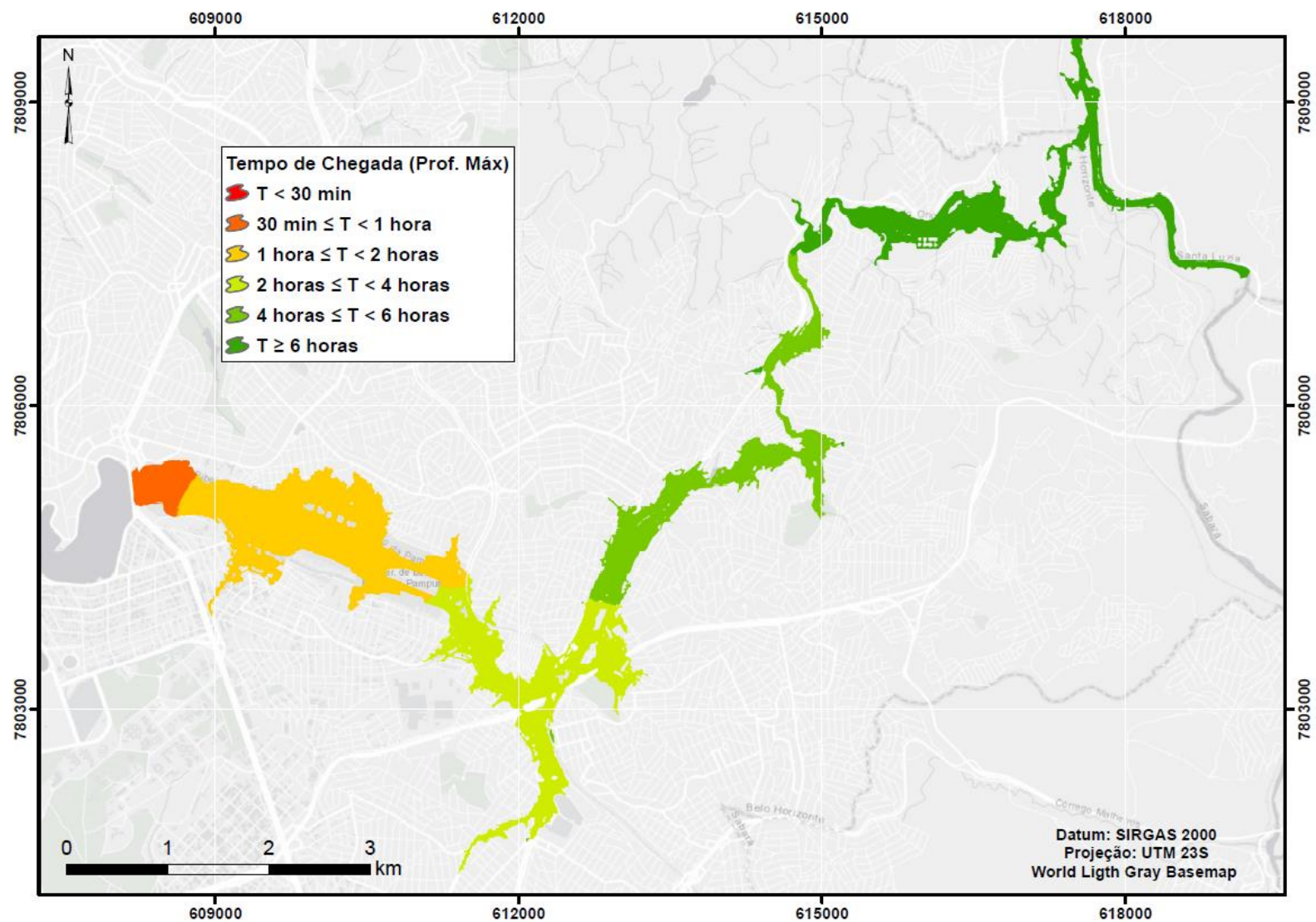


Figura 8.10. Mapa global de duração de inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

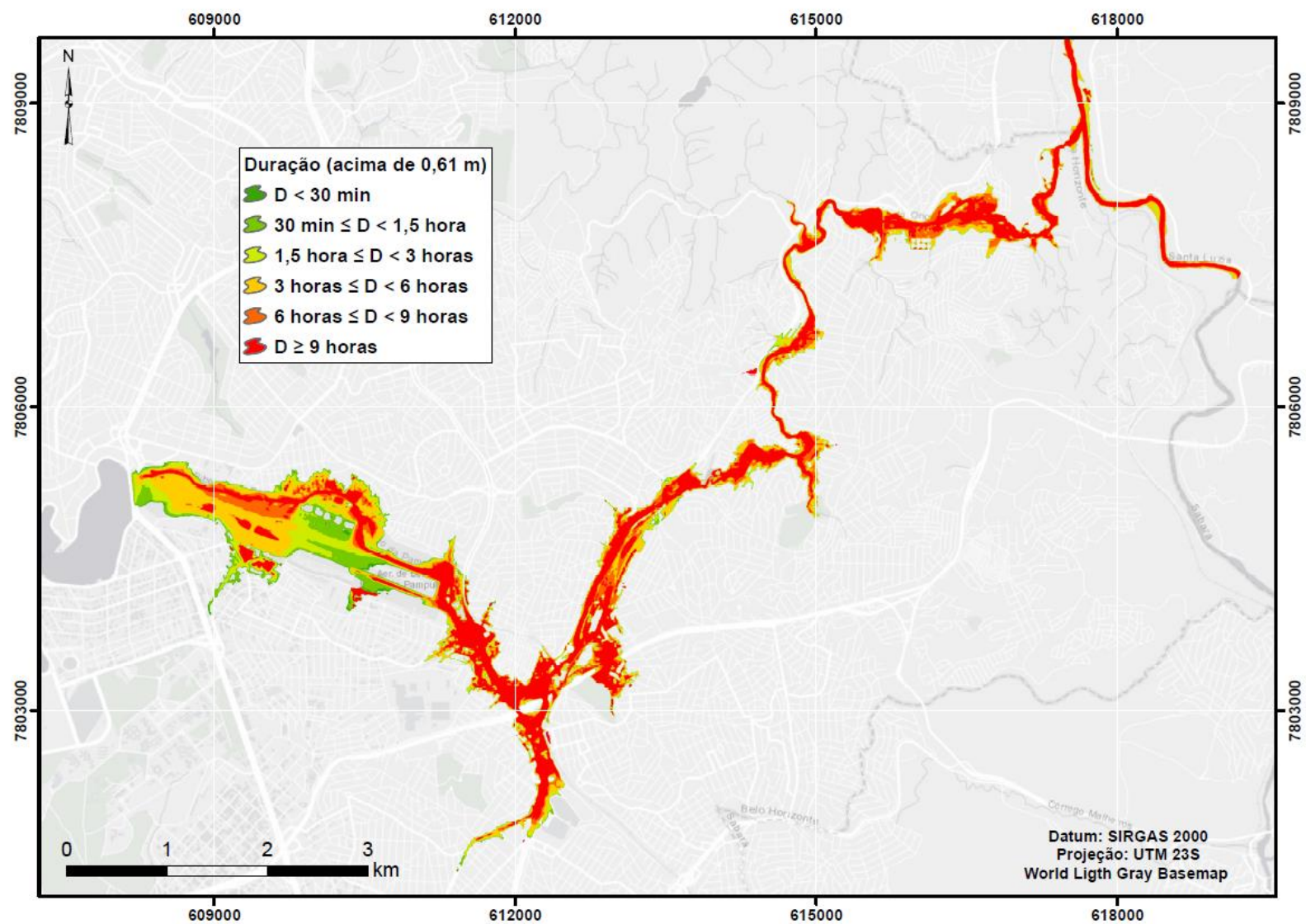


Figura 8.11. Mapa global de perigo (risco hidrodinâmico) referente à inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

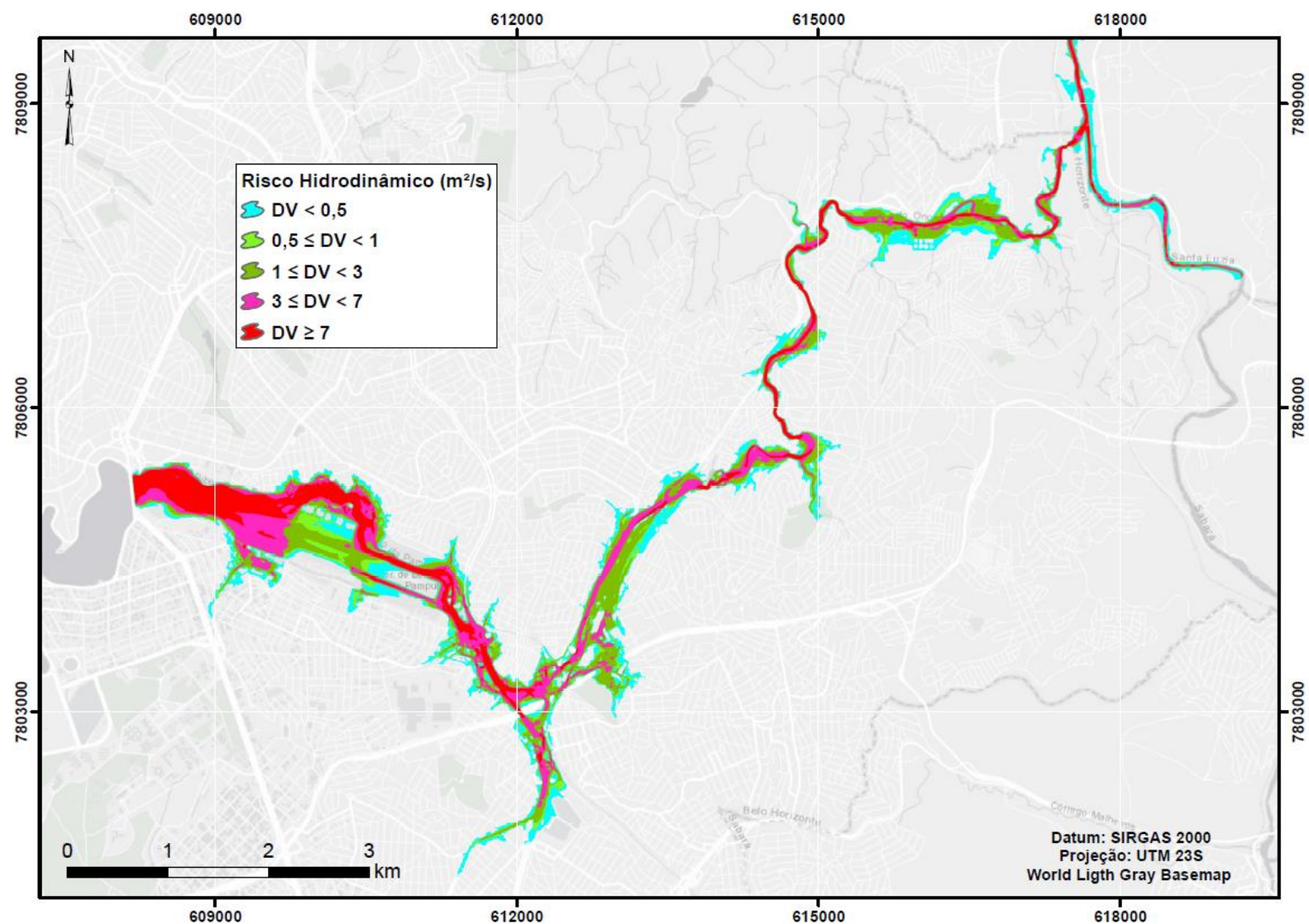
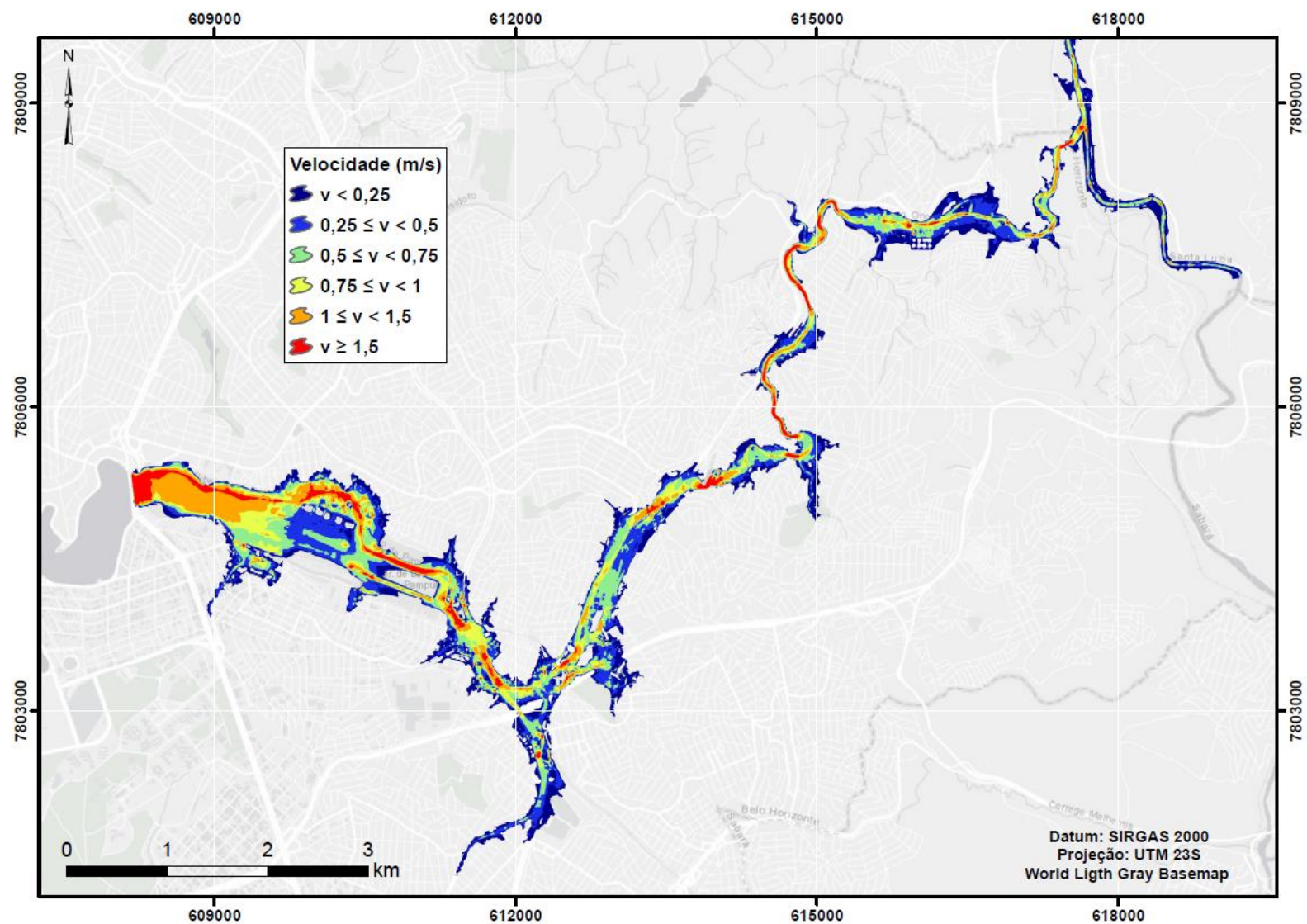


Figura 8.12. Mapa global de velocidades de escoamento resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).



9. Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados

A Portaria IGAM N° 02, de 26 de fevereiro de 2019, define a ZAS como “região do vale a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km”.

Como é possível perceber ao se analisar a figura 8.7, a distância correspondente ao tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos é bem inferior a 10 km, no caso da onda de ruptura hipotética para a barragem da Pampulha. Portanto, a ZAS deve ser definida como a extensão do vale, ao longo dos cursos d’água Pampulha e Onça que perfaz 10 km, a partir do eixo da barragem (figuras 8.13 e 8.14). O Produto 3 do presente estudo (SMOBI e FCO, 2020-4) contém a descrição completa das simulações realizadas, resultados e mapas complementares aos aqui inseridos com respeito à ZAS.

Figura 9.1. Mapa da Zona de Autossalvamento para a ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015).

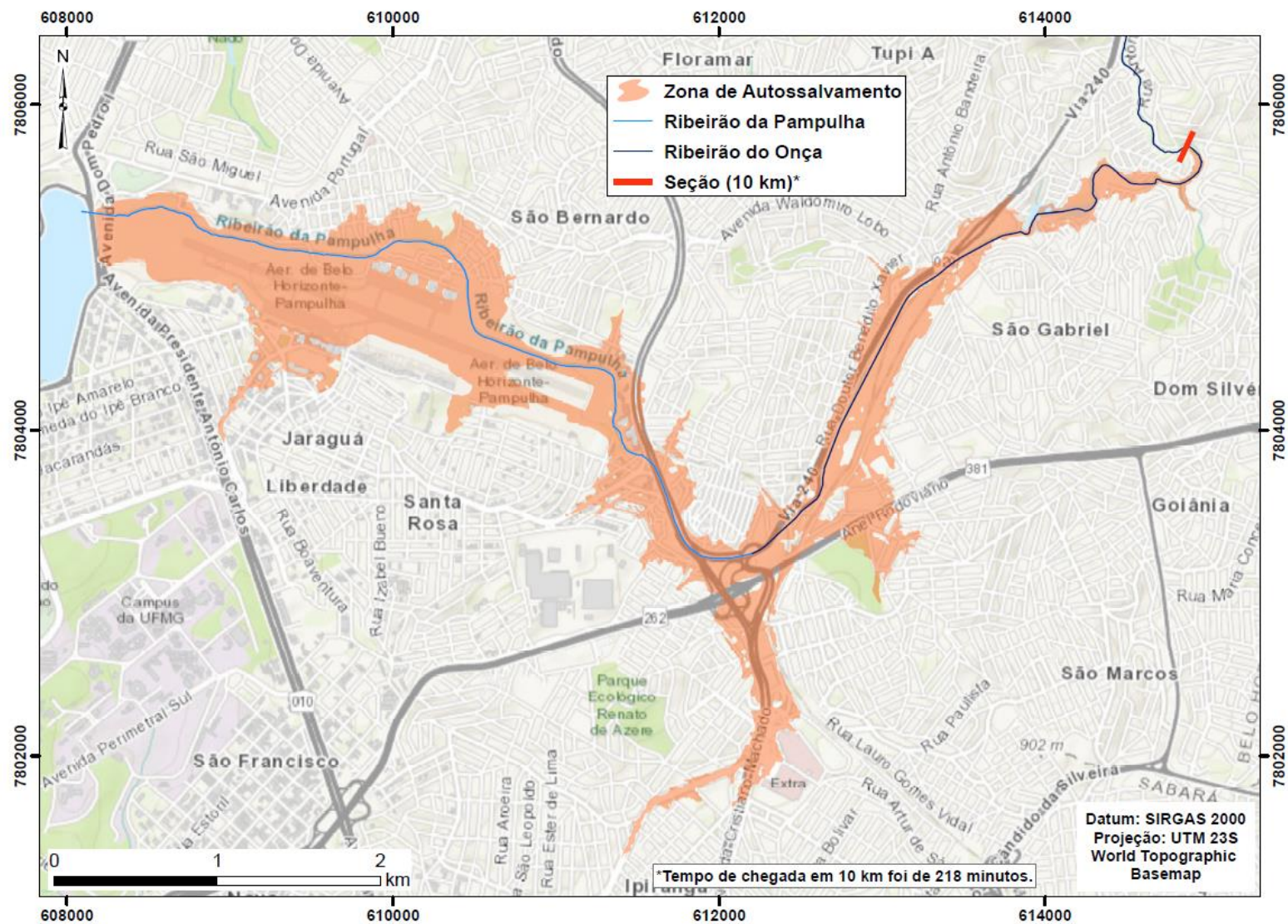
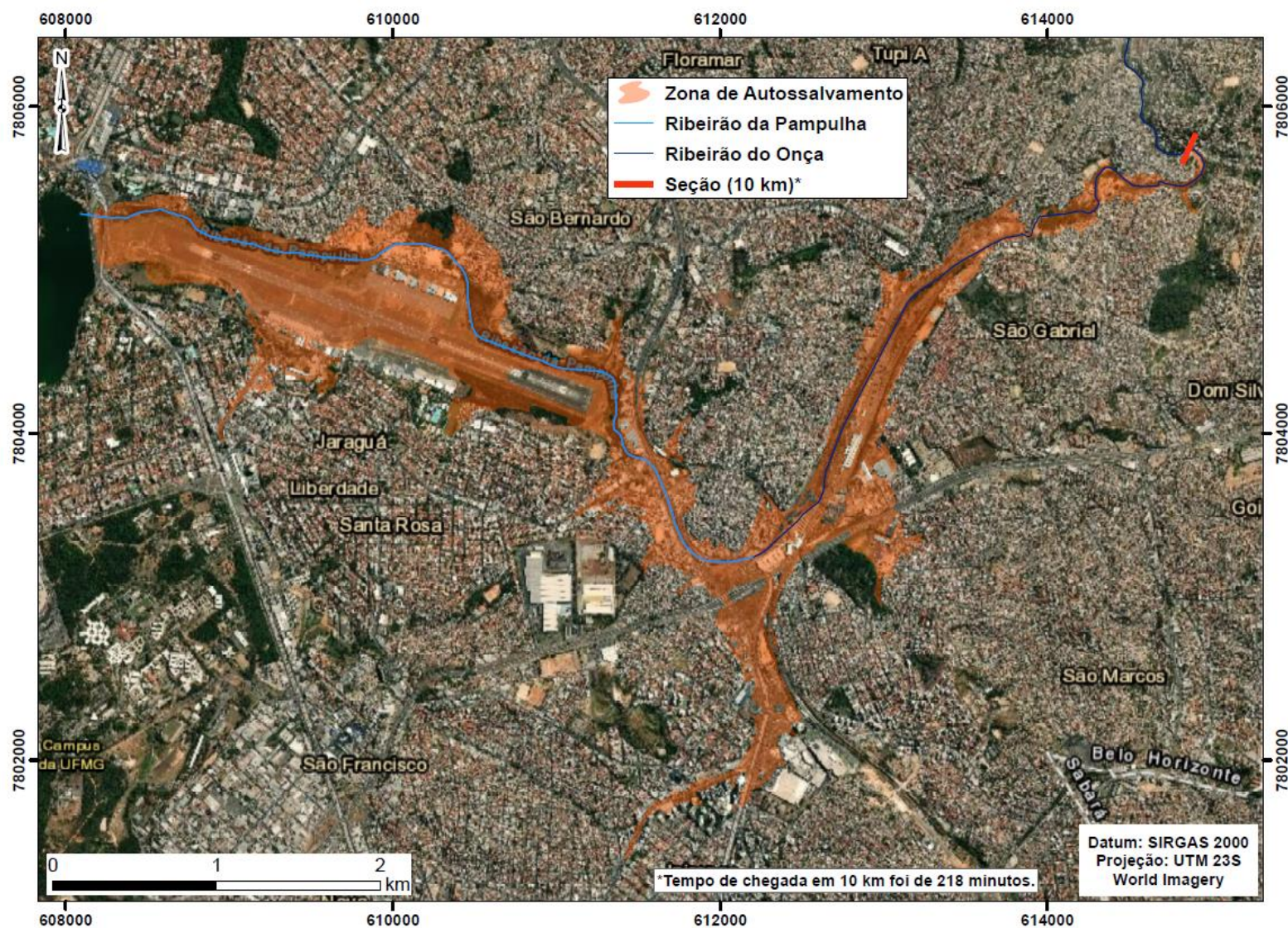


Figura 9.2. Mapa da Zona de Autossalvamento para a ruptura hipotética da barragem da Pampulha considerando o cenário de Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia sobre imagem World Imagery (2015).



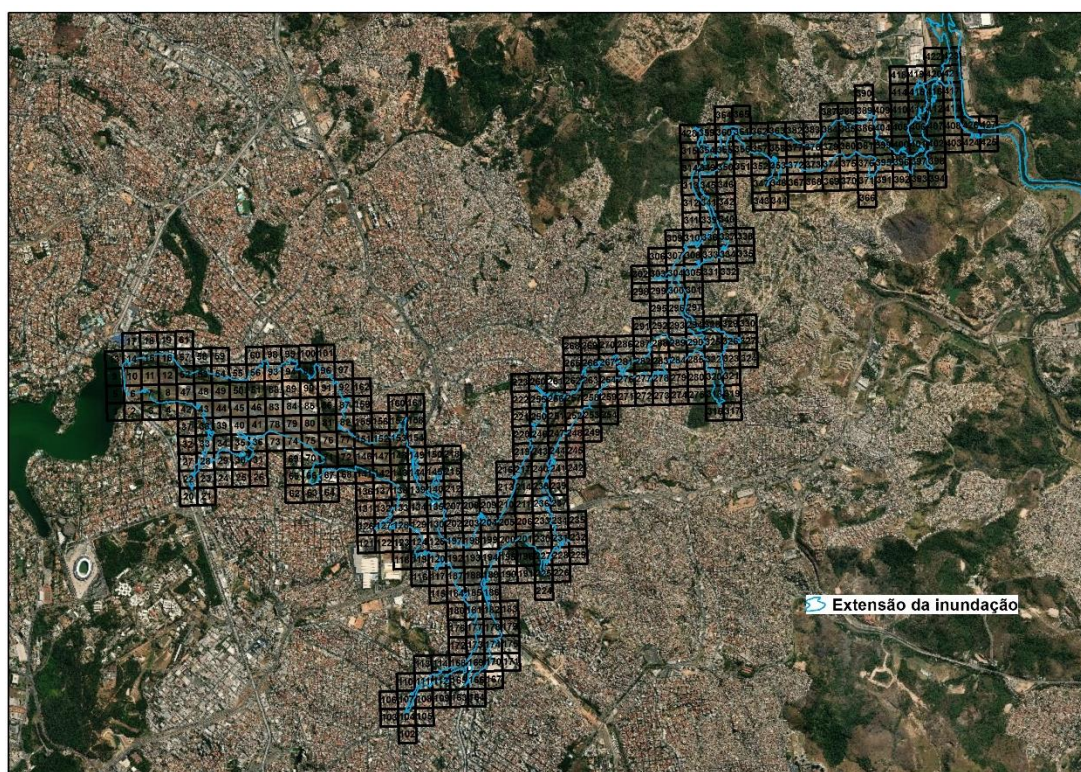
10. Uso do solo, população exposta e análise de vulnerabilidade das áreas potencialmente afetadas

Apresenta-se aqui uma síntese dos estudos de análise de vulnerabilidade da área inundável pela onda de cheia causada por uma ruptura hipotética da barragem da Pampulha, acompanhada da identificação das tipologias de ocupação do vale a jusante, em particular, grandes equipamentos que concentram um número elevado de pessoas, como escolas, unidades de saúde, terminais do transporte público e outros. O Produto 4 do presente estudo (SMOBI e FCO, 2020-4) contém a descrição completa dos estudos de vulnerabilidade realizados, simulações, resultados, mapas e dados complementares aos aqui inseridos.

A caracterização da população e da infraestrutura e o mapeamento da vulnerabilidade no vale de jusante da barragem da Pampulha foram realizados exclusivamente com base em dados secundários. Foram realizadas análises das bases de dados do censo demográfico de 2010 e das bases de dados disponibilizadas pela empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (Prodabel).

A área de interesse compreende a área a jusante da barragem da Pampulha potencialmente impactada por inundações segundo os mapas de inundação apresentados no Produto 3². Para a presente análise, foram considerados os resultados das simulações e mapas oriundos do Cenário B, escolhido em acordo com a SUDECAP, visando dar continuidade a trabalhos já desenvolvidos pela defesa civil com base em Dinésio Franco (2015). A área de interesse, que inclui um buffer de 100 m de extensão, a partir do limite da mancha de inundação, normal à linha d'água, está representada na figura 10.1.

Figura 10.1. Área de interesse: discretização espacial utilizada com grades estatísticas selecionadas para análise de exposição e vulnerabilidade da área a jusante da Barragem da Pampulha, considerando buffer de 100m em relação aos resultados de simulação hidrodinâmica.



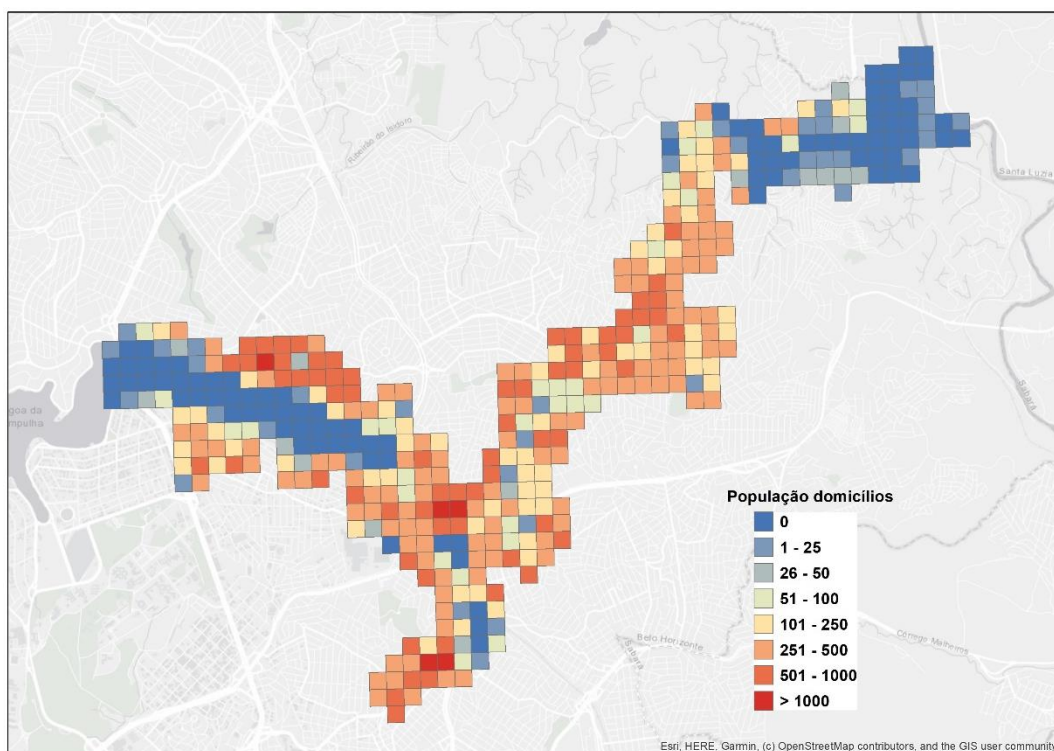
² SMOBI, FCO, Plano de Ação de Emergência: Barragem da Pampulha - Relatório Técnico 3: Mapeamento hidrodinâmico das áreas inundáveis para o PAE da Barragem da Pampulha – DAM-BREAK, 2020.

Em conjunto à *grade estatística*, foram utilizadas as amostras de domicílios e de pessoas dos microdados do censo demográfico de 2010³ para caracterização das construções (tipologia de ocupação e material de construção) e da população (idade e presença em determinada construção em diferentes períodos do dia).

As análises de população realizadas consideraram as seguintes tipologias de construção: 1) construções consideradas como domicílios residenciais; 2) construções relacionadas ao ensino, saúde e assistência social; e 3) construções destinadas ao exercício de atividades comerciais/industriais. A caracterização da população na área de interesse considerou variáveis relevantes para formulação de estratégias de alerta e evacuação, em caso de risco, tais como: faixa etária da população com distinção para o número de habitantes com mais de 65 anos (fator mobilidade) e os horários de permanência das pessoas nos edifícios segundo sua tipologia. Esses levantamentos e análises são descritas nos itens a seguir.

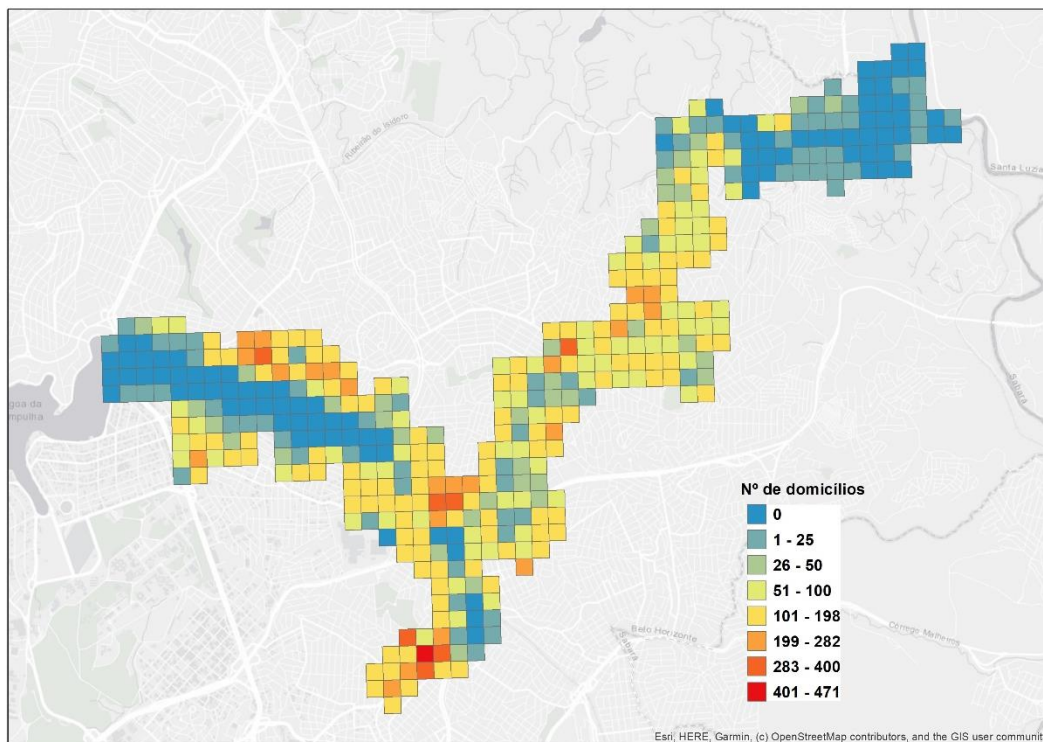
Com dados nos dados censitários detalhados de população e domicílios na área de interesse, foram produzidos os mapas de população e número de domicílios (**Figuras 10.2 e 10.3**).

Figura 10.2. População (em número de habitantes) segundo o censo 2010 na área de interesse.



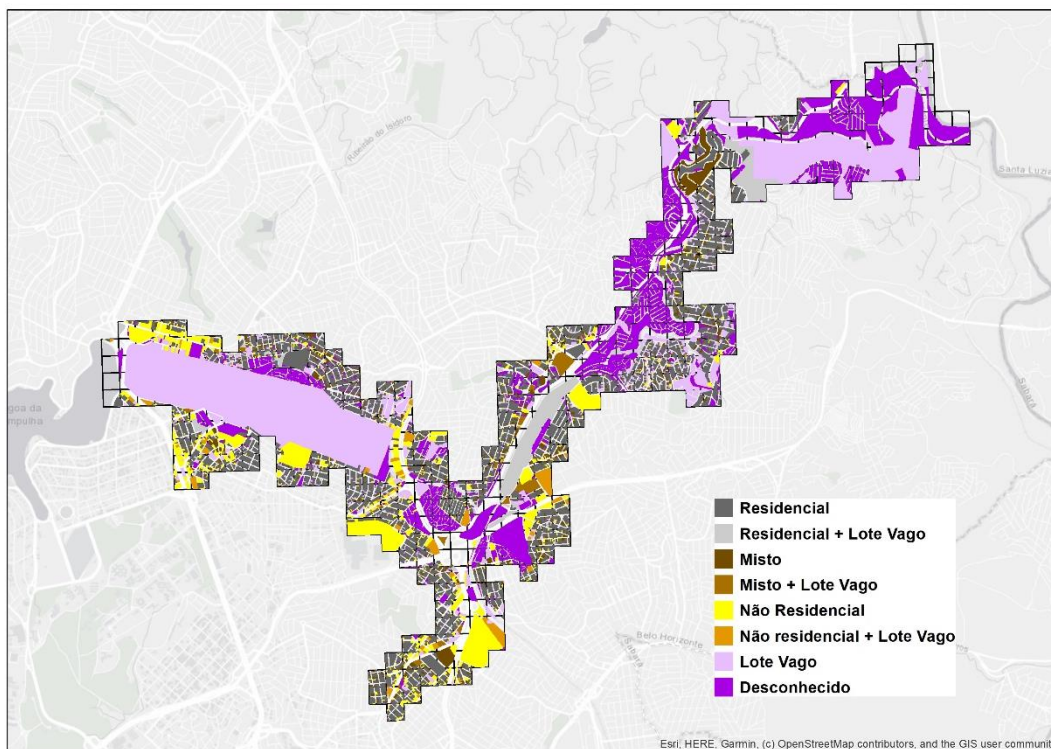
³<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-e-pobreza/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=microdados>

Figura 10.3. Número de domicílios segundo o censo 2010 na área de interesse.



Com base nos dados da PRODABEL, foi concebido um mapa com a delimitação e localização das edificações na área de interesse e com a classificação do uso e ocupação dos lotes segundo as categorias residencial, misto (residencial e outro tipo de ocupação), lote vago, não residencial e desconhecido, além da combinação dessas categorias (figura 10.4).

Figura 10.4. Uso e ocupação dos lotes na área de interesse segundo dados da PRODABEL.



Devido à grande quantidade de edificações na área de interesse e à impossibilidade de uma discretização mais precisa das áreas residenciais com localização dos domicílios com base nos dados disponíveis, optou-se por gerar, de forma aleatória, os domicílios em cada grade estatística. A população é então alocada aos

domicílios aos quais se atribuem tipologias de construções, características socioeconômicas da população, característica de ocupação dos domicílios em horários comerciais/não comerciais, entre outros fatores relevantes para a gestão de risco e minimização de impactos na hipótese de ruptura da barragem da Pampulha.

Com base na amostra de domicílios dos microdados, as residências foram classificadas em relação à tipologia de ocupação como: residencial unifamiliar (RES1); apartamentos (RES3); dormitório institucional (RES4); penitenciária e casa de recuperação (RES5); e asilo ou orfanato (RES6). Os materiais de construção considerados foram alvenaria e madeira. Identificou-se o predomínio da tipologia residencial unifamiliar (25.656 domicílios) e do material de construção alvenaria (32.532 domicílios) como mostrado na **tabela 10.1**.

Para fins de simulação computacional, é relevante determinar se as construções e domicílios localizam-se no térreo ou em andares superiores de edificações. Os edifícios classificados nos microdados como apartamentos foram distribuídos de forma homogênea entre os andares das edificações. Não se dispôs de dados específicos sobre o número de andares para cada edifício na área, considerou-se que as edificações contendo a tipologia de domicílios “apartamentos” em sua descrição, dispõem de 4 andares.

Utilizando a amostra de pessoas dos microdados, foram adotadas as hipóteses descritas a seguir, por meio da análise das variáveis relacionadas ao trabalho e ao ensino, para estimativa da presença de pessoas em casa durante o dia (período da tarde) e à noite.

Para o período da noite:

- pessoas que retornam para casa diariamente.

Para o período da tarde:

- pessoas que não trabalham;
- pessoas que realizam trabalho doméstico;
- pessoas que trabalham no domicílio;
- pessoas que estudam de manhã (adotado do sexto ano do fundamental até o terceiro ano do ensino médio) e que não trabalham; e
- 50% das pessoas que cursam ensino superior e que não trabalham.

Para representação da distribuição de idade dos ocupantes das edificações, a população total obtida em cada domicílio, em função dos horários, ainda foi dividida em duas classes, com base nas informações relativas à variável idade dos microdados: superior e inferior a 65 anos. Posteriormente, essas informações foram alocadas de forma aleatória em cada área de ponderação respeitando-se a população total de cada domicílio (ver figuras 10.5 e 10.6 e tabela 10.2).

Tabela 10.1. Número de domicílios na área de interesse por tipo de ocupação e tipo de material de construção (RES1: residencial unifamiliar; RES3: apartamentos; RES4: dormitório institucional; RES5: penitenciária e casa de recuperação; e RES6: asilo ou orfanato).

Área de ponderação	Domicílios na região de interesse	Número absoluto de domicílios						
		Tipo de ocupação					Material	
		RES1	RES3	RES4	RES5	RES6	Madeira	Alvenaria
1	3.857	3.753	74	0	0	30	39	3.818
2	589	582	6	0	0	1	1	588
3	4.433	3.516	861	0	5	51	81	4.352
4	86	60	24	0	0	2	3	83
5	5.638	5.017	572	15	0	34	61	5.577
6	3.733	3.339	394	0	0	0	0	3.733
7	2.724	2.607	104	0	13	0	21	2.703
8	2.190	1.926	261	0	0	3	3	2.187
9	1.404	1.130	271	0	0	3	5	1.399
10	215	79	135	0	0	1	1	214
11	2.943	901	2.015	0	0	27	33	2.910
12	419	276	137	0	0	6	11	408
13	492	272	183	29	0	8	41	451
14	4.145	2.198	1.916	8	0	23	36	4.109
TOTAL	32.868	25.656	6.953	52	18	189	336	32.532

Figura 10.5. População estimada em edificações residências durante horário noturno (02:00).

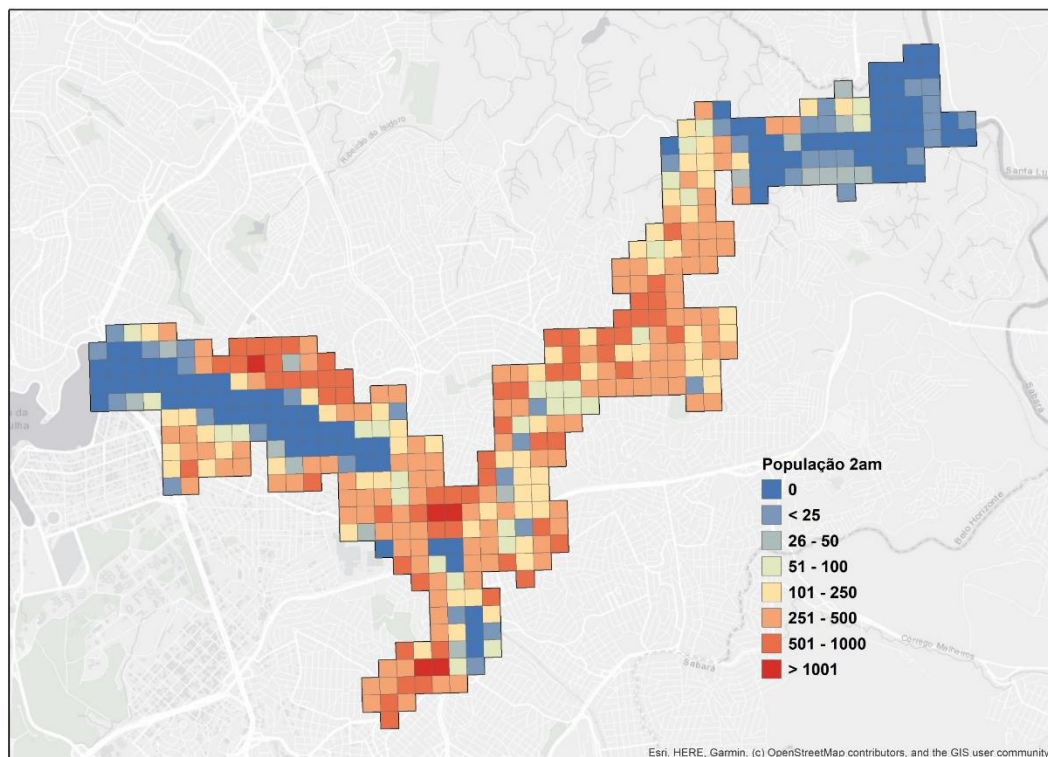


Figura 10.6. População estimada em edificações residências durante horário diurno (14:00).

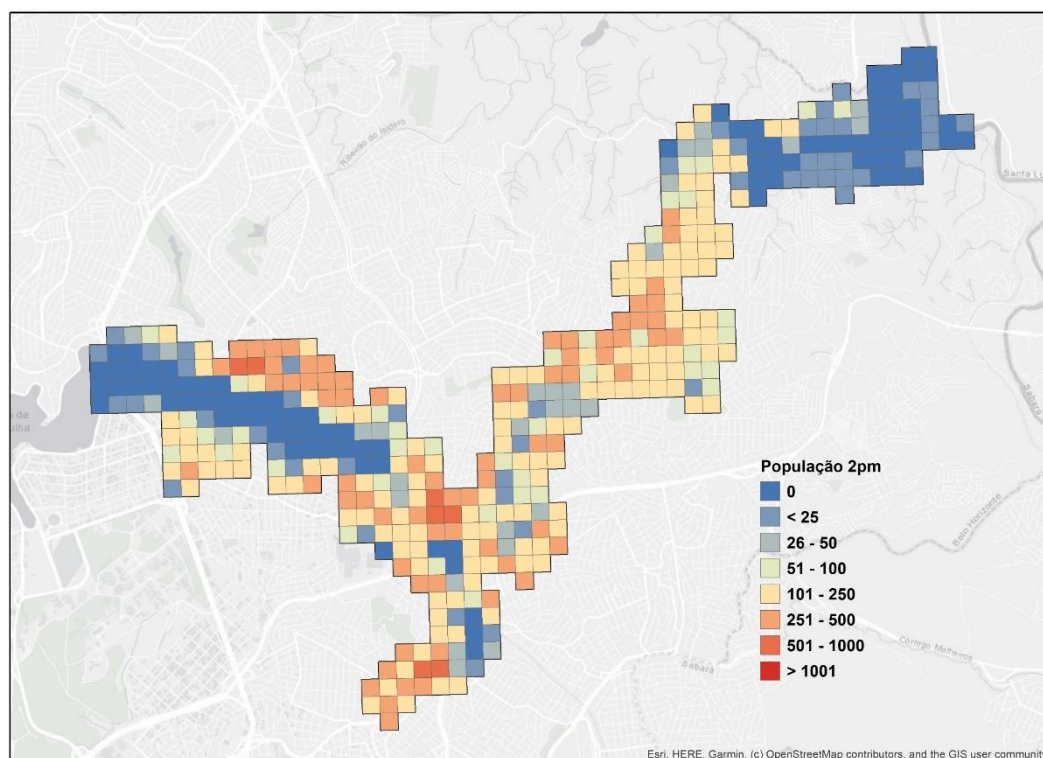


Tabela 10.2. População na área de interesse em números absolutos em função da faixa etária e horário do dia

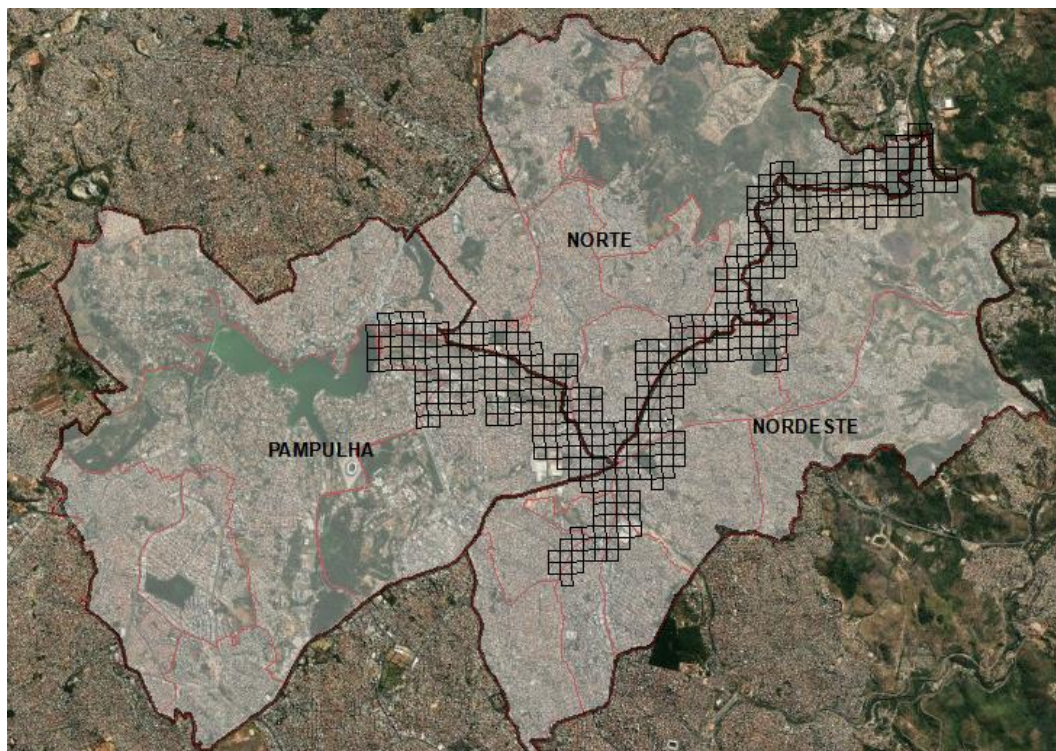
Área de ponderação	População na região de interesse	Número absoluto de pessoas					
		Em casa à noite			Em casa à tarde		
		Geral	<65anos	>65anos	Geral	<65anos	>65anos
1	13.557	13.352	12.709	643	7.480	6.869	611
2	1.982	1958	1.834	124	1.030	914	116
3	14.802	14.661	13.615	1.046	7.973	6.987	986
4	284	280	251	29	143	118	25
5	18.683	18.410	16.888	1.522	9.652	8.227	1.425
6	12.572	12.468	11.675	793	6.230	5.491	739
7	8.943	8.833	8.402	431	4.392	4.018	374
8	7.339	7.220	6.600	620	3.886	3.316	570
9	4.191	4.155	3.765	390	2.331	1.981	350
10	643	624	558	66	297	242	55
11	8.359	8.228	7.432	796	4.086	3.353	733
12	1.319	1.302	1.205	97	637	553	84
13	1.519	1.494	1.356	138	765	647	118
14	12.836	12.592	11.565	1.027	6.415	5.502	913
TOTAL	107.029	105.577	97.855	7.722	55.317	48.218	7.099

Além do levantamento feito relacionado aos domicílios, foi estimada a população de outras tipologias de construção relacionadas ao **ensino, saúde e assistência social** segundo dados da Prodabel. Em grande maioria, as zonas de abrangência desses equipamentos são menores comparadas a uma área de ponderação, porém, já foi demonstrado que a influência dessas construções extrapola essas áreas abrangência e de ponderação (Nunes & Faria, 2015)⁴. Logo, foi adotada a respectiva regional em que a construção se localiza

⁴ <http://periodicos.pucminas.br/index.php/revistaich/article/view/11033/8830>

como zona de abrangência para realização das análises subsequentes. A figura 10.7 representa o conjunto de regionais que englobam a área de interesse: Pampulha, Norte e Noroeste.

Figura 10.7. Regionais que englobam a área de interesse segundo dados da Prodabel.



Foram obtidos, por meio do Portal de Geoprocessamento da Prodabel, arquivos vetoriais com informações contendo a localização de creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS). Ao todo são 583 unidades localizadas nas regionais (figura 10.8), sendo que 84 delas se encontram no interior da área de interesse (figura 10.9). A tabela 10.3 indica o quantitativo de cada tipologia de equipamento por regional, de maneira geral, e na região de interesse.

Tabela 10.3. Número de equipamentos nas regionais e na área de interesse do estudo segundo dados da Prodabel

Categoria	Equipamento	Regional					
		Nordeste		Norte		Pampulha	
		Total	Região de interesse	Total	Região de interesse	Total	Região de interesse
Ensino	Creche	19	1	19	8	21	2
	Infantil	24	3	20	4	16	0
	Fundamental	27	2	20	4	14	0
	Estadual	29	5	17	6	19	3
	Particular	54	12	43	4	112	7
	Superior	12	9	3	0	40	1
Saúde	Centro de saúde	21	1	20	5	15	2
	UPA	1	1	1	1	1	0
Assistência social	CRAS	3	0	5	1	4	0
	CREAS	1	0	1	1	1	1
TOTAL		191	34	149	34	243	16

Figura 10.8. Distribuição espacial das de creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS) nas regionais e área de interesse, segundo dados da Prodabel.

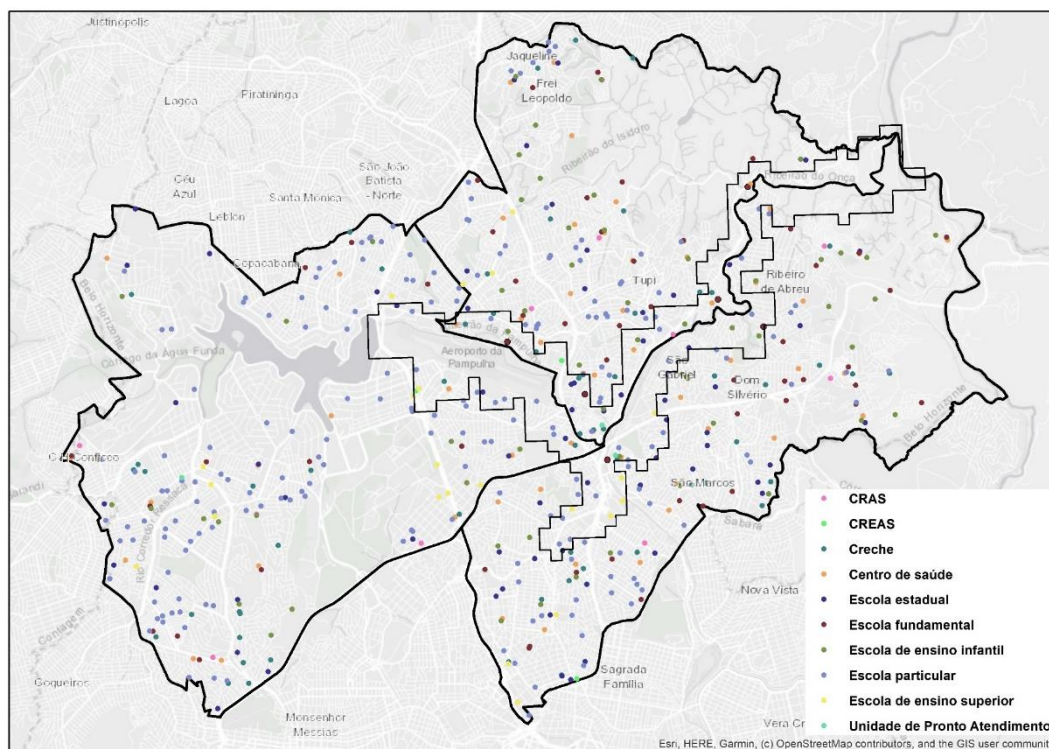
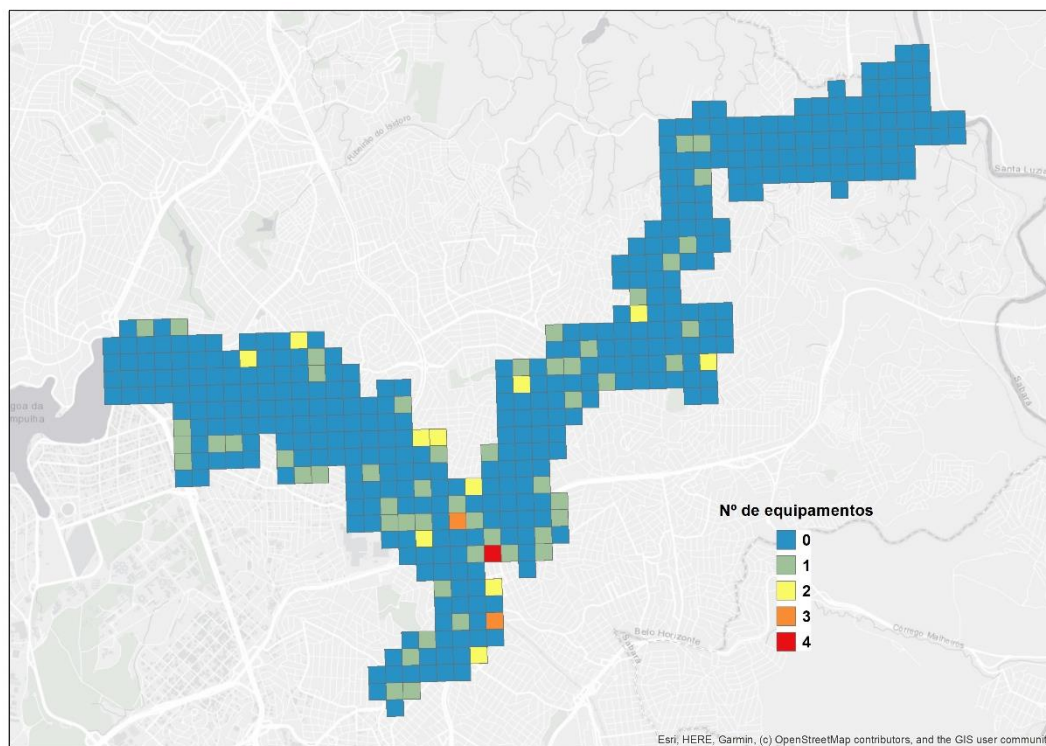


Figura 10.9. Número de edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), na área de interesse, segundo dados da Prodabel.



A população estimada nesses tipos de edifício em horário noturno (02:00), 703 pessoas, e em horário diurno (14:00), 18.231 pessoas estão distribuídas na área de interesse conforme as figuras 10.10 e 10.11 e a tabela 10.4.

Figura 10.10. Número de pessoas em edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), durante horário noturno (02:00).

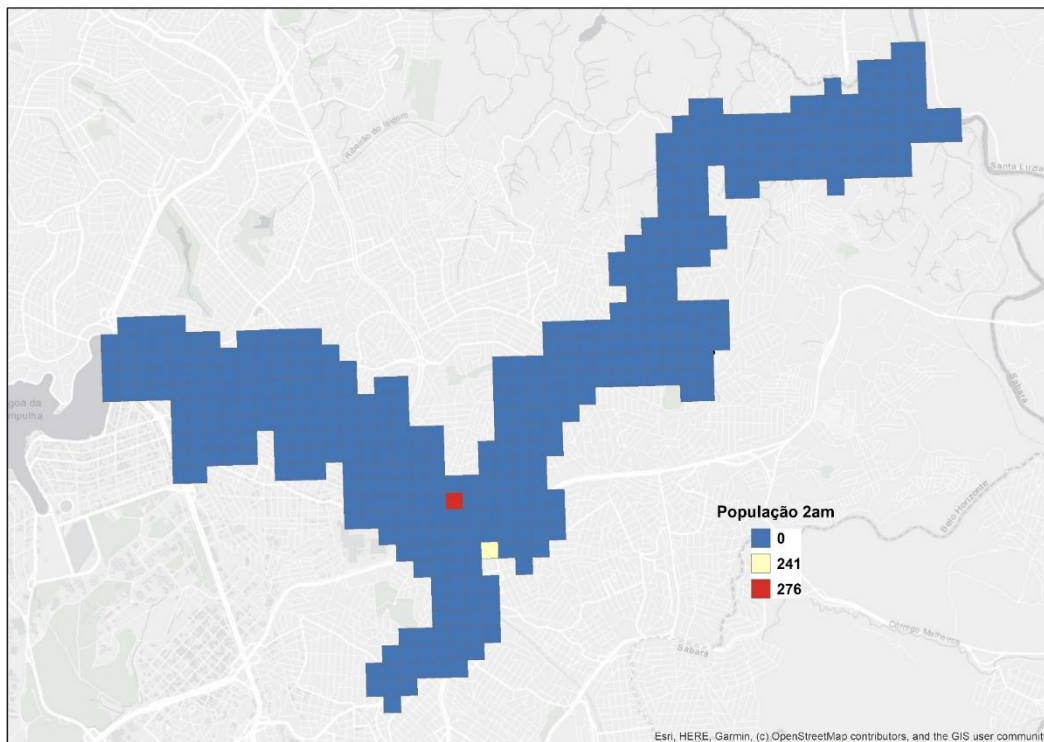


Figura 10.11. Número de pessoas em edifícios dos tipos creches, escolas (infantil, fundamental, estadual, particular e superior), centros de saúde, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência de Assistência Social (CREAS), durante horário diurno (14:00).

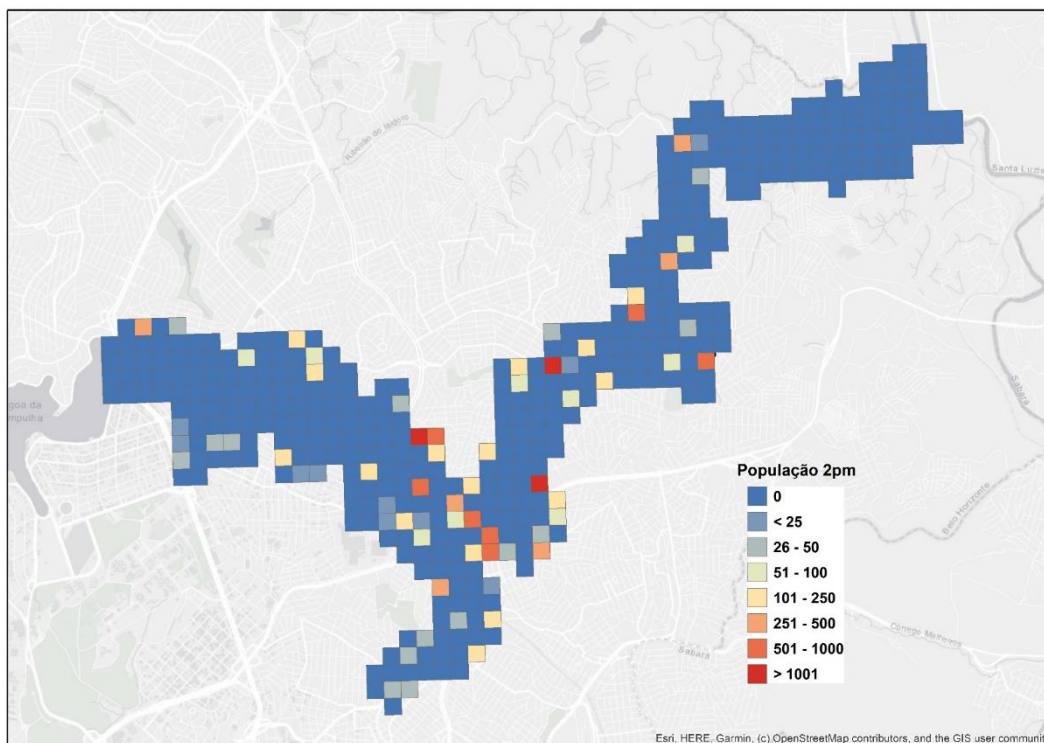


Tabela 10.4. Resultado das análises de distribuição de populações na regional e área de interesse por tipo de equipamento.

Regional			Equipamento					Regional	
			Creche	Infantil	Fundamental/ Estadual	Particular	Superior	Saúde	Assistência Social
Nordeste	Regional	População	2.725	4.852	15.448	7.083	3.176	3.158	3.158
		<65 anos	2.725	4.818	15.245	7.083	3.138	3.120	3.120
		>65 anos	0	34	203	0	38	38	38
	Região de interesse	População	352	422	2.114	1.211	2.957	853	853
		<65 anos	352	419	2.086	1.211	2.922	843	843
		>65 anos	0	3	28	0	35	10	10
Norte	Regional	População	2.151	4.007	12.993	5.558	1.074	2.249	2.249
		<65 anos	2.151	4.007	12.838	5.558	1.064	2.228	2.228
		>65 anos	0	0	155	0	10	21	21
	Região de interesse	População	1.315	1.012	3.064	1.939	0	1.034	1.034
		<65 anos	1.315	1.012	3.027	1.939	0	1.024	1.024
		>65 anos	0	0	37	0	0	10	10
Pampulha	Regional	População	1.537	2.443	10.138	10.707	4.139	2.046	2.046
		<65 anos	1.537	2.443	10.035	10.707	4.119	1.908	1.908
		>65 anos	0	0	103	0	20	138	138
	Região de interesse	População	220	0	1.163	460	6	644	644
		<65 anos	220	0	1.151	460	6	600	600
		>65 anos	0	0	12	0	0	44	44
Total	Regionais	População	6.413	11.302	38.579	23.348	8.389	7.453	7.453
		<65 anos	6.413	11.268	38.118	23.348	8.321	7.256	7.256
		>65 anos	0	34	461	0	68	197	197
	Região de interesse	População	1.887	1.434	6.341	3.610	2.963	2.531	2.531
		<65 anos	1.887	1.431	6.265	3.610	2.928	2.467	2.467
		>65 anos	0	3	76	0	35	64	64

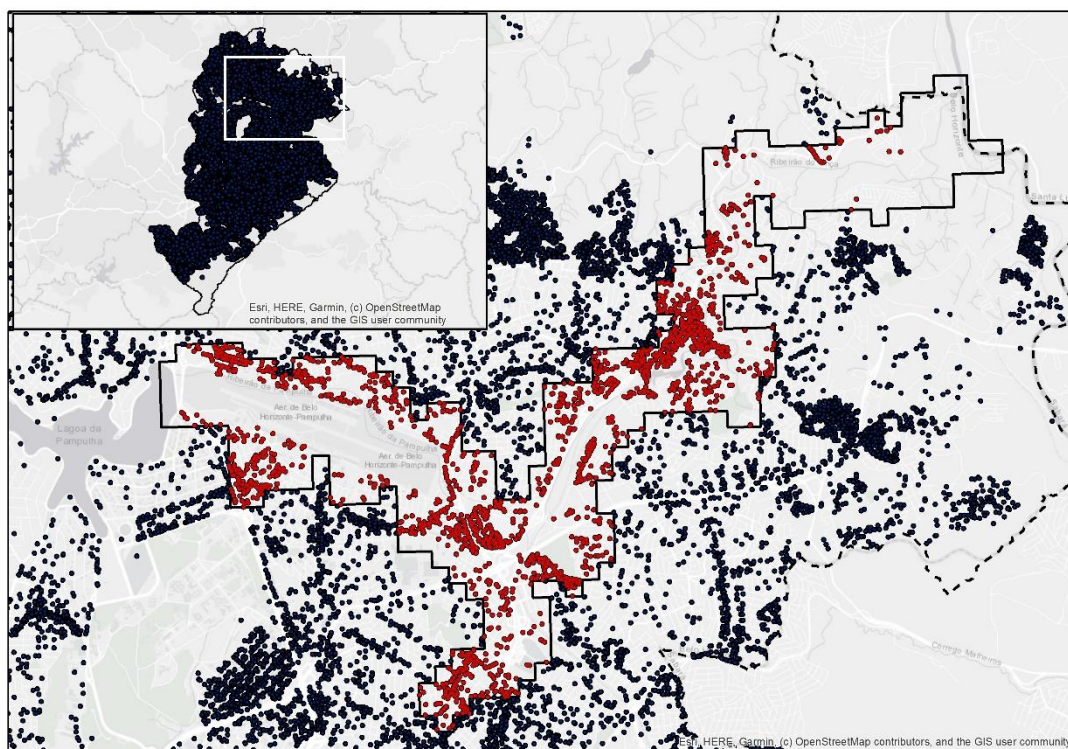
O levantamento de **populações relacionadas a atividades econômicas** foi realizado com base nos dados vetoriais da PRODABEL que dispõe de informações sobre atividades econômicas existentes em Belo Horizonte. Esses dados informam a localização da atividade, o tipo de atividade, a área utilizada, porte da empresa, data de início, natureza jurídica, razão social e CNPJ.

A primeira etapa de análise consistiu na seleção dos tipos de atividades a serem consideradas. As seguintes considerações foram feitas para se evitar redundâncias e dupla-contagem às análises já realizadas:

- Foram consideradas apenas as atividades localizadas fora de áreas exclusivamente residenciais – essa consideração permite que não seja feita dupla-contagem de população exposta, visto que na análise de domicílios já foram consideradas pessoas que trabalham em residências nessas áreas;
- Foram retiradas atividades semelhantes às já caracterizadas na análise de vulnerabilidade de construções de ensino, saúde e assistência social; e
- Foram descartadas das análises as atividades que possuíam área utilizada igual a zero, que em 99% dos casos estão relacionadas à condomínios prediais.

Com base nessa análise, foram identificadas 5.070 atividades econômicas na área de interesse. A distribuição dessas atividades encontra-se na figura 10.12.

Figura 10.12. Localização das atividades econômicas na área de interesse segundo dados da PRODABEL



As atividades econômicas foram reagrupadas em duas categorias para a área de interesse em relação às hipóteses sobre o seu funcionamento em diferentes períodos do dia. Como atividades noturnas (02:00) foram considerados: bares e estabelecimento especializados em serviços de bebidas, com entretenimento; casas de festas e eventos e discotecas e danceterias. Como atividades diurnas, foram consideradas todas as demais. Com isso, as 5.070 atividades econômicas foram divididas em 5.038 diurnas e 32 noturnas.

Em seguida, a população obtida foi distribuída de forma ponderada na área de interesse, utilizando-se como peso para a ponderação a área utilizada pela atividade econômica (disponível no arquivo vetorial da Prodabel). Para a verificação de dados e correção de valores foram utilizadas as áreas das edificações existentes em cada lote não residencial, sendo que nos casos em que existiam mais de uma atividade econômica no lote, a área total da edificação foi distribuída de maneira homogênea para todas as atividades presentes no respectivo lote. As figuras 10.13 e 10.14 contêm o número de atividades identificadas para cada grade.

Figura 10.13. Estimativa do número de atividades econômicas diurnas selecionadas na área de interesse.

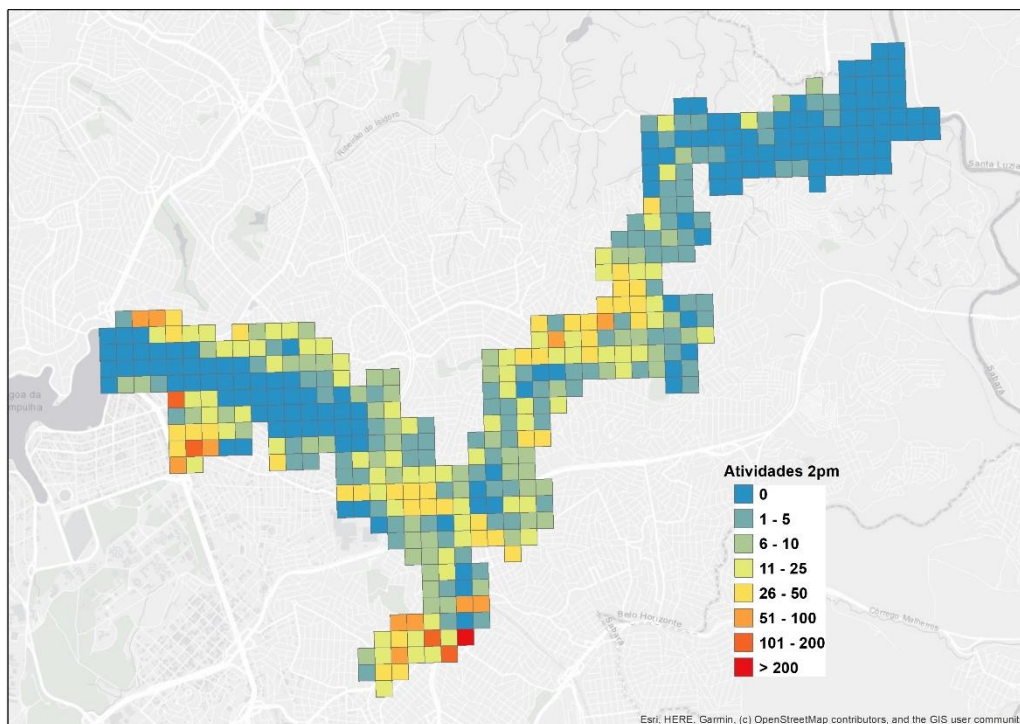
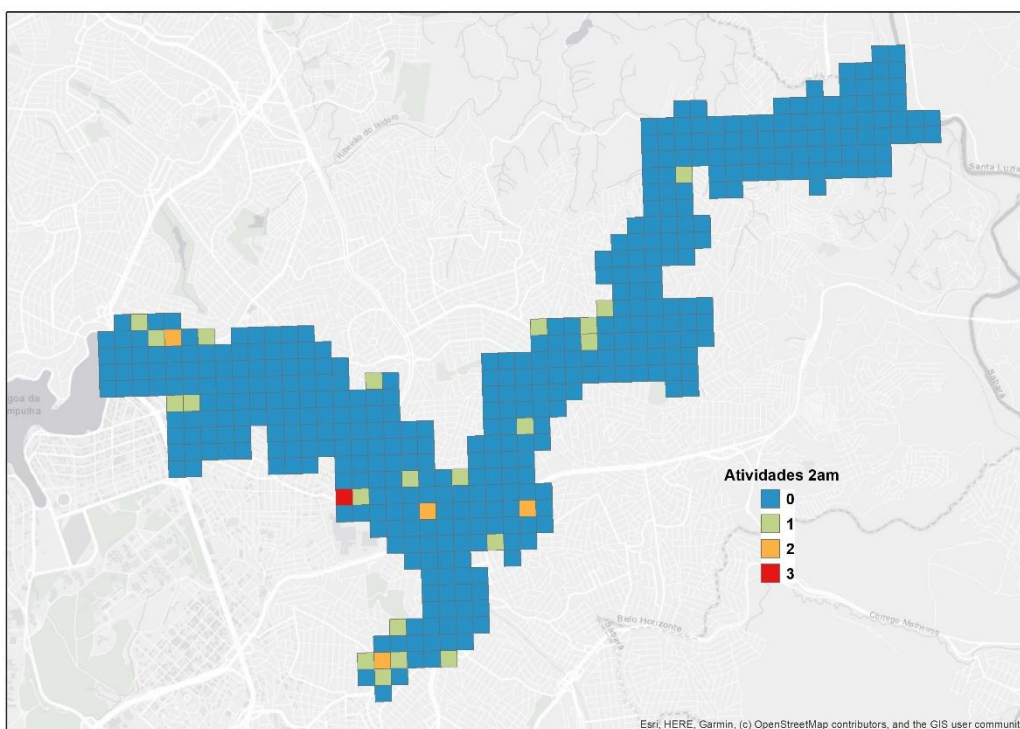


Figura 10.14. Estimativa do número de atividades econômicas noturnas selecionadas na área de interesse.



As populações desenvolvendo atividades econômicas na área de interesse encontram-se distribuídas segundo o horário diurno (14:00) (figura 10.15), horário noturno (02:00) (figura 10.16). A figura 10.17 ilustra a distribuição da população total desenvolvendo atividades econômicas na área de interesse, totalizando 28.557 pessoas, sendo 638 pessoas com mais de 65 anos..

Figura 10.15. População relacionada às atividades econômicas na área de interesse, durante horário diurno (14:00).

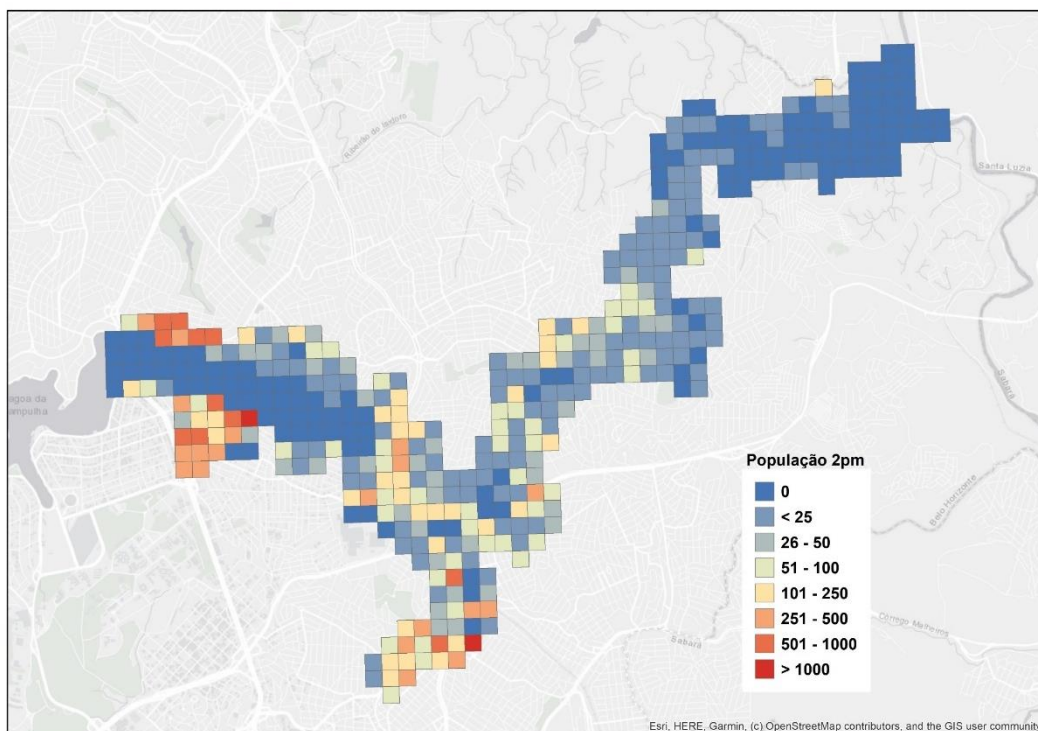


Figura 10.16. População relacionada às atividades econômicas na área de interesse, durante horário noturno (02:00).

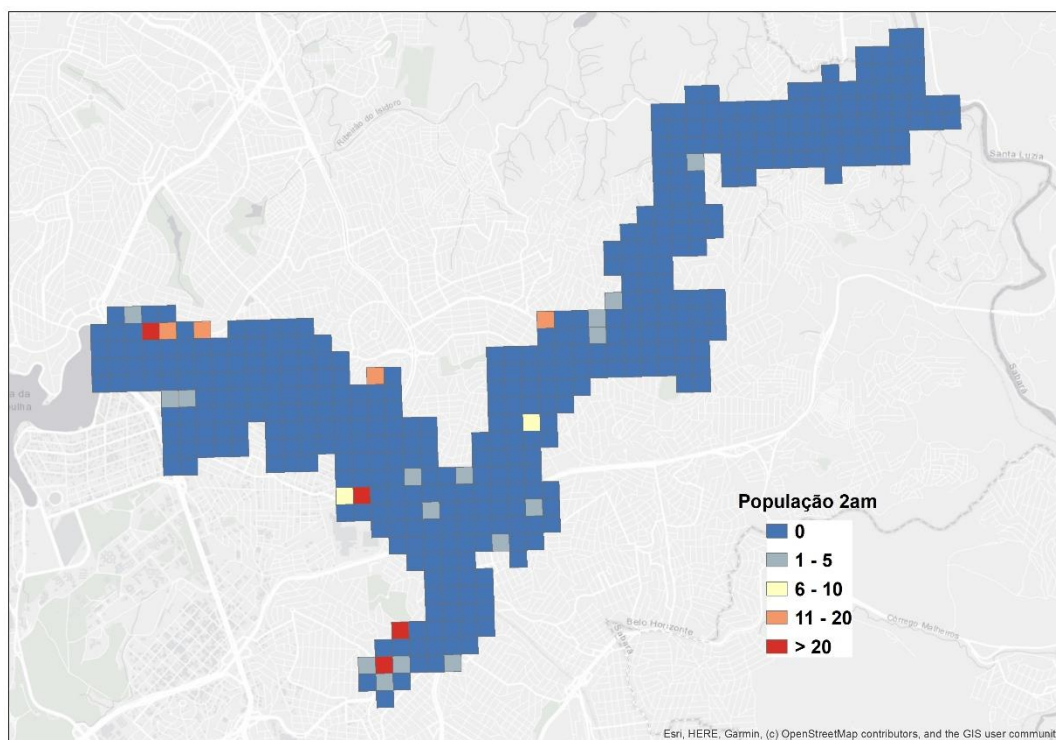
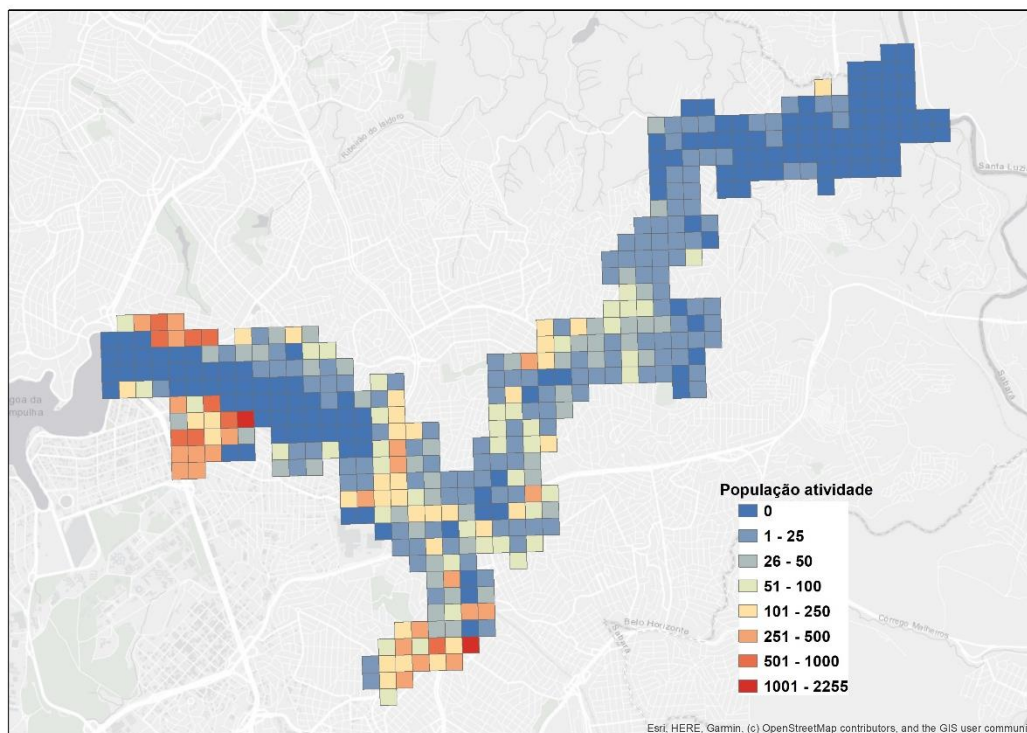


Figura 10.17. População total relacionada às atividades econômicas na área de interesse.



A avaliação de **exposição direta e de risco da população** foi realizada por meio da sobreposição dos mapas de vulnerabilidade aqui gerados com os mapas de inundação para ocorrência do evento de ruptura em dois horários distintos, sendo um noturno (02:00) e o outro diurno (14:00). Os resultados são descritos na tabela 10.5 e dispostos sob a forma de mapas nas figuras 10.18 e 10.19.

Tabela 10.5. Distribuição das populações e construções potencialmente afetadas para eventos em horário diurno (14:00) e noturno (02:00).

Tipo de ocupação	Nº de construções	População 14:00 h	População 2:00 h
Residencial	4.320	7.636	14.282
Equipamentos	10	2.112	365
Comerciais	682	6.045	28

Com base nessas análises, estima-se que uma população de 15.793 pessoas pode ser impacta diretamente por um evento de ruptura diurno, enquanto 14.675 estariam diretamente expostas para um evento com ocorrência noturna. O número total de edificações expostas se eleva a 5.000, sendo 4.320 edificações classificadas como residenciais e 692 como comerciais e outros.

11. Sistema de alerta, setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro

Para o alerta de evacuação da ZAS serão utilizados os meios de comunicação já previstos no Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte ao que serão associadas sirenes instaladas em locais estratégicos conforme aqui definidos.

Os meios de comunicação previstos no Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte são:

- Telefonia, para a comunicação com os residentes nos setores de evacuação de emergência previstos nos NAC;
- SMS, para a comunicação com os residentes nos setores de evacuação de emergência previstos nos NAC e com toda a população voluntariamente cadastrada no sistema;
- Mídias sociais: Instagram e Telegram, para comunicação com toda a população cadastrada.

As sirenes serão instaladas nos seguintes equipamentos urbanos:

- Estações e terminais de transporte público:
 - Estação de Integração São Gabriel: Linha 1 do Metrô e diversas linhas de ônibus;
 - Estação do Metrô 1º de Maio;
 - Estação Move Mineirão, avenida Antônio Carlos;
 - Estação Move Minas Shopping, avenida Cristiano Machado;
 - Estação Move Ouro Minas, avenida Cristiano Machado;
- Escolas e creches, em número de 20;
- Shopping centers, em número de 5;
- Hotéis, em número de 4;
- Supermercados, em número de 5;
- PMMG, 24ª Companhia, Bairro São Gabriel;
- Centro de Referência e Assistência Social Novo Aarão Reis;
- Abrigo São Paulo e Restaurante Popular II;
- Unidades de saúde: UPA Norte I e UPA Primeiro de Maio;
- Templos e centros comunitários a fins religiosos.

Os trechos viários principais a serem interrompidos são os seguintes:

- Avenida Antônio Carlos: entre as avenidas Santa Rosa e Portugal;
- Avenida Cristiano Machado: entre as avenidas Bernardo Vasconcelos e Saramenha;
- Anel Rodoviário de Belo Horizonte: conexões com as avenidas Antônio Carlos e Cristiano Machado;
- Avenida Risoleta Neves: entre o Terminal São Gabriel e a junção com a MG-020.
- MG-20: ao longo do vale do ribeirão da Onça.

A setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro foram estabelecidos pela SUPDEC e incorporados aos mapas produzidos no âmbito do presente estudo. A figura 11.1 ilustra essa setorização geral da área a jusante da barragem de Pampulha, com a localização dos pontos de encontro e a figura 11.2 fornece um exemplo de mapa de detalhe de um setor específico. No Adendo 1, encontram-se todos os setores e pontos de encontro definidos para a área de interesse do PAE da barragem da Pampulha. O Produto 4 (SMOBI e EHR, 2020-4) contém detalhadas simulações de eficiência do alerta com o emprego do modelo HEC LifeSim.

Figura 11.1. Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro

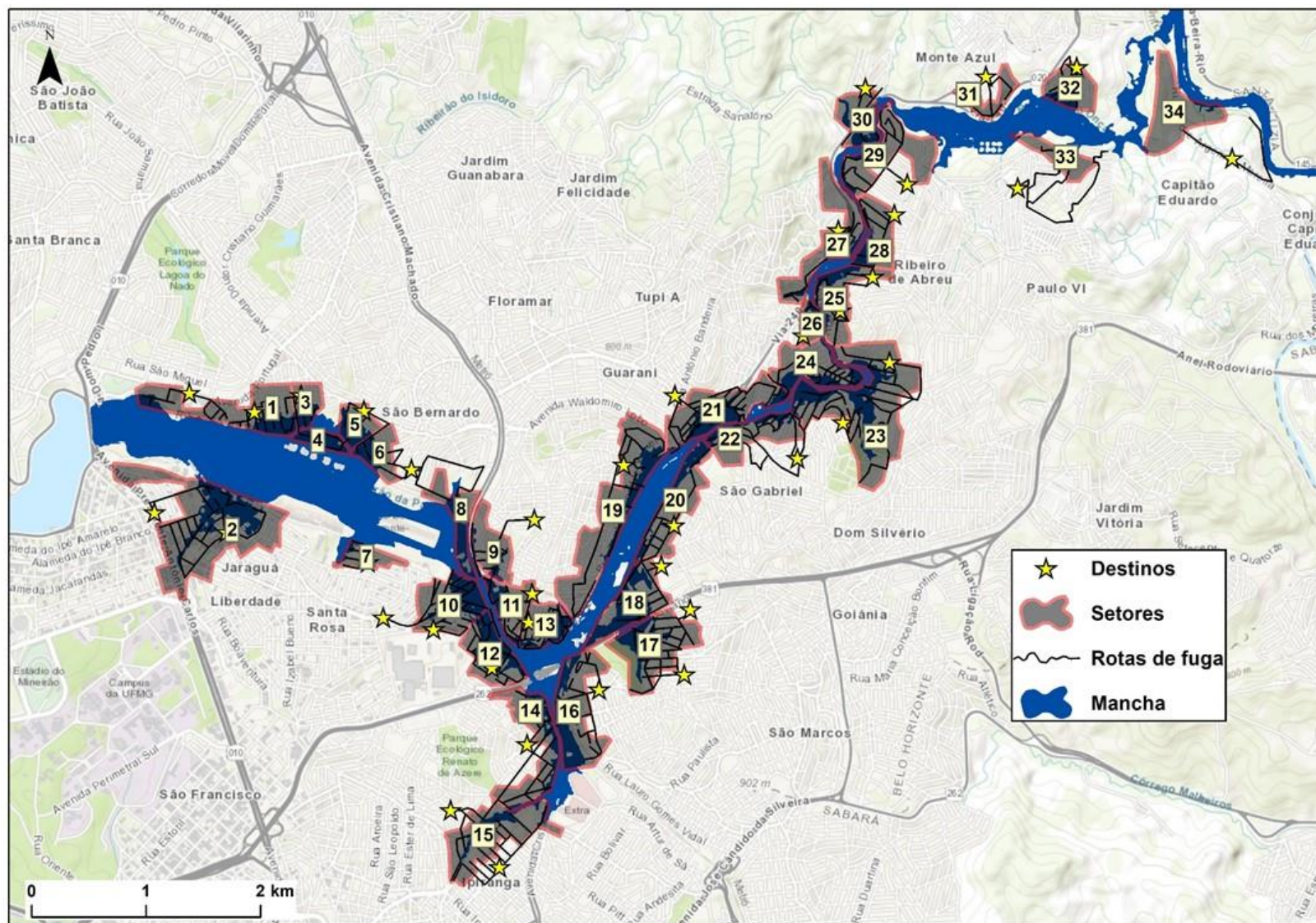
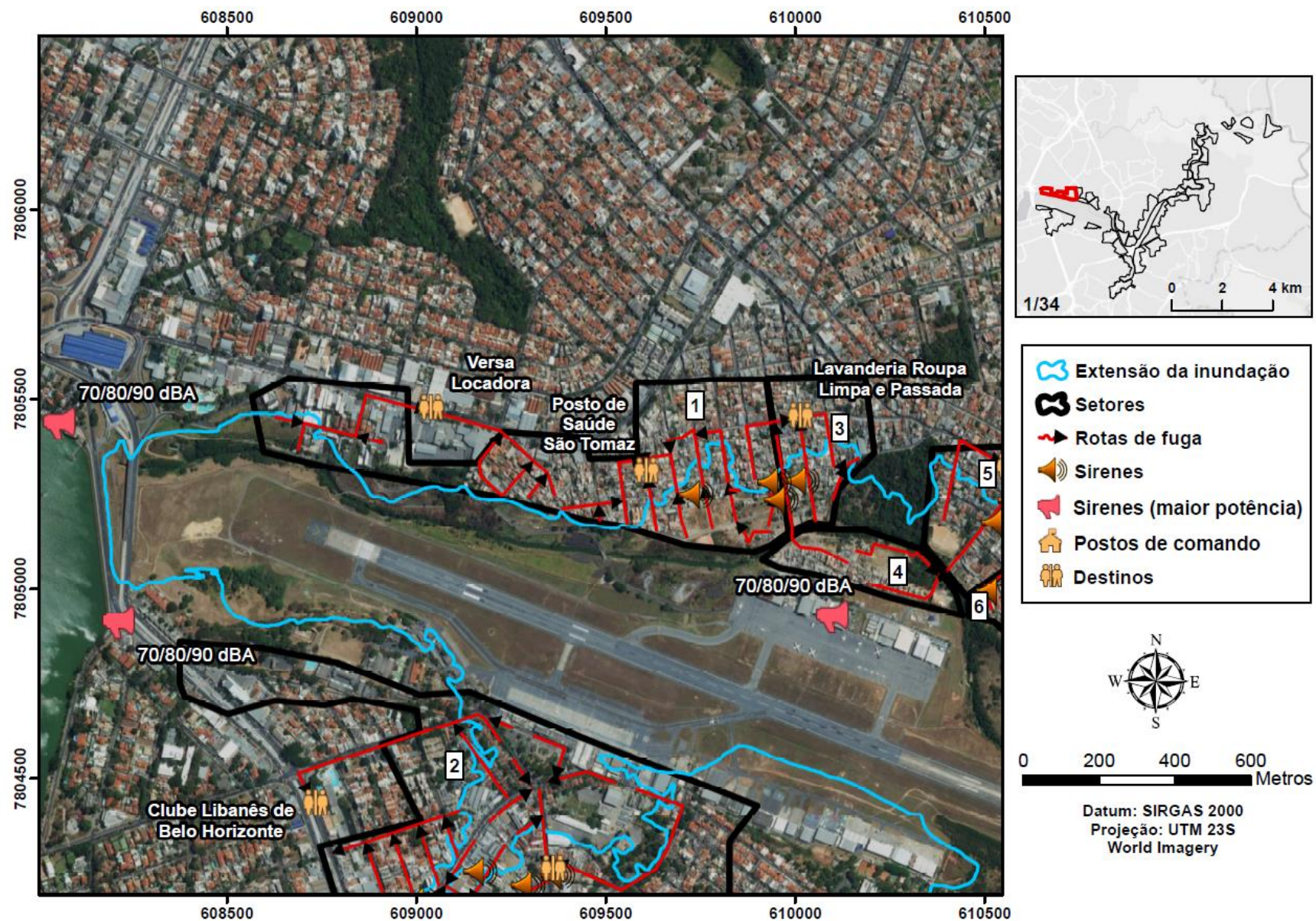
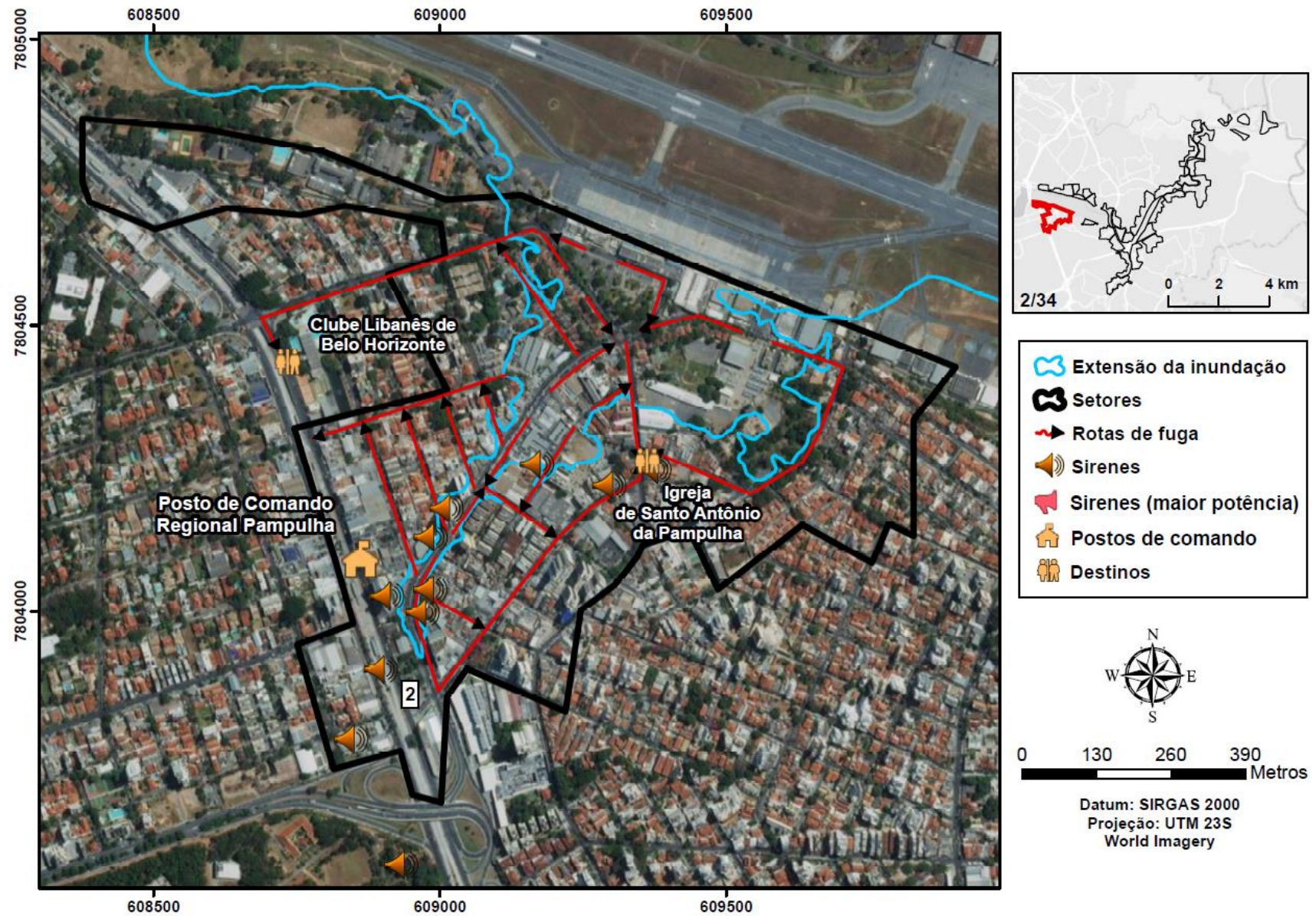
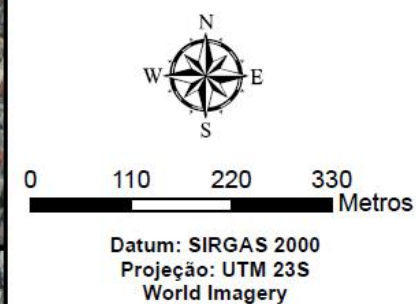
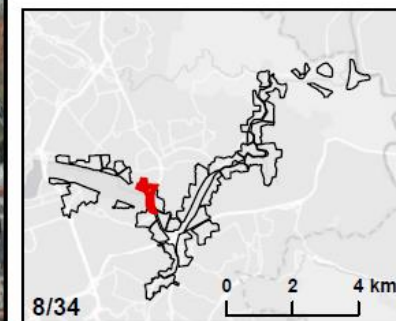
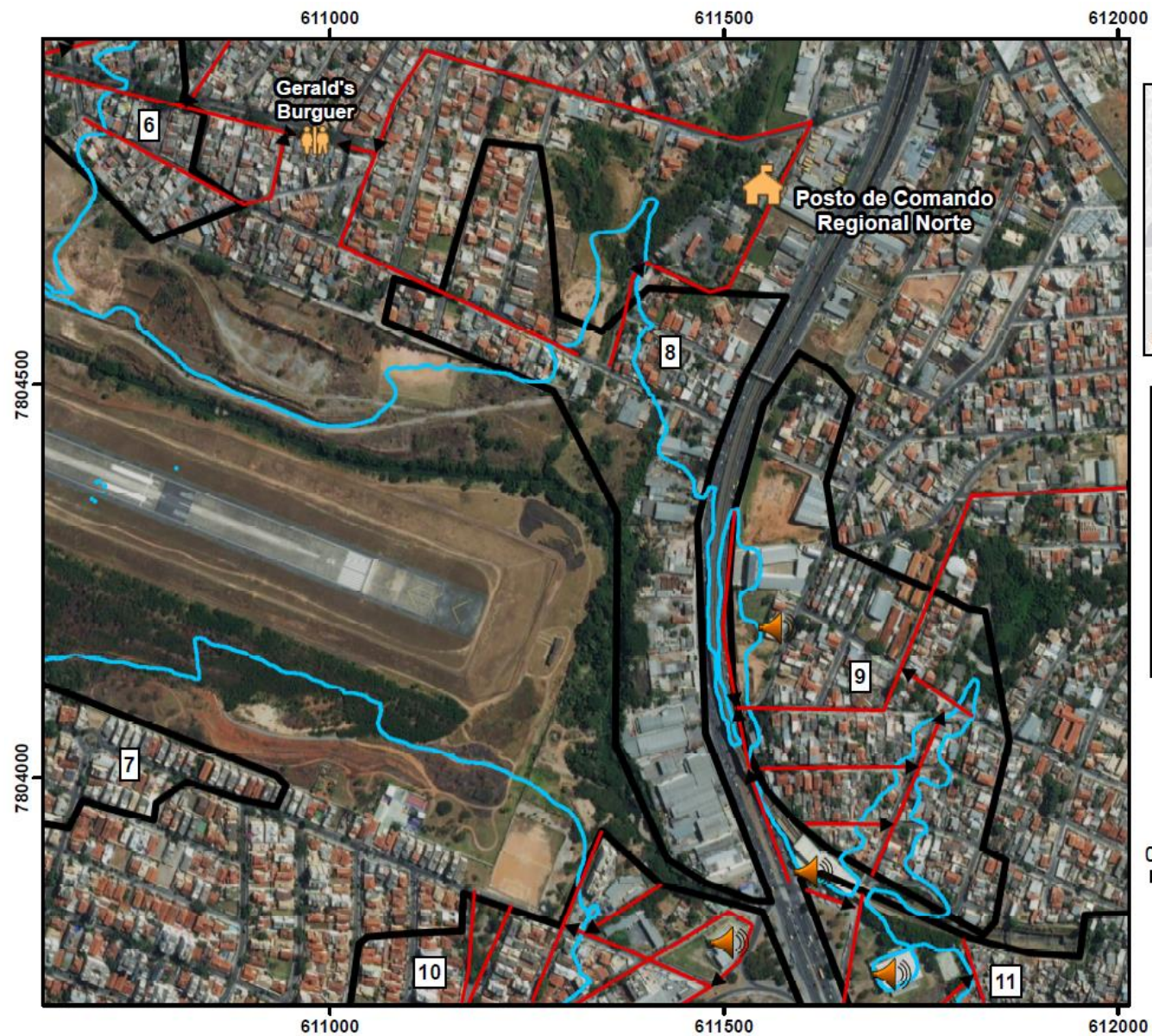


Figura 11.2. Exemplos de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro: três exemplos







11.2. Comparação das manchas de inundações para as ondas de ruptura sugeridas por Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia e o evento de TR = 10000 anos e duração 24 horas

O planejamento de ações de emergência foi realizado considerando como condição de contorno de montante para a simulação de propagação da onda de ruptura o evento proposto por Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015). Como mencionado no item 8, no âmbito do presente estudo desenvolveram-se, igualmente simulações de propagação de ondas de ruptura considerando-se os eventos pluviais de duração 14 horas e 24 horas, para o tempo de retorno 10000 anos.

A figura 11.3 mostra as duas manchas resultantes dessas simulações em um só mapa, bem como a localização dos pontos de encontro originalmente identificados. Nesse caso, a mancha é a resultante da simulação do evento pluvial de TR = 10000 anos e 24 horas de duração.

A figura 11.4 fornece um exemplo de mapa de detalhe de um setor específico igualmente considerando as duas manchas.

Os resultados obtidos com as duas simulações mostram que embora, obviamente, a mancha resultante do cenário do evento pluvial de TR = 10000 anos e 24 horas de duração seja maior em área do que a resultante do evento proposto por Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia (2015), ela encontra-se contida na zona de buffer prevista para a setorização de alerta e evacuação. Apenas três pontos de encontro, entre todos os previamente selecionados, seriam inadequados para o cenário de TR = 10000 anos; para esses casos, uma proposta de substituição por outros pontos de encontro não afetados foi elaborada, conforme Adendo 1.

Figura 11.3. Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro (Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia, 2015) e evento de TR = 10000 anos e duração 24 horas)

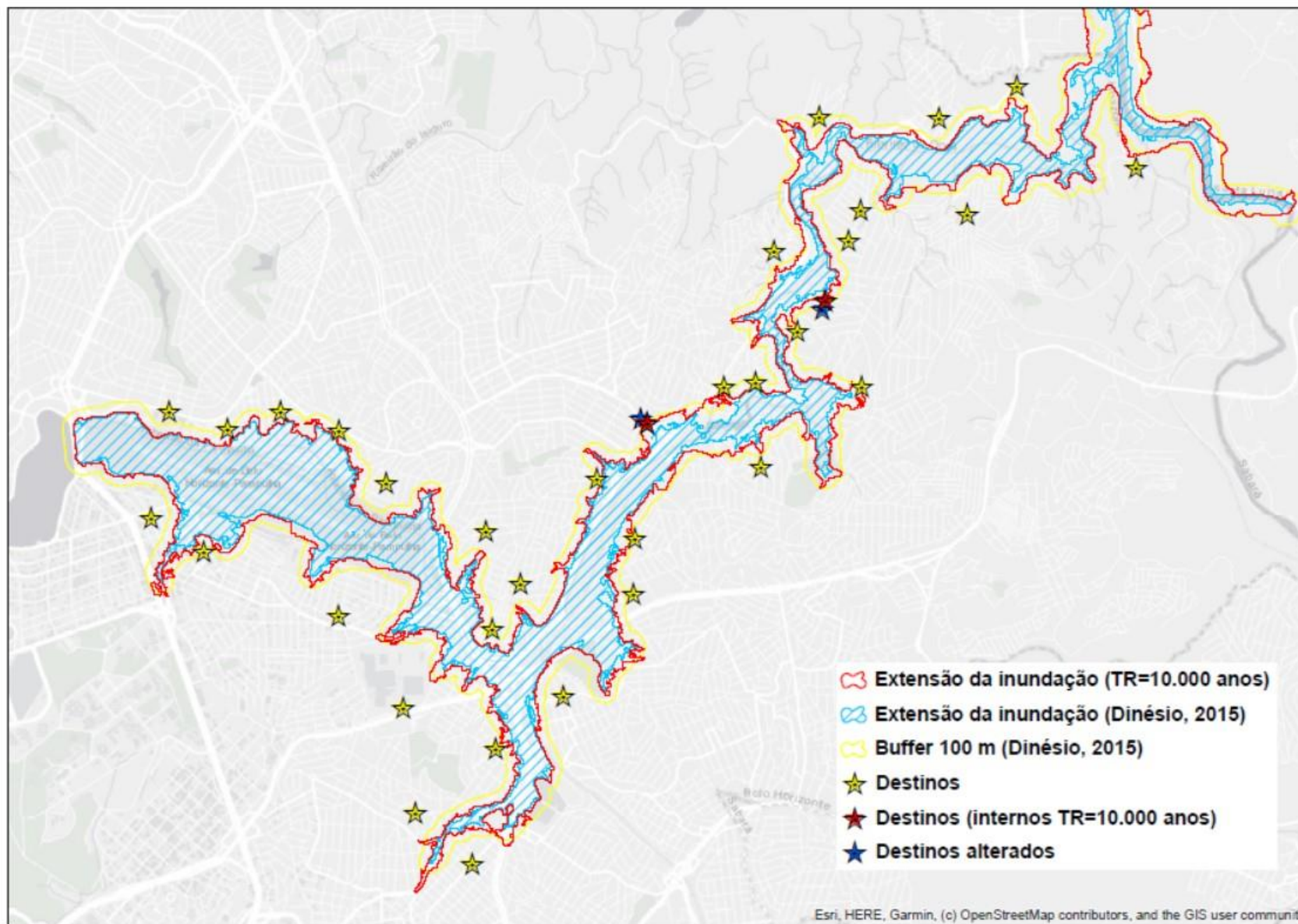
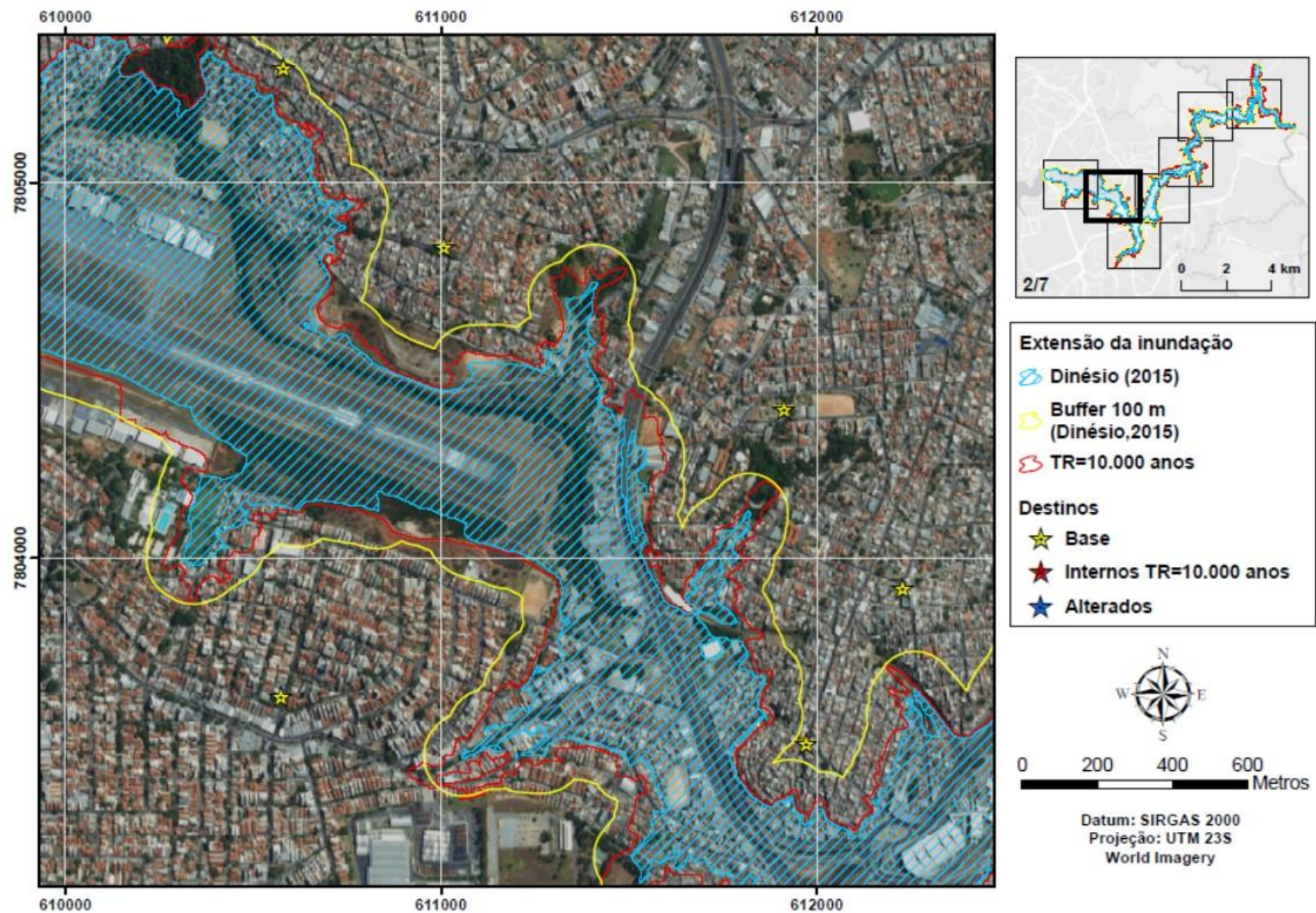


Figura 11.4. Exemplo de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro (Dinésio Franco Engenharia/Geotecnia, 2015) e evento de TR = 10000 anos e duração 24 horas)



12. Plano de Treinamento do Plano de Ação de Emergência

O Plano de Treinamento do PAE da Barragem da Pampulha concerne sete grupos:

- A. Os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI);
- B. Núcleos de Alerta de Chuvas (NAC), no âmbito do Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte;
- C. Instituições educacionais localizadas na ZAS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- D. Unidades de saúde e de assistência social localizadas na ZAS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- E. Templos religiosos localizados na ZAS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- F. Centros comerciais localizados na ZAS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- G. Funcionários regulares de estações e terminais de grande fluxo de pessoas localizados na ZAS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação.

O treinamento busca atingir objetivos gerais distintos, ainda que complementares, podendo variar entre os grupos, como segue:

- I. **Treinamento I:** Informar sobre os riscos de inundação a jusante da barragem da Pampulha, tendo origem em eventos pluviais, e sobre as ações de previsão e alerta previstas no âmbito do Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte.
- II. **Treinamento II:** Informar sobre a barragem da Pampulha, seu sistema de monitoramento, os riscos de ruptura, as áreas potencialmente atingidas, os meios de alerta e os principais componentes do PAE.
- III. **Treinamento III:** Simular a ocorrência de situações de emergência de Níveis de Resposta 1 a 3 (Amarelo, Laranja e Vermelho) e as implantação dos fluxogramas de resposta destinada apenas aos GID e GAI, não envolvendo treinamento de evacuação ou envolvimento de residentes nas áreas de risco.
- IV. **Treinamento IV:** Simular a evacuação da ZAS para os Níveis de Resposta 2 e 3 (Laranja e Vermelho) endereçado a grupos escolhidos entre os A a G listados.

O I é, de fato, parte do treinamento específico ao Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte. Como partes das áreas que potencialmente poderiam ser atingidas pela onda de ruptura da barragem da Pampulha são também áreas de risco de inundação, há uma integração importante entre o Plano de Contingência e o PAE da barragem da Pampulha. Com isso, é possível beneficiar-se de toda a estrutura e dos procedimentos de previsão e alerta de inundações da Prefeitura de Belo Horizonte bem como da organização dos NACs, comunicação, rotas de fuga, pontos de encontro, abrigos e outros meios de resposta.

O Treinamento II tem como principal meta informar sobre a barragem da Pampulha, as ações de segurança segundo o PSB da Pampulha, os riscos associados à barragem e a sua operação, o conceito de PAE e as ações de resposta. Esse treinamento visa, por um lado, assegurar que o risco oferecido pela barragem é baixo e que ela se encontra em condições de segurança adequadas, que há um monitoramento contínuo das potenciais situações de emergência, e que, em eventuais situações de emergência, há um plano que estabelece as responsabilidades e as respostas de controle e de retorno às condições de normalidade.

O III constitui-se em um treinamento interno à Prefeitura de Belo Horizonte, dos Grupos de Intervenção Direta e de Apoio Interno, podendo-se, igualmente, informar e mobilizar o Grupo de Apoio Externo. Esse treinamento visa:

- Informar, com o requerido nível de detalhes, às instituições que compõem o GID e o GAI sobre suas responsabilidades, ações e respostas esperadas segundo o nível de resposta às situações de emergência descritas no PAE da barragem da Pampulha.

- Simular os processos de tomada de decisão e implantação de respostas com vistas a avaliar:
 - A capacidade do GID e do GAI em utilizar as informações oriundas do monitoramento da barragem da Pampulha e de tomar as decisões adequadas em conformidade com as situações de emergência;
 - A capacidade de comunicação e de coordenação de ações entre as instituições do GID e do GAI, bom como com instituições do GAE;
 - A capacidade e a eficiência em mobilização de equipes e de equipamentos para implantar as ações de resposta em conformidade com o estabelecido no PAE;
 - O tempo efetivamente gasto em cada etapa de tomada de decisão e de implementação de ações de resposta;
 - A capacidade do GID de avaliar a evolução das situações de emergência, por meio de monitoramento da barragem e do reservatório da Pampulha, e de tomar as decisões adequadas em conformidade com o PSB e o PAE;
 - A qualidade do monitoramento e a capacidade do GID em detalhar falhas e erros de monitoramento e de adotar as ações corretivas em conformidade com o PSB e o PAE.

Embora o Treinamento III seja interno, poderá, a critério do Coordenador do PAE, do Empreendedor e dos demais membros do GID, envolver os representantes dos NACs na área potencialmente atingida pela mancha de inundação decorrente da ruptura da barragem da Pampulha, porém, sem envolver os demais residentes, empresas e organizações que compõem essa área.

O Treinamento IV tem por principais focos:

- Simular a capacidade e a eficiência do alerta de evacuação da ZAS sob os seguintes aspectos:
 - Tempo requerido, entre a ordem de evacuação da ZAS dada pelo Coordenador do PAE e a emissão do alerta;
 - Tempo requerido, entre a emissão do alerta e sua recepção pelos representantes dos NACS e instituições escolhidas (escolas, hospitais e outras unidades de saúde, terminais de transporte, grandes equipamentos urbanos de comércio e serviços, templos);
 - Tempo de resposta dos representantes dos NACs e instituições escolhidas entre a recepção do alerta e o início da evacuação;
 - Tempo requerido entre o início da evacuação e o efetivo abandono das áreas de risco;
 - Tempo requerido entre a emissão do alerta de evacuação e o bloqueio de vias;
 - Qualidade e eficiência de comunicação entre o GID, o GAI, os NACs e as instituições escolhidas para receber o alerta;
 - Qualidade e eficiência da informação visual indicando as rotas de fuga e os pontos de encontro;
 - Desobstrução e eficiência de funcionamento das rotas de fuga.

Considerando-se a densa ocupação da ZAS, a presença de três eixos viários conectando o município à RMBH, aos aeroportos da Pampulha e de Confins e à rede de vias interestaduais, e as atividades comerciais e de serviços nessa área, não é viável realizar um simulado de evacuação envolvendo, simultaneamente, todos os setores concernidos. O Treinamento IV deve ser implantado, portanto, escolhendo-se um ou dois setores de alerta e evacuação, e instituições tais como escolas e grandes equipamentos urbanos situados nesses setores para treinamento.

O quadro 12.1 elenca as modalidades e os meios de treinamento por tipo de treinamento.

Quadro 12.1. Plano de Treinamento do PAE da Barragem da Pampulha: objetivos, modalidades e meios

Objetivos do Treinamentos	Grupos	Modalidades de Treinamento	Material básico
I	Todos	Seminários, podendo também incluir visitas técnicas para os Grupos A, B e C	Apresentações do tipo power point, mapas, brochuras
II	Todos	Seminários, podendo também incluir visitas técnicas para os Grupos A, B e C	Apresentações do tipo power point, mapas, brochuras
III	A	Simulação interna de situações de emergência	PAE da barragem da Pampulha, desenhos da barragem (vertedores, galerias, comportas, bacias de dissipação, instrumentação da barragem, saídas de drenos, ...), mapas da mancha de inundação, ZAS, rotas de fuga, pontos de encontro, contatos do NAC. Cronômetros, planilhas, câmeras fotográficas e de vídeo.
IV	Todos, porém com mobilização de um ou dois grupos por treinamento	Simulação externa de evacuação da ZAS	PAE da barragem da Pampulha, desenhos da barragem (vertedores, galerias, comportas, bacias de dissipação, instrumentação da barragem, saídas de drenos, ...), mapas da mancha de inundação, ZAS, rotas de fuga, pontos de encontro, contatos do NAC. Cronômetros, planilhas, câmeras fotográficas e de vídeo.

13. Meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência em potencial

Os serviços de manutenção e conservação executados na Barragem da Pampulha, bem como no entorno, são de responsabilidade da SUDECAP. De forma simplificada, esses serviços são executados por empresas contratadas pela PBH que dispõe minimamente dos seguintes meios e recursos:

- 01 Balsa e 01 Barco para coleta de resíduos do espelho d'água;
- 01 Báscula para transporte de resíduos coletados no espelho d'água;
- 02 retroescavadeiras;
- 02 motores de popa;
- 03 caminhões basculante e/ou carroceria;
- 01 Kombi para transporte de pessoal;
- 30 encarregados para roçada, limpeza, carregamento e manutenção de infraestrutura;
- Material de construção (brita, areia, cimento, aço etc.), madeira para fôrma etc.

Esses serviços são fiscalizados pela Gerência de Manutenção de Bacias de Controle de Cheias e Barragens (3277-8142), Gerência de Manutenção de Infraestrutura da SUDECAP (3277-5014) e Gerência Regional de Manutenção Pampulha (3277-3095).

Além disso, outros recursos para sinalização e desvio de trânsito são disponíveis na Gerência de Ação Regional Noroeste-Pampulha da BHTrans (Tel: 3246-8074).

14. Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação

No presente item ilustram-se os modelos de formulários para:

- Declaração de Início de Situação de Emergência
- Formulário de Registro de Situações de Emergência
- Declaração de Encerramento de Emergência

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE UMA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE

BARRAGEM DA PAMPULHA DECLARAÇÃO DE EMERGÊNCIA

SITUAÇÃO NÍVEL ____

Eu, _____ (nome e cargo) _____, na condição de **Coordenador do PAE da Barragem da Pampulha** e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência para a Barragem da Pampulha, cuja situação é de Nível ____, a partir das __ horas do dia ____ / ____ / _____, em função da ocorrência de _____

Pessoa de Contato: _____

Telefone: _____.

Belo Horizonte, ____ de _____ de _____.

(nome / assinatura)

COORDENADOR DO PAE

RG n.: _____

FORMULÁRIO DE REGISTRO DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

BARRAGEM DA PAMPULHA

BELO HORIZONTE, MG

Data da ocorrência: ____/____/____

Horário da ocorrência: ____ : ____

Condições climáticas locais: _____

Descrição geral da situação de emergência:

Área(s) da barragem afetada(s):

Extensão dos danos na barragem:

Possível(is) causa(s): _____

Efeito(s) na operação da barragem: _____

Elevação inicial do reservatório: _____ Hora: ____ : ____

Elevação máxima do reservatório: _____ Hora: ____ : ____

Elevação final do reservatório: _____ Hora: ____ : ____

Descrição da área inundada a jusante (danos / lesões / perdas de vida):

Outros dados e comentários:

Nome e número de telefone de quem preencheu este formulário:

Relatório elaborado por: _____ Data: ____/____/____

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

Empreendedor: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE

Nome da Barragem: BARRAGEM DA PAMPULHA

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Classificação da barragem:

Município/UF: BELO HORIZONTE

Data da última inspeção que atestou o encerramento da emergência:

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao IGAM, que a situação de emergência iniciada em ____/____/____ foi encerrada em ____/____/____, em consonância com a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 e com a Portaria IGAM N° 02, de 26 de fevereiro de 2019.

Belo Horizonte, ____ de _____ de ____

.....

Nome completo do representante legal do empreendedor

CPF

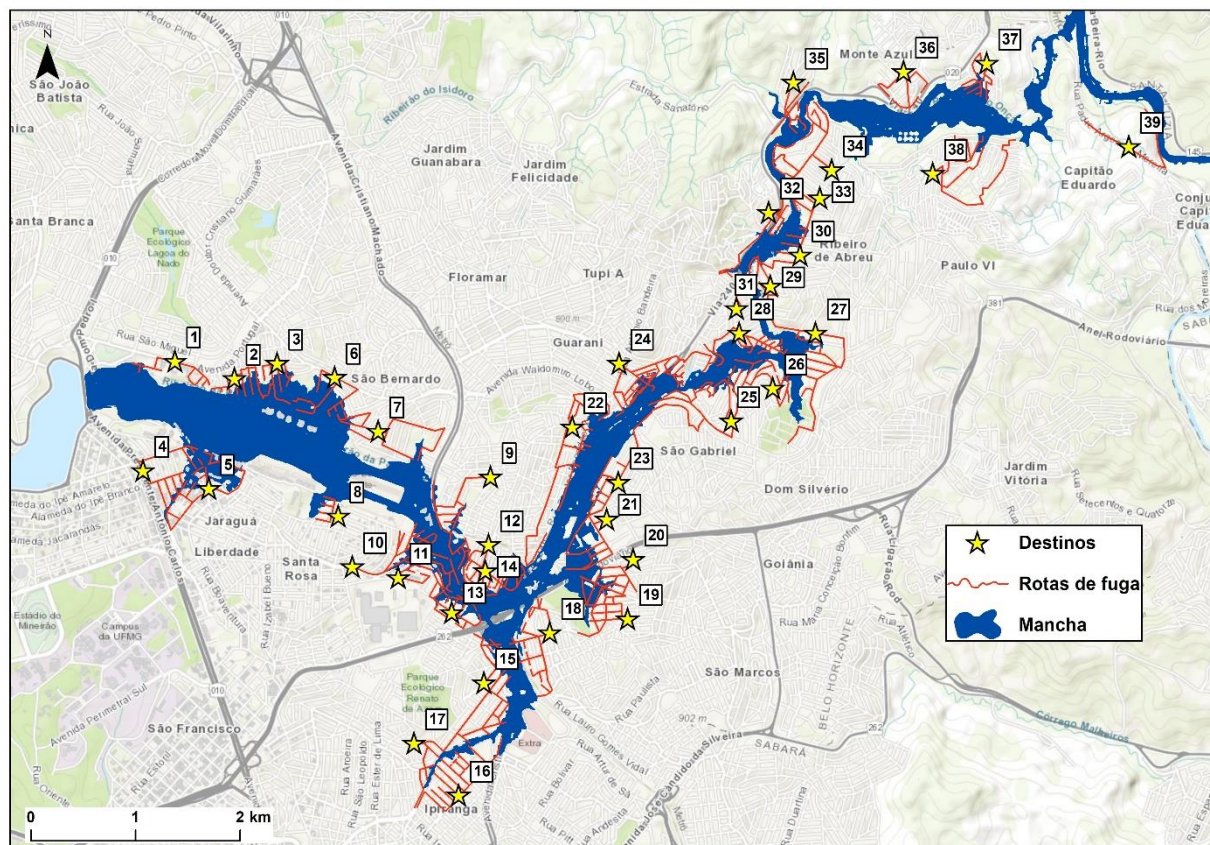
15. Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do Plano de Ação de Emergência – PAE com os respectivos protocolos de recebimento

As instituições que receberam cópia deste PAE da barragem da Pampulha, com respectivo número de protocolo de recebimento, encontram-se listados no quadro 15.1.

Quadro 15.1. Instituições que receberam cópia do PAE da Barragem da Pampulha

i	Instituição	N. de Protocolo	Data
	PBH: Gabinete do Prefeito		
	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil		
	SUDECAP: Superintendência de Desenvolvimento da Capital		
	URBEL: Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte		
	BHTRANS		
	SMMA: Secretaria de Meio Ambiente		
	SLU: Superintendência de Limpeza Urbana		
	SMAIC: Secretaria de Assuntos Institucionais e Comunicação Social		
	ASCOM: Assessoria de Comunicação Social		
	COP-BH: Centro de Operações		
	PGM: Procuradoria Geral do Município		
	SMSA: Secretaria Municipal de Saúde		
	SMASAC: Secretaria de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania		
	SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção		
	NAC: Núcleos de Alerta de Chuva - Regionais Pampulha, Norte e Nordeste		
	GMBH: Guarda Municipal de Belo Horizonte		
	CEDEC: Defesa Civil do Estado de Minas Gerais		
	Corpo de Bombeiros Militar de Minas gerais		
	Secretaria de Saúde do Estado		
	SAMU		
	Polícia Militar de Minas Gerais		
	Política Rodoviária Estadual de Minas Gerais		
	Polícia Rodoviária Federal		

ADENDO 1 – Setores de Alerta e Evacuação e Pontos de Encontro



ID	Ponto de encontro	Endereço
1	Versa Locadora	Avenida Portugal 4761, Itapoã, 31710-400
2	Posto de Saúde São Tomaz	Rua Santa Rosa 252A, São Tomáz, 31741-095
3	Lavanderia Roupas Limpa e Passada	Rua Comendador Wigg 215, São Tomáz, 31741-155
4	Clube Libanês de Belo Horizonte	Avenida Presidente Antônio Carlos 7580, São Luíz, 31270-672
5	Igreja de Santo Antônio da Pampulha	Praça Santo Antônio 2, Aeroporto, 31270-860
6	Sorveteria Almeida	Rua Maria Amélia Maia 690, São Bernardo, 31741-308
7	Gerald's Burguer	Avenida Washington Luiz 435, São Bernardo, 31741-338
8	Igreja Batista Getsêmani	Rua Cassiano Campolina 360, Dona Clara, 31260-210
9	Campo do Providência	Rua São Sebastião 74, Minaslândia, 31810-380
10	Cão & Cia Clínica Veterinária e Pet Shop	Avenida Sebastião de Brito 529, Dona Clara, 31260-000
11	Padaria Santa Terezinha	Rua Deputado José Raimundo 789, Dona Clara, 31260-150
12	Padaria e Confeitaria Flor de Maio	Rua Ladainha 217, Vila Primeiro de Maio, 31810-130
13	Caldo da Baixinha	Rua Expedito Ribeiro Silva 351, Suzana, 31260-510
14	Igreja Batista em 1º de Maio	Rua Badaró Júnior 510, Primeiro de Maio, 31810-080
15	Escola Estadual Isabel da Silva Polck	Rua Nelson Lemos de Carvalho 198, Palmares, 31160-590
16	Drogaria Popular BH	Rua Jacuí 3745, Ipiranga, 31160-190
17	Centro Educacional Sangi	Rua Luiz Castanhede 26, Santa Cruz, 31155-140

18	Centro de Saúde São Paulo	Rua Angola 357, São Paulo, 31910-060
19	Igreja Batista Florescer	Rua Valério 365, Pirajá, 31910-670
20	Escola Estadual Carlos Campos	Rua Maria Azevedo Costa 98, Eymard, 31930-680
21	PUC Minas São Gabriel	Rua Édson da Silveira 130, São Gabriel, 31980-120
22	Centro de Saúde Aarão Reis	Rua Oliveira Fortes 40, São Gonçalo, 31814-320
23	Triacon Comércio de Roupas	Rua General Astolfo Ferreira Mendes 230, São Gabriel, 31980-260
24	Supermercado Dia	Avenida Saramenha 1565, Tupi B, 31840-220
25	Supermercado União	Rua Santa Leopoldina 165, Ouro Minas, 31870-190
26	Igreja Batista Central Ouro Minas	Rua Papa Gregório I 177, Ouro Minas, 31870-280
27	Igreja Deus É Amor	Rua Geraldo Ferreira da Silva 132, Ribeiro de Abreu, 31870-490
28	Supermercado Boa Ideia	Av. Detetive Eduardo Fernandes, 449, Novo Aarão Reis, 31845-000
29	Congregação Cristã no Brasil	Rua Lírio da Cruz 160, Ribeiro de Abreu, 31870-620
30	Igreja Batista Vereda	Rua Frei Luiz de Ravena 141, Ribeiro de Abreu, 31870-690
31	Dona do Bolo	Rua Alvino Ferreira Felipe 180, Novo Aarão Reis, 31845-142
32	Lanchonete dos Meninos	Rua E 54, Novo Tupi, 31846-524
33	Igreja Batista Monte das Oliveiras	Rua Ines Glassman 801, Ribeiro de Abreu, 31872-210
34	Instituto Educacional Serra Dourada	Rua Serra Dourada 210, Ribeiro de Abreu, 31872-260
35	Hu Burguer	Rua Marcos Donato de Lima 356, Ribeiro de Abreu, 31872-410
36	Praça Rodrigues da Cunha	Praça Rodrigues da Cunha, Monte Azul, 31872-730
37	Maria Tereza Burger	Rua Cinco 35, Maria Tereza, 31873-170
38	Comunidade Católica Mãe Rainha	Rua Quinhentos e Vinte Seis, Capitão Eduardo, 31998-678
39	Campo PPO	Rua Padre Argemiro Moreira 1300, Capitão Eduardo, 31998-250

Dados de endereço - World Geocode Service

1) Endereço: Avenida Portugal 4761

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31710-400

2) Endereço: Rua Santa Rosa 301

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31741-095

3) Endereço: Rua Comendador Wigg 215

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31741-155

4) Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31270-672

5) Endereço: Praça Santo Antônio 2
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31270-860

6) Endereço: Rua Maria Amélia Maia 670
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31741-308

7) Endereço: Avenida Washington Luiz 435
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31741-338

8) Endereço: Rua Cassiano Campolina 360
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31260-210

9) Endereço: Rua São Sebastião 74
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31810-380

10) Endereço: Avenida Sebastião de Brito 527
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31260-000

11) Endereço: Rua Deputado José Raimundo 789
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31260-150
CEP4: 150

12) Endereço: Rua Ladainha 217
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31810-130

13) Endereço: Rua Expedito Ribeiro Silva 351
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31260-510

14) Endereço: Rua Badaró Júnior 20
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31810-080
CEP4: 080

15) Endereço: Rua Nelson Lemos de Carvalho 198
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31160-590

16) Endereço: Rua Jacuí 3759
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31160-190

17) Endereço: Rua Luiz Castanheda 26
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31155-140

18) Endereço: Rua Angola 357
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31910-060

19) Endereço: Rua Valério 355
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31910-670

20) Endereço: Rua Maria Azevedo Costa 98
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31930-680

21) Endereço: Rua Édson da Silveira 130
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31980-120

22) Endereço: Rua Oliveira Fortes 36
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31814-320

23) Endereço: Rua General Astolfo Ferreira Mendes 230
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31980-260

24) Endereço: Avenida Saramenha

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31840-220

25) Endereço: Rua Santa Leopoldina 165

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31870-190

26) Endereço: Rua Papa Gregório I 177

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31870-280

27) Endereço: Rua Geraldo Ferreira da Silva

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31870-490

28) Endereço: Avenida Um 437

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 30855-182

29) Endereço: Rua Lírio da Cruz 160

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31870-620

30) Endereço: Rua Frei Luiz de Ravena 118

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31870-690

31) Endereço: Rua Três 180

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31845-000

32) Endereço: Rua E 54

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31846-524

CEP4: 524

3) Endereço: Rua Ines Glassman 801

Cidade: Belo Horizonte

Estado: Minas Gerais

CEP: 31872-210

34) Endereço: Rua Serra Dourada 210
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31872-260

35) Endereço: Rua Marcos Donato de Lima 356
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31872-410

36) Endereço: Praça Rodrigues da Cunha
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31872-730

37) Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31872

38) Endereço: Rua Quinhentos e Vinte Seis
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31998-678

39) Endereço: Rua Padre Argemiro Moreira 1300
Cidade: Belo Horizonte
Estado: Minas Gerais
CEP: 31998-250