PROJETO GIDES

"FORTALECIMENTO DA ESTRATÉGIA NACIONAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS DE DESASTRES"

VOLUME 2

MANUAL TÉCNICO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA

Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento
e Alertas de Desastres Naturais

Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais
Acordo de Cooperação Internacional Brasil - Japão

MANUAL TÉCNICO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA

Última atualização: 03/12/2018

São José dos Campos
2018

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC

Gilberto Kassab – Ministro

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden

Osvaldo Luiz Leal de Moraes – Diretor

José Antônio Marengo Orsini – Coordenador-Geral de Pesquisa e Desenvolvimento

Marcelo Enrique Seluchi – Coordenador-Geral de Operações e Modelagens

Regina Célia dos Santos Alvalá – Coordenadora de Relações Institucionais

Wesley Barbosa – Coordenador de Administração

PROJETO GIDES – INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES

Ministério das Cidades

Ministério da Integração Nacional

Ministério de Minas e Energia (CPRM)

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (Cemaden)

Governo do Estado de Santa Catarina

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Município de Blumenau/SC

Município de Nova Friburgo/RJ

Município de Petrópolis/RJ

Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão

Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica)

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN

Pq. Tecnológico, Estrada Doutor Altino Bondesan, 500, Eugênio de Melo

São José dos Campos/SP

CEP.: 12.247-016

http://www.cemaden.gov.br/

GRUPO DE TRABALHO

MANUAL TÉCNICO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA

ORGANIZAÇÃO

Ângelo José Consoni

EQUIPE TÉCNICA DO CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN

Adenilson Roberto Carvalho

Ângelo José Consoni

Carla Corrêa Prieto

Carlos Frederico de Angelis

Celso Aluísio Graminha

Eduardo Fávero Pacheco da Luz

Graziela Balda Scofield

Harideva Maturano Egas

Klaifer Garcia

Maria Cristina Maciel Lourenço

Marisa Pulice Mascarenhas

Márcio Roberto Magalhães de Andrade

Rodrigo Augusto Stabile

Rodolfo Moreda Mendes

Silvia Midori Saito

Tulius Dias Nery

Vanessa Canavesi

COLABORADORES (de 2014 a 2016)

Adriano Cunha (Coordenador da Defesa Civil de Blumenau/SC)

Fabiano de Souza (Secretário Adjunto da Secretaria de Estado da Defesa Civil/SC)

Frederico de Moraes Rudorff (Gerente de Alerta da Secretaria de Estado de Defesa Civil/SC)

João Paulo Mori (Secretário Municipal de Defesa Civil de Nova Friburgo/RJ)

Juliana Mary de Azevedo (Assistente social da Defesa Civil de Blumenau/SC)

Marcelo Schrubbe (Secretário Municipal de Defesa do Cidadão de Blumenau/SC)

Marcos Vinicius Borges (CENAD/DF)

Rafael Lotar Wruck (Coordenador de Sistemas de Alerta e Prevenção de Blumenau/SC)

Rafael Simão (Secretário de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis/RJ)

Ricardo Amaral Branco (Diretor Técnico da Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis/RJ)

Robson Teixeira (Subsecretário Municipal de Defesa Civil de Nova Friburgo/RJ)

Rodrigo Werner da Silva (Diretor do CEMADEN/RJ – Defesa Civil)

Silvia Santana do Amaral (Subdiretora do CEMADEN/RJ – Defesa Civil)

Tiago Molina Schnorr (CENAD/DF)

EQUIPE TÉCNICA DA JICA

Akinori Naruto

Ingrid Lima

Kenichiriro Tominaga

Takao Hori

Takao Yamakoshi

Toshiya Takeshi

Yoshifumi Shimoda

Cristina Matayoshi

EQUIPE DE APOIO PARA TRADUÇÃO

Bruna Nakaharada

Carolina Umebara

Goro Kodama

Ilze Maeda

Marcelo Massaharu Toledo

SUMÁRIO

p.

APRESENTAÇÃO 17

1. INTRODUÇÃO 21

1.1 DESASTRES NO BRASIL 21

1.2 SISTEMA DE ALERTA ANTECIPADO - SAA 22

1.3 RELAÇÕES ENTRE RISCOS, MONITORAMENTO, PREVISÃO, ALERTA E ALARME 23

2. PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DE LIMIAR DE EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA 29

2.1 INTRODUÇÃO 29

2.2 MÉTODO DE CÁLCULO DE LIMIARES A SER ADOTADO NO BRASIL 33

2.2.1 Seleção do método de previsão 36

2.2.2 O Método Compartilhado 39

2.3 CÁLCULO DO LIMIAR 42

2.3.1 Definição dos blocos para cálculo dos limiares e para elaboração do alerta 43

2.3.2 Critérios para cálculo dos limiares 45

2.3.3 Dados necessários para cálculo de limiar 47

2.4 COMPROVAÇÃO DE APLICABILIDADE DO MÉTODO COMPARTILHADO 50

2.5 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PELO MÉTODO COMPARTILHADO 54

2.5.1 Etapas de cálculo 54

2.5.2 Dimensionamento do bloco para cálculo dos limiares 54

2.5.3 Coleta e organização de dados das séries de chuvas com e sem evento 54

2.5.4 Cálculo da chuva efetiva 58

2.5.5 Traçado do limiar (Linha Crítica - LC) 61

2.5.6 Estabelecimento das linhas de apoio - LPM, LPA e LPMA 62

2.5.7 Elaboração e uso da curva cobra (*Snake line*) 63

2.6 MELHORIAS DA CONFIABILIDADE DOS LIMIARES 66

2.6.1 Necessidade e momento da revisão 66

2.6.2 Dados necessários de eventos e de chuvas sem evento 67

2.6.3 Procedimentos para revisão dos limiares e das linhas de apoio 67

2.6.4 Melhoria do método 69

3. PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS 71

3.1 CONTEXTO, OBJETIVOS E ESCOPO 71

3.2 ALERTAS E ALARMES 72

3.2.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva – deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos 72

3.2.2 Alarmes para eventos monitorados pela chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos 82

3.3 Transmissão de Alertas e Alarmes 82
3.3.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos 82
3.4 Sistemas Informatizados de Apoio à Tomada de Decisão 85
3.4.1 Interface de banco de dados de caracterização das áreas de risco 85
3.4.2 Interface para aquisição e consistência de dados de chuva e de dados de deslocamento do solo/rocha 88
3.4.3 Interface para previsão de chuva e de risco em tempo quase real 88
3.4.4 Monitoramento, elaboração e transmissão de alertas e alarmes 89
3.4.5 Interface para avaliação e melhoria da qualidade dos limiares 89
3.4.6 Interface de disponibilização de informações públicas 93
3.5 Treinamento e Capacitação 93
3.6 Melhorias do Manual 95
3.6.1 Conteúdo e periodicidade das revisões 95
3.6.2 Revisão dos limiares 95
3.6.3 Revisão do tempo de antecedência para transmissão dos alertas 98
3.6.4 Revisão dos blocos para cálculo dos limiares 98
3.6.5 Aperfeiçoamento do método de previsão de evento 99
3.6.6 Articulação e Responsabilidades nos alertas de riscos 99
4. RECURSOS DE MELHORIA PARA AÇÕES DE MONITORAMENTO, ELABORAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ALERTAS 104
4.1 Coleta de Dados de Eventos 104
4.1.1 Importância da coleta de dados de eventos 104
4.1.2 Formulários de registros 109
4.2 Boas-Práticas de Gestão da Informação de Dados de Acidentes e de Desastres 110
4.2.1 Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis 111
4.2.2 Secretaria de Defesa Civil do Estado do Paraná 111
4.2.3 Serviço Geológico do Brasil - CPRM 112
4.2.4 Uso do Mapa Interativo do Cemaden pelas Defesas Civis 112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 116
GLOSSÁRIO 119
APÊNDICES E ANEXO 126
Apêndice A: Breve Resumo dos Métodos de Cálculo de Limiares 127
Apêndice B: Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 1 (Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de Lascas de Rocha) e de Eventos Tipo 2 (Deslizamentos Planares ou Deslizamentos Rotacionais) 133
Apêndice C: Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 3 (Fluxo de Detritos) 135
Apêndice D: Modelo de Alerta Detalhado 137

APÊNDICE E: MANUAL DE ACESSO AO MAPA INTERATIVO DO CEMADEN 139
APÊNDICE F: AÇÕES DE PREVENÇÃO 149
ANEXO A: INDÍCIOS PRECURSORES DE EVENTOS 160

Lista de Tabelas

Tabela 1: Índices de desempenho do limiar calculado para os municípios-piloto 46

Tabela 2: Dados para o cálculo dos limiares para os municípios pilotos do Gides 50

Tabela 3: Avaliação do Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura para o município de Petrópolis 53

Tabela 4: Separabilidade das séries de chuvas com e sem evento (Método Compartilhado).....53

Tabela 5: Dados de entrada das chuvas com evento 57

Tabela 6: Exemplo de chuva efetiva calculada para as séries de chuvas sem eventos 57

Tabela 7: Exemplo de cálculo da chuva efetiva.....59

Tabela 8: Entrada de dados da série de chuvas atual 65

Tabela 9: Tempo total para evacuação e precisão de previsão de evento (deslizamentos e fluxos de detritos).....77

Lista de Figuras

Figura 1: Representação esquemática do ciclo de gerenciamento de risco de desastres 22

Figura 2: Representação esquemática da equação de risco 23

Figura 3: Ilustração de cálculo do risco para um evento hipotético (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detrito etc.).....24

Figura 4: Representação esquemática do processo produtivo dos alertas Cemaden 26

Figura 5: Representação esquemática das relações entre monitoramento, previsão, alerta e alarme 27

Figura 6: Representação esquemática das relações entre as classificações de acidentes e a forma de registros de informações em banco de dados.....28

Figura 7: Representação esquemática da análise do Fator de Segurança de uma encosta 34

Figura 8: Representação esquemática do Modelo Tanque.....35

Figura 9: Representação esquemática do Método Compartilhado 36

Figura 10: Ilustração de limiar unidimensional 38

Figura 11: Ilustração de limiar bidimensional.....38

Figura 12: Ilustração de limiar tridimensional - representação em bloco 38

Figura 13: Ilustração de limiar tridimensional - representação em planta.....38

Figura 14: Etapas para desenvolvimento do método de previsão de movimentos de massas 39

Figura 15: Relação entre o modelo tanque e a chuva efetiva 41

Figura 16: Representação esquemática das séries de chuvas, linhas de referência e curva cobra 43

Figura 17: Exemplo de definição de blocos para cálculo de limiar, segundo critérios de meio físico e de correlação pluviométrica.....45

Figura 18: Exemplo de gráfico para cálculo do limiar de movimento de massa (Alto da Independência, Petrópolis - RJ, dados no período 2008 - 2011).....47

Figura 19: Limiar para o Município de Blumenau (Bloco Norte) - Método Compartilhado 51

Figura 20: Limiar para o Município de Nova Friburgo (Bloco Noroeste) - Método Compartilhado 51

Figura 21: Limiar para o Município de Petrópolis - Método Compartilhado.....52

Figura 22: Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura 52

Figura 23: Procedimento para cálculo do limiar e das linhas de apoio pelo Método Compartilhado ..55

Figura 24: Exemplo de gráfico da chuva efetiva - dados da Tabela 7 60

Figura 25: Ilustração de cálculo da chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel - dados da Tabela 7 61

Figura 26: Critérios para o traçado do limiar (Linha Crítica - LC) 62

Figura 27: Estabelecimento de LPA - Linha de Probabilidade Alta de Evento.....63

Figura 28: Exemplo de curva cobra - dados da Tabela 7.....64

Figura 29: Curva cobra referente aos dados da Tabela 8.....65

Figura 30: Chuva efetiva referente aos dados da Tabela 8 66

Figura 31: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra das séries de chuvas com eventos 68

Figura 32: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra de séries de chuvas sem eventos e dados de múltiplos pluviômetros automáticos. 69

Figura 33: Modelo de alerta resumido 82

Figura 34: Fluxograma da rota de transmissão dos alertas e alarmes.....83

Figura 35: Sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alertas e alarmes.....87

Figura 36: Modelo conceitual para avaliação da precisão do limiar (linha crítica).....91

Figura 37: Exemplo de linha do tempo para avaliação da antecedência dos alertas (Blumenau, período de 04/01/2017 a 06/01/2017) 92

Figura 38: Estratégias para melhoria das atividades de monitoramento, previsão, alerta e alarme de desastres naturais.....102

Figura 39: Ciclo do entendimento 105
Figura 40: Telas do Sistema de Gestão da Defesa Civil de Petrópolis, RJ.....111
Figura 41: Telas do Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC 112
Figura 42: Telas do Sistema de cadastro de Deslizamentos e Inundações, da CPRM - SCDI.....112
Figura 43: Aba do Mapa Interativo 113

Lista de Quadros

Quadro 1: Classificação dos tipos de processos brasileiros de movimentos de massa e suas principais características.....31
Quadro 2: Classificação e descrição de riscos.....44
Quadro 3: Dados para descrição das chuvas com evento 56
Quadro 4: Dados para descrição das séries de chuvas sem evento.....58
Quadro 5: Critérios de antecedência requerida para a emissão de Alertas 62
Quadro 6: Tipos de alertas e alarmes de movimentos de massa 72
Quadro 7: Critérios unificados para correlação de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra movimentos de massa.....74
Quadro 8: Critérios para tomada de decisão sobre nível de alertas e alarmes e sobre evacuação.....77
Quadro 9: Critérios para tomada de decisão sobre o estágio operacional das ações de prevenção....78
Quadro 10: Diretrizes para conteúdo do alerta 81
Quadro 11: Conteúdo básico a ser trabalhado em programas de treinamento e capacitação 94
Quadro 12: Diretrizes sobre aspectos abordados e periodicidade na revisão do Manual 97
Quadro 13: Matriz de responsabilidade no sistema de alerta antecipado (Situação ideal) 101
Quadro 14: Detalhamento de atividades para melhoria do monitoramento, previsão, alertas e alarmes 103
Quadro 15: Matriz de responsabilidade na gestão da informação em SAAs.....109
Quadro 16: Relação de endereços de ferramentas e dados para auxílio no monitoramento.....114

Lista de Equação

Equação 1: 59

Lista de Siglas

ABC ..... Agência Brasileira de Cooperação

ABNT ..... Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEP ..... Acidente de Escala Pontual

AME ..... Acidente de Microescala

ANA ..... Agência Nacional das Águas

BRT ..... Zona de tempo usada pelo Brasil (do inglês *Brazilian Time*)

Cc ..... Série de chuvas com eventos

CC ..... Curva cobra

Cczi ..... Série de chuvas com eventos na zona insegura

Cczs ..... Série de chuvas com eventos na zona segura

Cemaden ..... Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

Cenad ..... Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres

Ciram ..... Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

Cosmo ..... Consórcio para Modelagem em Pequena Escala (do inglês *Consortium for Small-Scale Modeling*)

CPRM ..... Serviço Geológico do Brasil

CPTEC ..... Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

Cs ..... Série de chuvas sem eventos

Cszi ..... Série de chuvas sem eventos na zona insegura

Cszs ..... Série de chuvas sem eventos na zona segura

DCE ..... Defesa Civil Estadual

DCM ..... Defesa Civil Municipal

DGE ..... Desastre de Grande Escala

DPE ..... Desastre de Pequena Escala

DRM - RJ ..... Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro

EaD ..... Ensino a Distância

EBC ..... Empresa Brasil de Comunicação

E-mail ..... Mensagem eletrônica (do inglês *eletronic mail*)

Enap ..... Escola Nacional de Administração Pública

Epagri ..... Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ESA ..... Agência Espacial Europeia, do inglês *European Space Agency*

ETR ..... Estação Total Robotizada

FIDE ..... Formulário de Informação do Desastre

FS ..... Fator de segurança (de estabilidade da encosta)

FZI ..... Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura

GAR ..... Relatório de Avaliação Global sobre Redução do Risco de Desastres (do inglês *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*)

GFS ..... Sistema de Previsão Global (do inglês *Global Forecast System*)

Gides ..... Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais

GMT ..... Tempo Médio de Greenwich (do inglês, *Greenwich Mean Time*)

GOES ..... Satélite Ambiental de Operação Geoestacionária, do inglês *Geostationary Operational Environmental Satellite*)

GPS ..... Sistema de posicionamento global (do inglês *global positioning system*)

GRAC ..... Grupo de Ações Coordenadas de Resposta a Desastres

http ..... Protocolo de Transferência de Hipertexto, do inglês *Hypertext Transfer Protocol*

IA ..... Índice de Acerto

IAV ..... Índice de Alarmes Vazios (Falsos)

IE ..... Índice de Eventos abaixo da LC da previsão de eventos (proporcionada pelo limiar)

IEA.....Índice de eventos abaixo da LC

IG ..... Instituto Geológico (Estado de São Paulo)

Inea ..... Instituto Estadual do Ambiente (Estado do Rio de Janeiro)

Inmet ..... Instituto Nacional de Meteorologia

km ..... Quilômetro

LC ..... Linha Crítica de Eventos ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos

LPA ..... Linha de Probabilidade Alta de Eventos

LPM ..... Linha de Probabilidade Moderada de Eventos

LPMA ..... Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos

MCid ..... Ministério das Cidades

MCTIC ..... Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MI ..... Ministério da Integração Nacional

MLIT ..... Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo (Japão)

MME ..... Ministério das Minas e Energia

Mossaic ..... Metodologia de gerenciamento da estabilidade de encosta nas comunidades (da sigla em inglês de *management of slope stability in communities*)

MSC ..... Sistemas convectivos de mesoescala

MSG ..... Satélite Meteorológico de Segunda Geração do inglês, *Meteosat Second Generation*

N ..... Período de medição das séries de chuvas com e sem eventos

NASA ..... Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (da sigla em inglês de *National Aeronautics and Space Administration*)

NBR ..... Norma Brasileira Registrada

NCEP ..... Centro Nacional de Previsão Ambiental (do inglês *National Centers for Environmental Prediction*)

NOAA ..... Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos, do inglês *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NUPDECS ..... Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil

ONU ..... Organização das Nações Unidas

PCD ..... Plataforma de coletas de dados

Plamcon ..... Plano Municipal de Contingência

PMF ..... Perguntas mais Frequentes

PPA ..... Plano Plurianual

R1 ..... Setor de risco muito baixo de acidentes ou desastres

R2 ..... Setor de risco muito médio de acidentes ou desastres

R2R ..... Setor de risco muito médio de acidentes ou desastres em decorrência da execução de obras de estabilização e/ou de contenção

R3 ..... Setor de risco muito alto de acidentes ou desastres

R4 ..... Setor de risco muito alto de acidentes ou desastres

RBFN ..... Funções de rede neural de base radial (do inglês *radial basis function network*)

Redemet ..... Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica

RJ ..... Rio de Janeiro (Estado)

S2ID ..... Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (Cenad)

SAA ..... Sistema de Alerta Antecipado

Salvar ..... Sistema de Alerta e Visualização de Áreas de Risco (Cemaden)

SC ..... Santa Catarina

SCDI ..... Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações (CPRM)

SEP ..... Separabilidade (proporcionada pelo limiar)

SGRP ..... Sistema de Gerenciamento de Rede de Plataformas de Coleta de Dados (Cemaden)

Siaden ..... Sistema Integrado de Alerta de Desastres Naturais (Cemaden)

Simepar ..... Sistema Meteorológico do Paraná

SINPDEC ..... Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SISDC ..... Sistema de Defesa Civil (Paraná)

SISPAD ..... Sistema Automático para Suporte à Pesquisa e Apoio à Decisão (Cemaden)

SMS ..... Serviço de mensagens curtas (do inglês *short message service*)

TNR ..... Taxa de negativo verdadeiro ou separabilidade (do inglês *True Negative Rate*)

Toocan ..... Segmentação tridimensional das imagens infravermelho dos satélites geoestacionários para a previsão de chuva de curtíssimo prazo (*nowcasting*), do inglês *tracking of organized convection algorithm using a tridimensional segmentation*

TPR ..... Taxa de positivo verdadeiro ou índice de acerto (do inglês *True Positive Rate)*

UNISDR-AM ..... Escritório para Redução do Risco de Desastres - Regional das Américas, da ONU

WS ..... Serviços Web, do inglês *WebService* (uma solução utilizada para integração de sistemas informatizados e na comunicação entre aplicativos diferentes)

Zi ..... Chuvas na zona insegura

Zs ..... Chuvas na zona segura

MANUAL TÉCNICO DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE MOVIMENTOS DE MASSA

APRESENTAÇÃO

Este manual é resultado da cooperação entre o Governo Brasileiro e o Governo Japonês, por meio do "Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais", denominado Gides, que teve como principal objetivo o suporte técnico para a formulação de políticas públicas para a melhoria da gestão de riscos de movimentos de massa.

O Projeto Gides foi desenvolvido de julho de 2013 a novembro de 2017 e envolveu para realização de suas atividades equipes técnicas do Ministério das Cidades (MCid - Coordenador Técnico), do Ministério da Integração Nacional (MI), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e do Ministério das Minas e Energia (MME). A responsabilidade pela coordenação geral do Projeto coube à Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e à Agência de Cooperação Internacional do Japão.

Os esforços concentraram-se em garantir que as tecnologias e os conhecimentos adquiridos por meio da cooperação técnica com o Japão contribuíssem para o desenvolvimento do setor no Brasil, bem como que a experiência dos técnicos brasileiros fosse eficientemente empregada na execução do Projeto, por meio das seguintes atividades:

a) desenvolvimento de procedimentos para o mapeamento e para a avaliação de risco;

b) desenvolvimento de ferramentas para auxiliar o planejamento da expansão urbana em áreas suscetíveis a desastres naturais;

c) desenvolvimento de métodos para cálculo de limiares e para a elaboração e transmissão de alertas;

d) melhoria dos sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alerta e alarme;

e) elaboração de critérios unificados, entre União, Estados e Municípios, para as atividades de prevenção e resposta a acidentes e desastres de movimentos de massa.

Uma das mais importantes demandas relacionadas à gestão do risco de desastres refere-se ao fortalecimento e à melhoria da interlocução e da ação coordenada entre os entes federativos e as instituições do Sistema de Alerta Antecipado – SAA. No intuito de atender a essa necessidade, buscou-se incrementar a capacidade de articulação entre as diversas instituições brasileiras relacionadas ao tema, em todos os níveis de governo. A abordagem ancorou-se em ampla fundamentação teórica e em sólida experiência prática, neste caso, apoiada na inestimável experiência japonesa em gestão de riscos.

Nesse sentido, previu-se uma etapa de aplicação prática dos protocolos, métodos, sistemas informatizados e procedimentos operacionais desenvolvidos, para sua avaliação e identificação de oportunidades de melhoria. Foram escolhidos três municípios para uma fase piloto, cada qual responsável pela execução das ações propostas em seu território, sob orientação dos órgãos federais e estaduais envolvidos, além dos técnicos japoneses. Com base no histórico de acidentes e desastres de movimentos de massa, em especial nos desastres de grande escala ocorridos entre 2008 e 2011, os municípios de Blumenau (SC), Nova Friburgo e Petrópolis (RJ) foram os escolhidos.

O presente Manual trata apenas dos desastres relacionados aos movimentos de massa desencadeados pela chuva (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos). A sua estrutura busca refletir um arranjo mais eficaz para o sistema de monitoramento, previsão, alertas e alarme para o País, de forma a atender quatro requisitos fundamentais:

a) ampliar a compreensão dos processos do meio físico e de como estes podem ser monitorados, ora com o emprego de limiares baseados em índices de chuva, ora em índices de deslocamento do solo/rocha;

b) ampliar e padronizar a compreensão de princípios e características básicas de um SAA, com o uso de ferramentas compartilhadas e/ou complementares nos níveis federal, estadual e municipal;

c) facilitar a compreensão sobre principais etapas, processos, funções, métodos, sistemas informatizados, protocolos e capacitações necessárias a um SAA;

d) produzir a melhoria da realidade operacional no País, em termos de organização, eficácia operacional e fluxos no SAA.

O Manual foi concebido para ser um produto prático, de uso cotidiano, sobretudo pelos coordenadores de Defesas Civis Estaduais (DCE), Defesas Civis Municipais (DCM) e seus assessores diretos. Sua construção, melhoria e validação conjunta será uma ferramenta de apoio técnico e normativo ao SAA, em todos os seus níveis, de modo a facilitar o trabalho das pessoas e das organizações que direta ou indiretamente participam da prevenção e da resposta a uma emergência ou a uma situação crítica de risco de movimentos de massa.

O foco deste Manual são as etapas de monitoramento e previsão, culminando na transmissão e no uso dos alertas pelos estados e municípios monitorados. Ainda foi agregado um capítulo com orientações acerca das capacitações necessárias ao longo do SAA como um todo, em especial às DCMs. Os tópicos referentes às ações de prevenção, evacuação da população pela DCM e ao Plano de Contingência são tratados no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência – Plancon, produzido pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), não sendo abordados neste documento.

O uso deste Manual deve ser realizado de modo compartilhado, visando ao ordenamento das ações em todos os níveis de envolvimento com o SAA, sobretudo em favor das DCMs, que muitas vezes carecem de documentos técnicos voltados para suas realidades e necessidades.

O objetivo primário do Manual é o de contribuir com o SINPDEC em sua tarefa permanente de preservação de vidas e de bens, e visa:

a) aumentar a compreensão sobre as competências, papéis, responsabilidades e prioridades sistêmicas do monitoramento, da previsão e da transmissão de alerta e alarme para desastres naturais relevantes;

b) fortalecer as relações interinstitucionais e promover o arranjo sinérgico dos órgãos do SAA, ao longo de toda a cadeia e dos fluxos de informações;

c) contribuir para a adequada compreensão da natureza dos diferentes processos de movimentos de massa e das implicações decorrentes para fins de monitoramento, previsão, alerta e alarme;

d) produzir alertas e alarmes com padrão técnico, em formato e linguagem acessíveis, disseminados em tempo hábil e em meios que facilitem a tomada de decisão pelos principais envolvidos - DCEs, DCMs e a população das áreas em risco.

As novas estratégias aqui propostas deverão gradativamente ser postas em prática em nível nacional, sendo avaliados os seus pontos fortes e fracos, bem como identificadas as oportunidades de melhoria, de forma periódica.

O Capítulo 1 deste Manual contém breves aspectos introdutórios e de contextualização do SAA, seus objetivos e ações necessárias ao seu fortalecimento. No Capítulo 2, são descritos os métodos para cálculo e para a avaliação e melhoria da qualidade dos limiares utilizados. O Capítulo 3 descreve o passo a passo do monitoramento, previsão, elaboração, transmissão e uso dos alertas e alarmes. O Capítulo 4 discorre sobre melhorias possíveis de serem desenvolvidas para o aprimoramento de ações de monitoramento, elaboração e transmissão de alertas e alarmes, tanto pelo Cemaden como pelas DCEs e DCMs.

Assim, o Manual não somente propõe aperfeiçoamentos para as ações atualmente executadas em relação a monitoramento, previsão, alerta e alarme, mas também elenca as propostas de melhoria contínua do SAA, em médio e longo prazo.

Sua utilização permitirá que profissionais de diferentes organizações se integrem em uma dinâmica articulada, com foco em resultado sistêmico e não somente institucional, facilitando a comunicação e os fluxos de informações, com reflexos positivos em termos de melhoria do planejamento, da execução das atividades e da decisão final sobre os alertas, alarmes e sobre a evacuação, evitando-se duplicidade de esforços ou ineficiências e

promovendo economicidade para os órgãos públicos e segurança para a população das áreas em risco e para os profissionais que ali atuam.

Outro ponto importante é o aumento da segurança jurídica das instituições e dos pesquisadores, operadores, gestores, agentes etc. que atuam ao longo de todo o SAA.

1. INTRODUÇÃO

1.1 DESASTRES NO BRASIL

Desastres naturais são uma preocupação global em face das grandes perdas humanas e materiais que causam. O Brasil é um país de dimensões continentais e tem alta suscetibilidade a diversos tipos de ameaças, destacando-se a seca, os movimentos de massa (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos), as inundações e as enxurradas, os quais são diretamente relacionados à variabilidade climática e seus extremos.

Eventos meteorológicos extremos causam desastres em todos os continentes, mas em países desenvolvidos, o número de vítimas geralmente é menor quando se comparam casos similares em países em desenvolvimento. A razão para este fato está relacionada à existência de diversos aspectos de vulnerabilidade socioeconômica, bem como à falta de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA) adequado que forneça informações sobre os desastres com antecedência suficiente para que as evacuações possam ser efetuadas. Outro aspecto refere-se à carência de sistemas de defesas civis focados na prevenção e de populações informadas e conscientes de sua responsabilidade principal e cotidiana em se proteger dos desastres naturais.

Segundo o Escritório para Redução do Risco de Desastres da Organização das Nações Unidas - Regional das Américas (UNISDR-AM, 2013), mais da metade das mortes e 90% das perdas materiais por desastres registrados no continente americano são resultantes de eventos de pequena escala e recorrentes.

O Brasil vem passando por um intenso processo de urbanização desde a década de 1960, especialmente na zona litorânea, que apresentou as maiores transformações no uso e ocupação do solo. Nessas regiões, sobretudo no Sul e no Sudeste, as cidades que possuem topografia montanhosa têm recebido maior atenção dos governos em face do aumento do registro de desastres, ocasionando danos humanos, materiais e econômicos. Em janeiro de 2011, ocorreu o maior desastre natural do Brasil, com deslizamentos planares generalizados e fluxo de detritos na Região Serrana do Rio de Janeiro, que causaram mais de 900 mortes, 300 desaparecidos e milhares de desalojados e desabrigados, além de vultosas perdas econômicas devido à destruição de moradias e outras estruturas.

Os eventos de 2011 foram determinantes para uma nova postura do Governo Federal em relação às políticas de prevenção e mitigação de desastres. As principais ações foram destinadas à melhoria da capacidade de monitoramento e à elaboração de alertas, bem como para a modernização do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), sendo estas ações incluídas nos Planos Plurianuais (PPA) de 2012-2015 e 2016-2019, em seu “Programa 2040 – Gestão de Riscos e Respostas a Desastres”. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden, criado em 2011, atualmente monitora 958 municípios que

possuem suas áreas de riscos alto e muito alto mapeadas, em regime de 24 horas e 7 dias/semana. Os processos monitorados se referem a movimentos de massa, inundações graduais e enxurradas.

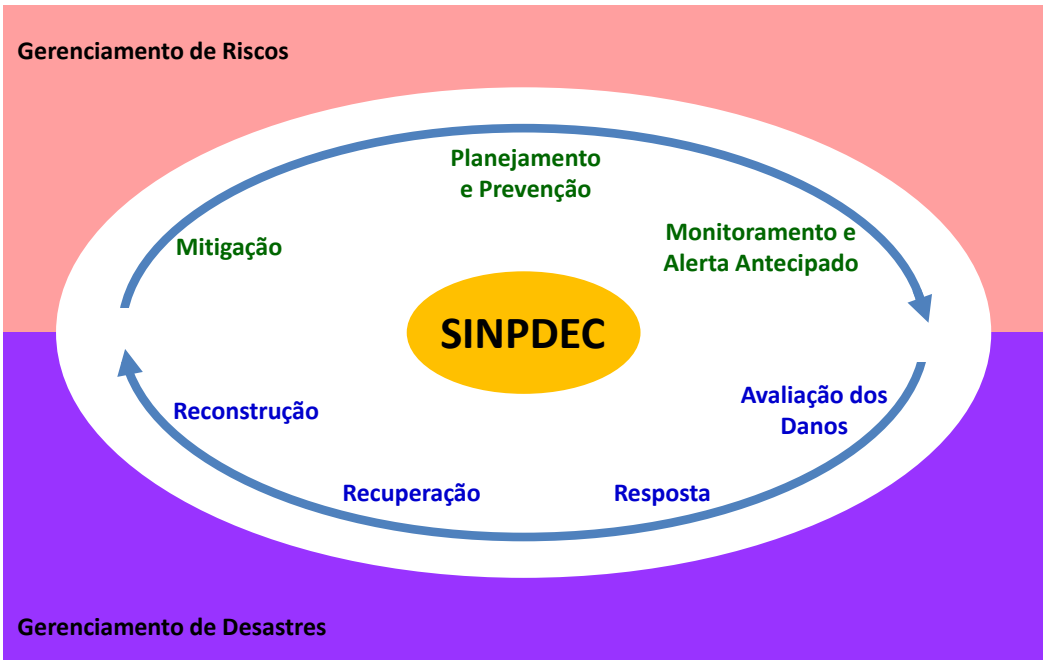
Conforme o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011), entre 1991 e 2010, no Brasil, cerca de 50% dos desastres corresponderam a inundações bruscas (enxurradas) e graduais (inundações), e 11% a movimentos de massa. As chuvas rápidas e intensas e/ou as prolongadas estão associadas a estes eventos. Uma análise das séries históricas de chuva mostrou que a frequência de chuvas extremas está aumentando (Silva Dias, 2012).

Nos casos de inundação gradual, em que é possível a observação das condições da chuva e a visualização da mudança do nível de água dos rios, em geral é possível executar a evacuação preventiva com menor incerteza e maior antecedência. Nos casos de movimentos de massa, apesar de serem causados pela mesma chuva, é mais difícil detectar o evento de maneira precisa e antecipada, sendo um desafio o aprimoramento de alertas, ao mesmo tempo em que obras estruturais sejam realizadas e recursos destinados à prevenção sejam mobilizados.

1.2 SISTEMA DE ALERTA ANTECIPADO - SAA

O sistema de monitoramento, previsão, elaboração e de transmissão de alertas e alarmes forma um dos principais eixos de ações não-estruturais para prevenção e redução do risco de desastres (Figura 1), o qual visa potencializar as ações antecipadas de mitigação, preparo e de resposta por parte dos tomadores de decisão municipais e da população das áreas em risco.

Figura 1: Representação esquemática do ciclo de gerenciamento de risco de desastres



Para tal, é necessário que os parâmetros monitorados possibilitem a preparação e a efetivação da resposta à emergência, ou seja, é necessário que as atividades de monitoramento, previsão e alerta (federal ou estadual) e as atividades de evacuação (municipal ou estadual) sejam integradas e eficazes.

As ações de evacuação visam à proteção das populações mais vulneráveis ao evento previsto. Uma evacuação eficaz requer cooperação interinstitucional e deve ser executada de acordo com a legislação e com procedimentos próprios, específicos ao risco em foco. Para tal, os técnicos da DCM e as populações mais vulneráveis devem possuir conhecimentos e informações que permitam uma melhor compreensão da situação de risco, para si, seus entes e seu patrimônio, e de como proceder nestas ocasiões, tendo-se em mente que este componente do processo (a conscientização) é uma atividade contínua e de resultados em longo prazo.

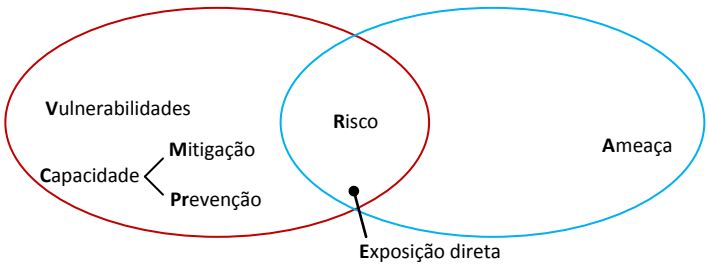
Outro aspecto é que os desastres costumam ter um impacto amplo, afetando diretamente moradores, equipamentos e estruturas inseridos na área de risco atingida, e indiretamente as atividades econômicas.

A capacitação deve ter por objetivo facilitar o processo de construção da percepção do risco, no dia a dia dos envolvidos, de como proteger-se dos riscos e de como contribuir com o SAA, de modo a tornar os gestores municipais, as comunidades em risco e a população em geral mais bem preparada para a prevenção e mais resilientes em relação aos riscos de movimentos de massa.

1.3 RELAÇÕES ENTRE RISCOS, MONITORAMENTO, PREVISÃO, ALERTA E ALARME

Nas **Figuras 2** e **3**, a seguir, são representadas as relações entre perigo, vulnerabilidade, capacidade, mitigação, prevenção não-estrutural, exposição, risco, população direta ou indiretamente afetada por impactos.

Figura 2: Representação esquemática da equação de risco



$R = A^* E * (1 - M - P)$ [1]	$A_{ID} = E * (1 - M - P)$ [1]	$A_{II} = V - E * (1 - M - P)$ [1]

R: Risco, função de (A, V, C) [pessoas/ano * frequência do evento].
A: Ameaça (acidente ou desastre) [1/ano].
V: Vulneráveis à ameaça (pessoas da área de risco que estão suscetíveis aos impactos negativos diretos e indiretos do evento) [pessoas/evento].
E: Expostos diretamente ao evento (pessoas da área de risco que potencialmente sofrerão impactos negativos diretos do evento) [pessoas vulneráveis/evento].
M: Capacidade de mitigação dos impactos negativos do evento por meio de prevenção estrutural (pessoas vulneráveis que são

protegidas por obras) [pessoas protegidas por obras/pessoas vulneráveis].

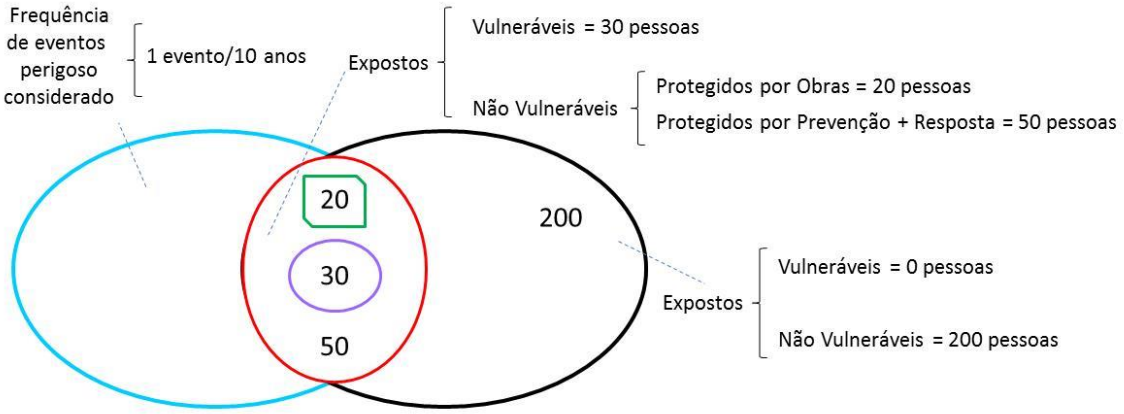
P: Capacidade de prevenção dos impactos negativos do evento por meio de preparação e resposta (pessoas potencialmente protegidas por ações não estruturais - preparação e de resposta - defesa civil, na área de risco), inclusive considerando agravantes por sobreposição de eventos (movimentos de massa, inundação gradual ou brusca, alagamento etc.), período de evento (dia ou noite), portadores de necessidades especiais etc. [pessoas protegidas por preparação e resposta/pessoas vulneráveis].

A_{ID}: Quantidade de afetados por impactos negativos diretos [pessoas/evento].

A_{II}: Quantidade de afetados por impactos negativos indiretos [pessoas/evento].

(1): Válido para cenário temporal de curto prazo (≈ 1 - 2 anos), no qual as condições da ameaça, a vulnerabilidade e a capacidade de mitigação possam ser assumidas como constantes.

Figura 3: Ilustração de cálculo do risco para um evento hipotético (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detrito etc.)



R = A* (E – M – P)

A: 1/10 anos = 0,1 evento / ano

V: 100 pessoas

M: 20 pessoas

P: 50 pessoas

R = 0,1 * (100 – 20 – 50) = 0,1 * 30 = 3 pessoas/ano * evento perigoso

O valor do Risco (R) será sempre fixo para uma dada área de risco, enquanto persistirem as condições de frequência de eventos perigosos (A), quantidade de expostos aos eventos (E), protegidos por obras (M) e protegidos por ações de prevenção / resposta (P).

Como não é possível alterar a frequência da ameaça, para diminuir o risco deve-se necessariamente atuar sobre a prevenção e a mitigação:

(i) Diminuindo-se o número de expostos e o número de áreas de risco;

(ii) Aumentando-se a abrangência das obras de drenagem pluvial, contenções e estabilizações nas áreas de risco;

(iii) Ampliando-se as ações de prevenção e de resposta, tanto de modo autônomo pelos moradores das áreas de risco (autoproteção) como de modo assistido pelas DCMs.

Por meio da representação dos procedimentos operacionais da Sala de Situação do Cemaden, a **Figura 4** ilustra as diferentes etapas que envolvem o monitoramento, a previsão, a elaboração, a transmissão de alertas, bem como os tópicos-chave para a melhoria da qualidade dos limiares utilizados e dos alertas produzidos.

A **Figura 5** mostra as relações entre monitoramento/previsão, alerta e alarme ao longo das esferas federal, estadual e municipal. Em particular, nota-se que, no caso da previsão de chuva, a incerteza é menor para as previsões de mais longo prazo (previsão de risco geo-

hidrológico), devido ao seu caráter mais qualitativo e regional, quando comparada às previsões de curtíssimo prazo, nas quais as incertezas são maiores devido à necessidade de ser quantitativa e específica (por área de risco). Na escala local, tem-se a vantagem da avaliação direta. De modo oposto, no caso da previsão de risco de acidentes e de desastres, quanto mais próximo da área de risco esteja o observador, melhores serão as informações disponíveis para a tomada de decisão, tanto em termos de chuvas observadas como de indícios precursores e/ou da constatação de eventos, sobretudo se há mecanismos eficazes de retroalimento destas informações pela população das áreas de risco, além dos agentes da DCM.

A **Figura 6** expõe a homogeneização de terminologias e do estabelecimento de critérios para a classificação de eventos (acidentes e desastres) visando ao aporte a um banco de dados integrado. Isto é necessário tanto para alinhamento com a terminologia internacional como para que a informação necessária seja obtida sem retrabalho, principalmente para a Defesa Civil Municipal, que acaba por arcar com este ônus. Esses aspectos são fundamentais para a melhoria da precisão dos limiares e da antecipação dos alertas e alarmes.

Figura 4: Representação esquemática do processo produtivo dos alertas Cemaden

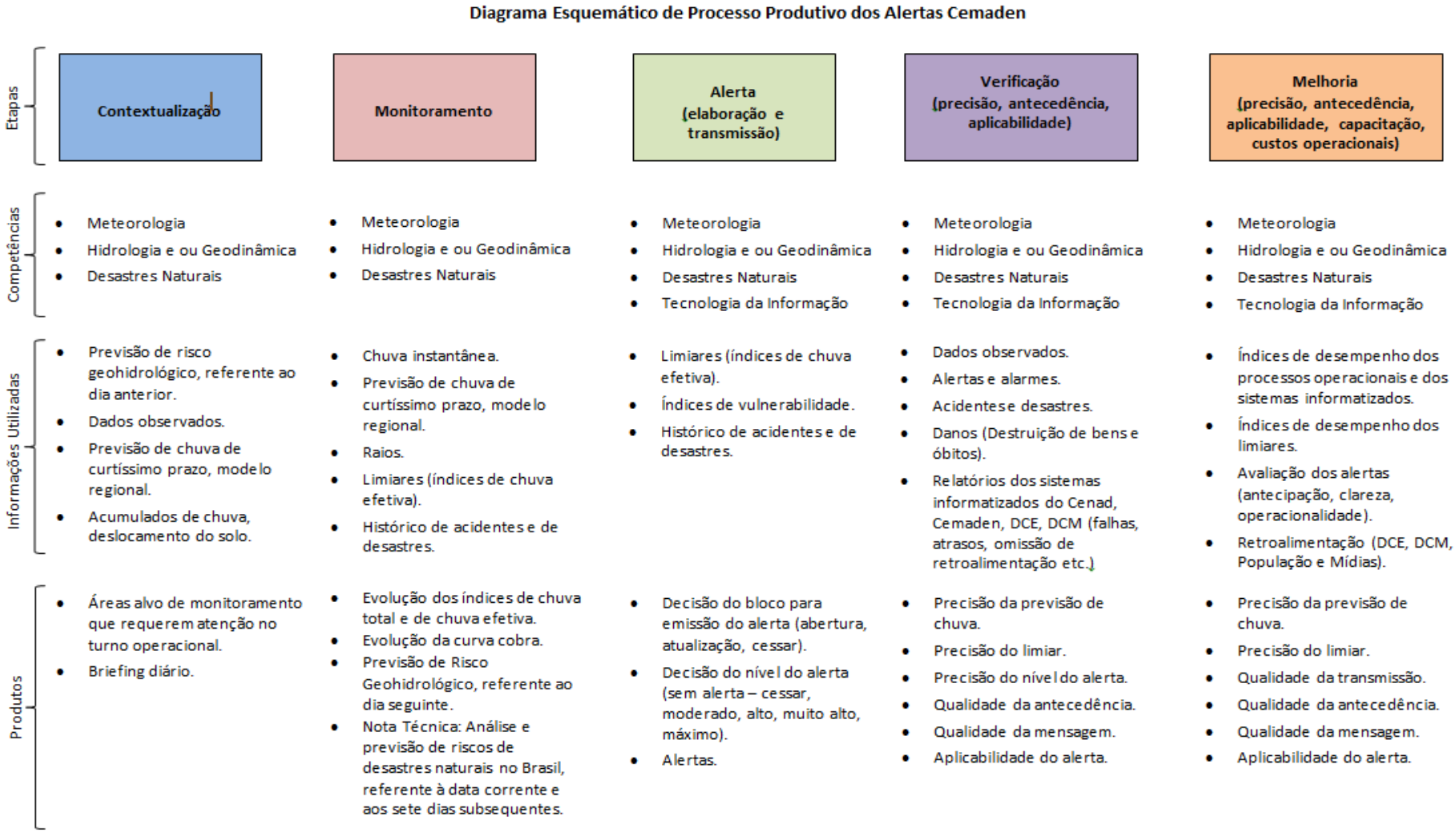


Figura 5: Representação esquemática das relações entre monitoramento, previsão, alerta e alarme

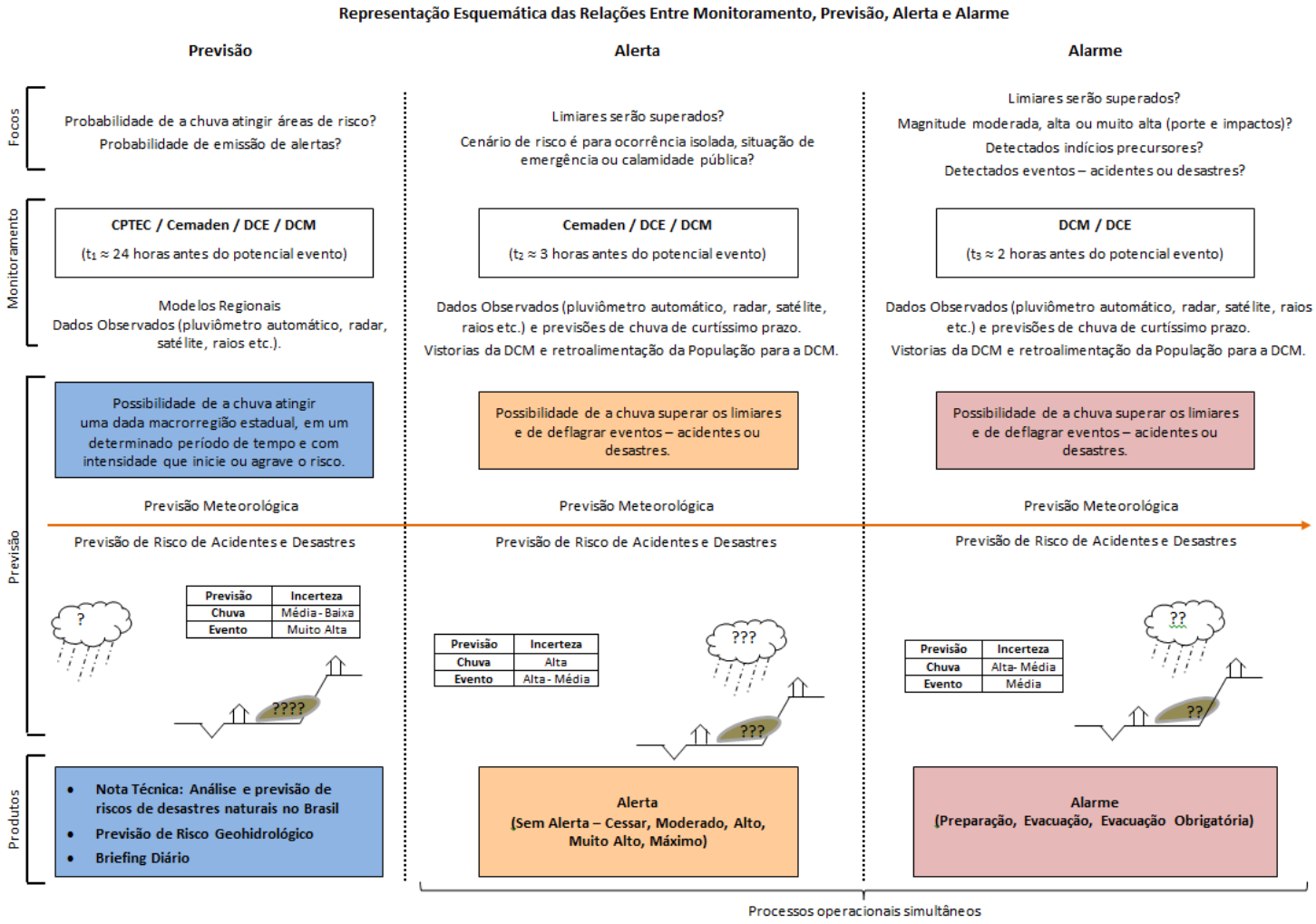
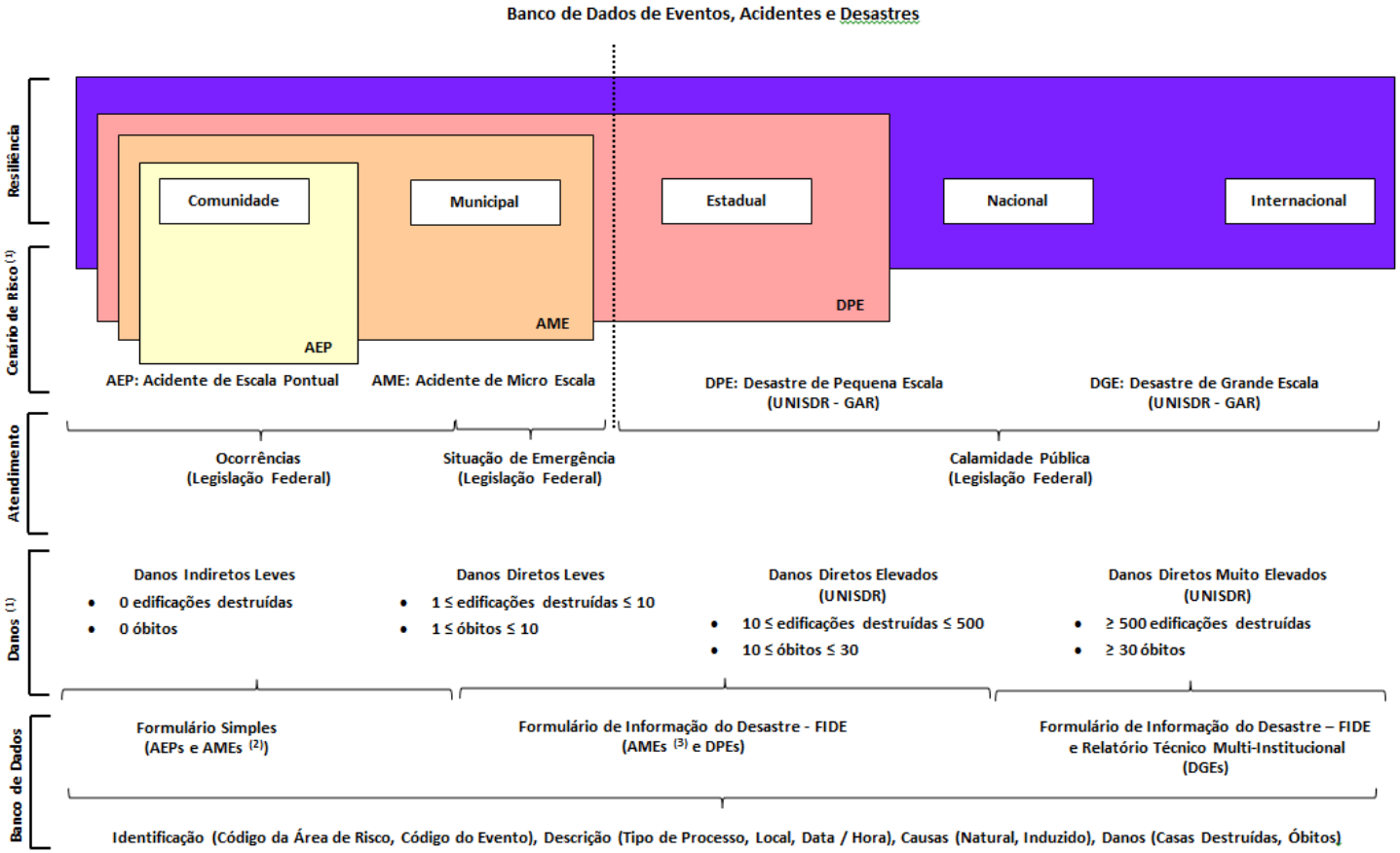


Figura 6: Representação esquemática das relações entre as classificações de acidentes e a forma de registros de informações em banco de dados



(1): As categorias de eventos, de tipos de atendimento e de danos apresentadas ainda se encontram em estágio proposta para discussão, pois, precisam ser validadas pelos órgãos do SINPDEC, tanto em termos de unificação de nomenclatura como de atributos nacionalmente, bem como para compatibilização com terminologia internacional.

(2): Somente para AMEs que não foram legalmente caracterizadas como Situação de Emergência.

(3): Somente para AMEs que foram legalmente caracterizadas como Situação de Emergência.

2. PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DE LIMIAR DE EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA

2.1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa possuem grande potencial de destruição, colocando em risco vidas e bens. No Brasil, os processos mais comuns são os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais, os fluxos de detritos e as quedas de blocos.

Devido à elevada velocidade de deslocamento dos materiais mobilizados por alguns tipos de movimentos de massa, é muito difícil viabilizar a evacuação segura para a população da área em risco depois de iniciado o processo. Por esse motivo, a regra básica é a desocupação preventiva do local em risco, orientando-se pela estimativa do momento em que o evento poderá ocorrer.

Mesmo para os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais e os fluxos de detritos, cujos eventos são passíveis de monitoramento pela chuva efetiva, a previsão antecipada do momento da deflagração é muito difícil, considerando-se a atual realidade tecnológica e científica do País.

Este capítulo trata de procedimentos para cálculo do limiar e das linhas de apoio[1] para previsão de eventos de movimentos de massa, aqui entendidos como deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos. No **Quadro 1** são apresentados os tipos de processos brasileiros de movimentos de massa e suas principais características.

O limiar é a representação gráfica da fronteira teórica que separa a zona segura (onde os índices de chuva efetiva apontam para menor probabilidade de evento) e a zona insegura (onde os índices de chuva efetiva apontam para maior probabilidade de evento).

A Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (LPM), a Linha de Probabilidade Alta de Eventos (LPA) e a Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (LMPA) são linhas de apoio que marcam o quão próximo se está da zona insegura. Para efeitos práticos, esta proximidade é avaliada em termos do tempo de antecipação para se adentrar a zona insegura, no qual se assume que uma determinada condição de chuva máxima histórica (geralmente 1, 2 ou 3 horas) possa ocorrer, tendo em conta a série de dados de chuva da região em análise[2].

Os tempos de antecedência associado às linhas de apoio (LPM, LPA ou LPMA) são definidos de modo que, neste tempo, possam ser satisfatoriamente executadas todas as ações

[1] Dá-se o nome de linhas de referência ao conjunto formado pelo limiar (Linha Crítica para Eventos - LC ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos) e pelas linhas de apoio (Linha de Probabilidade Moderada de Eventos - LPM, Linha de Probabilidade Alta de Eventos - LPA e Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos - LMPA).

[2] A estimativa do tempo restante até a curva cobra adentrar a zona insegura também pode ser efetuada diretamente, sem o uso dos índices de máxima chuva histórica acumulada de 1, 2 e 3 horas, caso se disponha da previsão de chuva de curtíssimo prazo e/ou de modelos meteorológicos regionais com a precisão adequada.

necessárias àquele nível de alerta, bem como no correspondente estágio operacional das ações de prevenção e contingência (ou seja, mobilização, preparação e evacuação, por exemplo).

Deste modo, se a curva cobra, da série de chuvas atual, atingir alguma das linhas de apoio especificadas (LPM, LPA ou LPMA), há a possibilidade de que ela adentre a zona insegura, bastando para tal que ocorra uma chuva de volume similar àquelas das chuvas máximas históricas de 1, 2 ou três horas, conforme seja o caso.

Em resumo, o limiar (ou linha crítica - LC) é a expressão da capacidade de se distinguir entre uma situação segura e uma situação insegura em relação a um dado tipo de evento e para uma dada área de risco. Da mesma forma, as linhas de apoio são estimadoras do tempo restante para que a curva cobra da série de chuvas atual adentre a zona insegura em termos de probabilidade de deflagração de algum evento.

Quadro 1: Classificação dos tipos de processos brasileiros de movimentos de massa e suas principais características

TIPOS DE PROCESSOS		**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**								
Correspondência no Brasil	**Tipo de Monitoramento Aplicável**	**Duração Total do Evento**	**Velocidade da Massa Mobilizada**	**Espessura da Massa Mobilizada**	**Principal Agente Deflagrador**	**Obras Usuais**	**Distância Atingida pela Massa Mobilizada**	**Frequência dos Eventos**	**Vítimas por Desastre**	**Número Total de Vítimas**
Deslizamento Planar	Chuva	Muito Curto (segundos)	Alta (m/s)	Pequena (Raso)	Chuva	Proteção e drenagem superficial, estabilização.	Pequena (dezenas de metros)	Muito Alta (milhares/ano)	Poucas	Muito Alto
Deslizamento Rotacional	Deslocamento do solo/rocha	Longo (dias a anos)	Baixa (cm/dia) a Média (m/h)	Grande (Profundo)	Água subterrânea e geologia	Drenagem subterrânea, tirantes.	Grande (centenas de metros)	Baixa (menos de uma dezena/ano)	Raras	Pequeno
Fluxo de Detritos (detritos ou lama)	Chuva	Curto (horas)	Média (m/h) a Alta (m/s)	De pequena a grande	Chuva (início) e massa incorporada (progressão)	Barragens de contenção e canais de direcionamento	Muito grande (alguns quilômetros)	Muito Baixa (menos de uma dezena/década)	Muitas	Alto

No Japão, os métodos de cálculo de limiares para o alerta de movimentos de massa foram desenvolvidos ao longo de vários anos. Analisar o histórico e entender a lógica dessa evolução, conforme destacado a seguir, é uma etapa importante para o desenvolvimento de um método adequado para o Brasil:

(1) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Fluxo de Detritos pelo Volume Total e pela Intensidade da Chuva".

Pela observação dos vários eventos no final dos anos 1970, no Japão, foi constatado que fluxos de detritos ocorriam tanto quando do aumento da intensidade da chuva (mesmo que a chuva acumulada fosse pequena) como quando somente a chuva acumulada era elevada (mesmo que a intensidade da chuva fosse baixa). Em 1984, o Ministério da Construção do Japão desenvolveu a “Diretriz de Estabelecimento do Volume da Chuva para a Elaboração e Transmissão de Alerta e de Instrução para a Evacuação de Movimentos de Massa”, ou simplesmente “Método da Diretriz", combinando dois índices, a intensidade de chuva e a chuva efetiva (incorporando a influência da chuva acumulada antecedente).

(2) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Fluxo de Detritos pelo Volume de Chuva".

O índice de acerto do "Método da Diretriz" não era muito alto. Yano (1990) propôs outra abordagem para melhorar a precisão daquela previsão, utilizando a chuva efetiva multiplicada por um coeficiente de redução variável conforme o tempo decorrido desde a chuva antecedente.

(3) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Deslizamento Planar e de Fluxo de Detritos pelo Volume de Chuva Efetiva".

Respondendo à necessidade de um procedimento para o cálculo de limiares para deslizamento planar, em 1993, uma comissão geral de estudos instituída pelo Ministério da Construção (atual Ministério do Território e Transporte) propôs o chamado Método Compartilhado, o qual adota o conceito proposto por Yano e utiliza como índices a chuva efetiva com meia-vida de 1,5 h (representando o fluxo de água na subsuperfície do solo) e a chuva efetiva com meia-vida de 72 horas (representando o fluxo de água no subsolo).

Este método tem semelhanças com o Método do Modelo Tanque proposto por Suzuki *et al.* (1979). Porém, comparado com o Modelo Tanque, o Método

Compartilhado é de mais simples operacionalização, por não necessitar de análises hidrológicas, e possui precisão similar àquela.

Anualmente, o Brasil registra um grande número de movimentos de massa, em decorrência da elevada quantidade de chuva.

Contramedidas estruturais são necessárias para conter e mitigar tais eventos, por meio de obras de drenagem pluvial, de contenção e de estabilização nas várias encostas em risco. Contudo, um adequado SAA é também essencial para salvar vidas e a chave para obtê-lo é contar com limiares que propiciem boa precisão e linhas de apoio à devida antecipação aos alertas e alarmes.

Este capítulo detalha os métodos e os parâmetros necessários ao cálculo dos limiares e das linhas de apoio no que tange aos deslizamentos planares, aos deslizamentos rotacionais e aos fluxos de detritos[3]. Cabe lembrar que os processos citados podem ser deflagrados tanto em decorrência de terremotos, erosão contínua pelo vento e/ou pela água, como em decorrência de chuva torrencial. Contudo, neste Capítulo 2 somente os desastres de gênese pluviométrica serão analisados.

2.2 MÉTODO DE CÁLCULO DE LIMIARES A SER ADOTADO NO BRASIL

A presente proposta de monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas consolida o que vários estados brasileiros já realizavam para os municípios de sua jurisdição, porém, com métodos distintos ao longo do País.

Há a necessidade de uniformização de métodos de cálculo, bem como que os limiares sejam periodicamente revisados, para se adequar às características específicas de cada área de risco ou região.

Dentre os métodos existentes para previsão de eventos deflagrados pela chuva, podem-se agrupá-los em três categorias principais: (i) métodos que combinam a mecânica de solos e a hidrologia; (ii) métodos exclusivamente hidrológicos (métodos baseados no modelo de tanque); e (iii) métodos estatísticos.

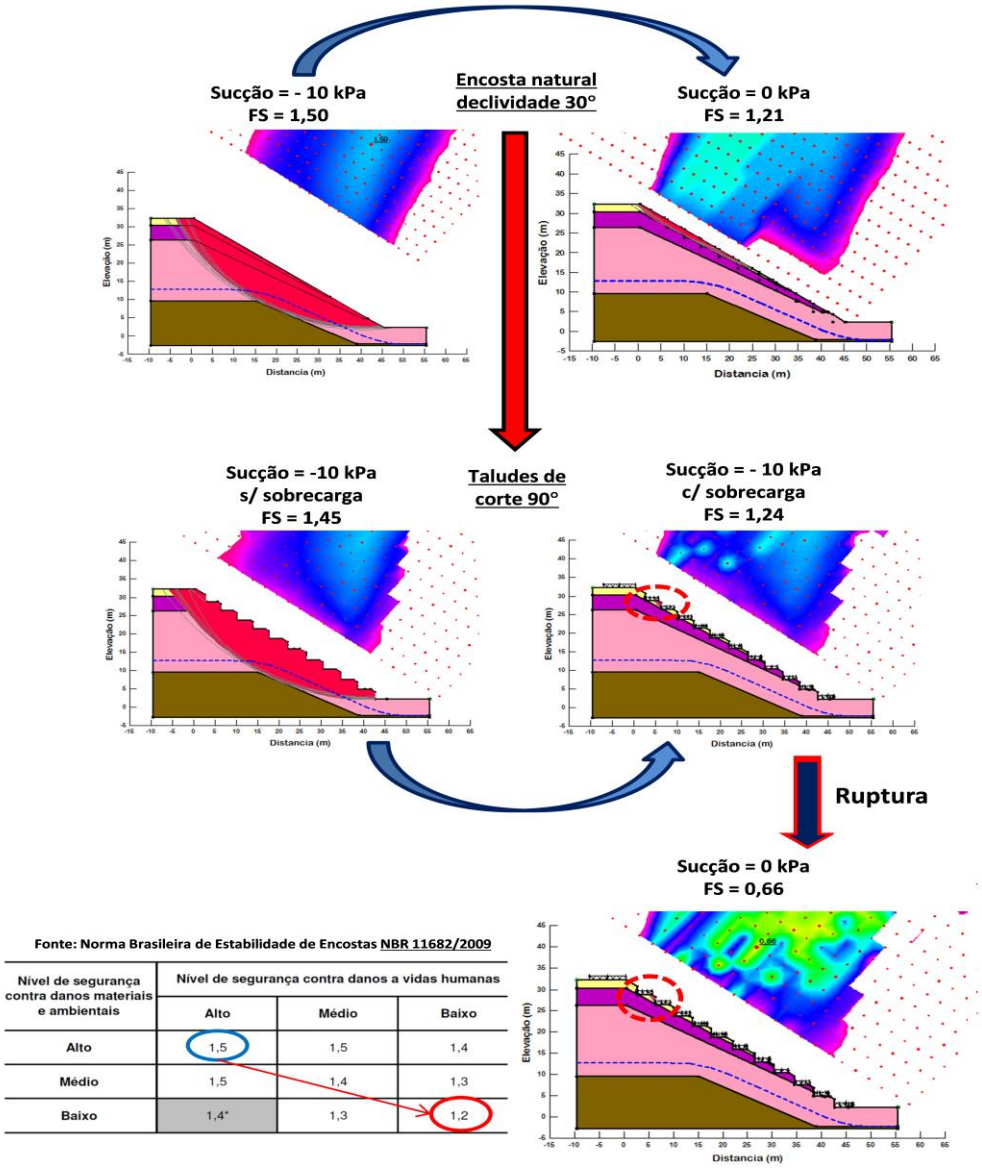
① Métodos que utilizam simultaneamente a mecânica de solos e a hidrologia

Nesta abordagem, inicialmente, calcula-se a variação da pressão da água nos poros do solo, pela análise da infiltração da água precipitada. Em seguida, analisa-se a estabilidade da encosta, para avaliar a possibilidade de eventos, por meio do fator de segurança (valores de FS próximos ou inferiores a 1 são indicativos de maior possibilidade de evento) (**Figura 7**). Esse método é adequado para os casos em que o alvo é uma única encosta, ali sendo empregado para a

[3] O cálculo dos limiares e das linhas de apoio para eventos monitorados pelo deslocamento de solo/rocha (rastejos e queda de blocos ou de lascas de rocha) não serão abordados na presente versão deste Manual.

avaliação da estabilidade e para subsídio ao cálculo de projetos de obras de estabilização, de contenção e de drenagem pluvial; porém, são inadequados para aplicação em áreas amplas (ou seja, para regiões que abrangem múltiplas encostas).

Figura 7: Representação esquemática da análise do Fator de Segurança de uma encosta



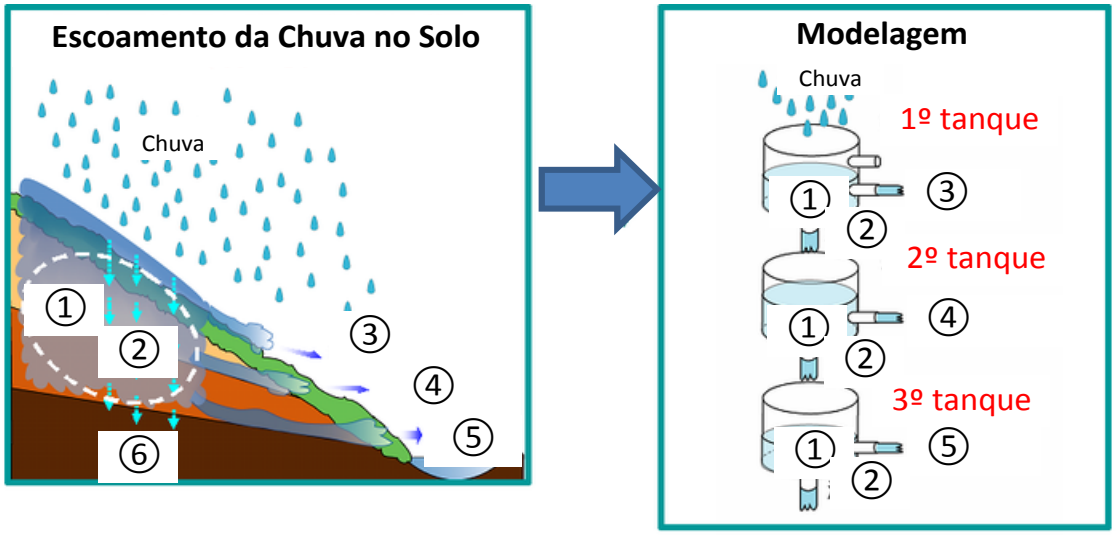
Fonte: Norma Brasileira de Estabilidade de Encostas NBR 11682/2009

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4*	1,3	1,2

② Métodos hidrológicos (modelo tanque)

Nesta abordagem analisa-se o escoamento por meio do modelo tanque, o qual pressupõe o evento quando o volume total acumulado nos tanques teóricos atingir um determinado valor. A previsão é orientada pelo histórico de acidentes e de desastres (correlacionando-se o volume nos tanques com os eventos deflagrados) (**Figura 8**). Este método, embora complexo, tem comprovada eficácia para a previsão de eventos e é amplamente empregado para a elaboração de alertas.

Figura 8: Representação esquemática do Modelo Tanque.

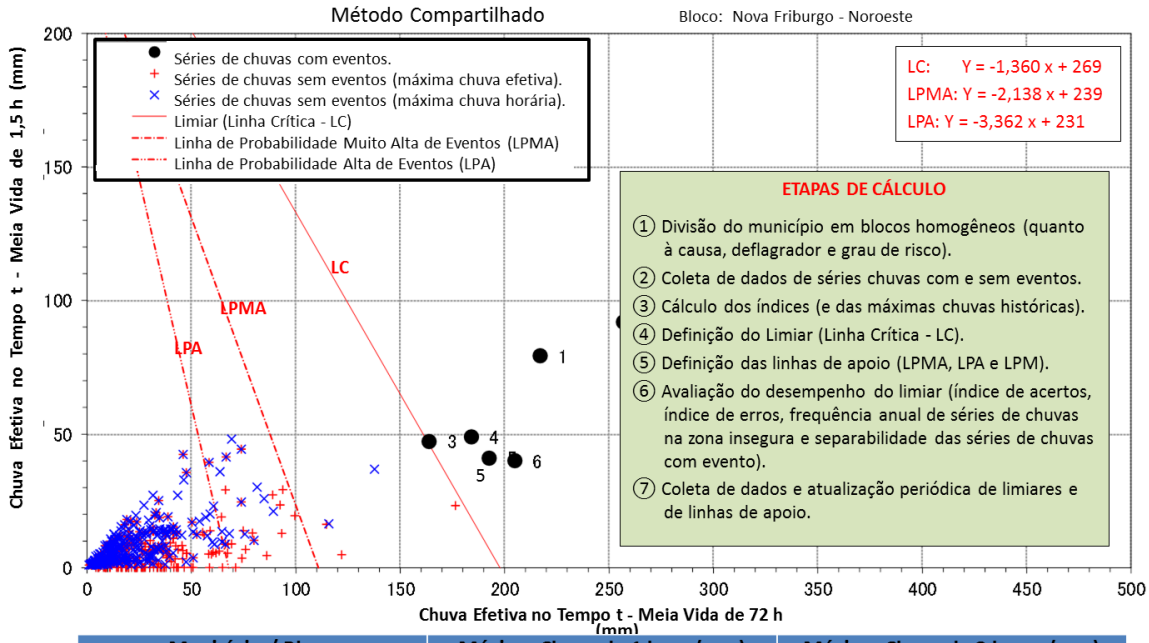


① Armazenamento ② Infiltração ③ Escoamento superficial ④ Escoamento subsuperficial ⑤ Escoamento subterrâneo ⑥ Rocha sã	① Armazenamento ② Infiltração ③ Escoamento superficial ④ Escoamento subsuperficial ⑤ Escoamento subterrâneo
O Índice de Água no Solo (IAS) é a soma dos volumes armazenados nos três tanques.	

③ Métodos estatísticos

Nesta abordagem, as chuvas que causaram os movimentos de massa (chuvas com evento) e as chuvas que não os causaram (chuvas sem evento) são organizadas para se delimitar a fronteira entre estas duas regiões (**Figura 9**). Assume-se que o limiar separe a zona segura e a zona insegura quanto à deflagração de eventos, sendo a base para o cálculo das demais linhas de apoio necessárias. Este método é normalmente renomeado conforme os índices de chuva utilizados. Por exemplo, há métodos que utilizam como índices a chuva total (chuva acumulada), a intensidade de chuva e a chuva efetiva. Além da chuva, indicadores como topografia e geologia podem ser utilizados na chamada análise de correlação múltipla.

Figura 9: Representação esquemática do Método Compartilhado



Município / Bloco	Máxima Chuva de 1 hora (mm)	Máxima Chuva de 2 horas (mm)
Nova Friburgo - Noroeste	50	80

De maneira geral, pode-se dizer que na abordagem ① a análise é teórica; na abordagem ② é semiteórica; e na abordagem ③ é empírica (estatística).

A abordagem ③ é muito apropriada para a previsão de movimentos de massa em grandes áreas, pois, não necessita da complexa análise de escoamento, como no caso do modelo tanque. Os limiares e as linhas de apoio são determinados plotando-se os dados históricos das chuvas com e sem evento (calculados conforme os índices de chuva adotados).

2.2.1 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PREVISÃO

Uma vez que o método estatístico de previsão de movimentos de massa não requer análises complexas, ele é adequado para prever eventos para áreas de grandes dimensões, sendo aplicável a todas as áreas de risco dos municípios monitorados, em curto prazo e com custo–benefício aceitável.

Outra vantagem é que o método estatístico não exige gastos em investigações, ensaios, e análises, nem a criação de novas redes observacionais (para deslocamento do solo/rocha na encosta e do nível d'água subterrânea, no caso).

O Brasil, até o momento, vem utilizando o método estatístico com representação unidimensional (índice de chuva total somente no eixo y) e cálculo pela chuva total em um dado período (sendo mais comumente empregados como índices os totais calculados em intervalos de 1, 12, 24, 48, 72 e 96 h), conforme ilustrado na **Figura 10**. Têm-se, ainda, metodologias com

representação bidimensional, porém, com mesmo método de cálculo. Contudo, o nível de precisão da previsão de eventos é baixo, em ambos os casos.

No Japão, onde a pesquisa científica com os métodos estatísticos de previsão de movimentos de massa está avançada, merecem destaque alguns conhecimentos acumulados:

a) foram desenvolvidos métodos de previsão de eventos que empregam dois índices de chuva simultaneamente, um de curto (eixo y) e outro de longo prazo (eixo x), os quais são calculados em termos de chuva efetiva com meia-vida de 1,5 horas e de 72 horas (ou seja, descontando-se do volume total acumulado aquela parcela de chuva que é perdida em virtude da meia-vida adotada[4]), conforme a **Figura 11**;

b) o valor da previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 e 2 horas) é integralmente somado aos valores instantâneos das chuvas efetivas anteriormente calculadas;

c) empregam-se as funções de rede neural de base radial (RBFN[5]) para representação da distribuição de frequência de chuvas sem evento (**Figura 12**), às quais se associa o limiar para eventos (**Figura 13**); ou seja, associam-se os desastres a uma frequência estatística de chuva observada de volume conhecido, obtendo-se maior flexibilidade e precisão no traçado e interpretação do limiar agora tridimensional.

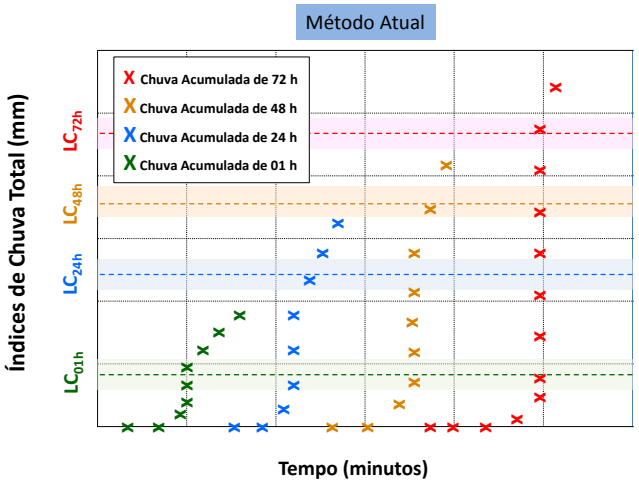
O resultado obtido no Japão tem grande correlação com o método de análise de escoamento, que se baseia no modelo de tanque, e apresenta bom nível de precisão na previsão de movimentos de massa, com procedimento muito menos complexo e oneroso que aquele.

Para escolher e definir o método de previsão de movimentos de massa é extremamente importante considerar os diversos aspectos condicionantes, como as características dos eventos registrados, situações e condições da rede observacional, nível de precisão da tecnologia de previsão pluviométrica, quantidade de dados de chuvas com e sem eventos, bem como o nível de habilidade no monitoramento dos índices de chuva efetiva. A avaliação dos aspectos mencionados aponta para a necessidade de adoção e o aprimoramento dos procedimentos por etapas, passo a passo.

[4] O conceito de meia-vida é idêntico àquele empregado para o decaimento radioativo (no qual, a cada período fixo de tempo, a metade da massa inicial do elemento radioativo naquele período de tempo é perdida). Aqui a lógica é que, a cada período de tempo fixo, denominado de meia-vida, o volume de água retida no solo caia à metade.

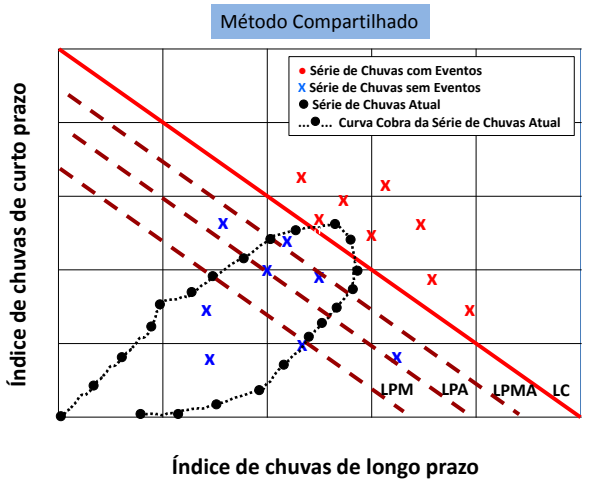
[5] Funções de rede neural de base radial (RBFN): Para informações adicionais, ver Haykin (2009).

Figura 10: Ilustração de limiar unidimensional



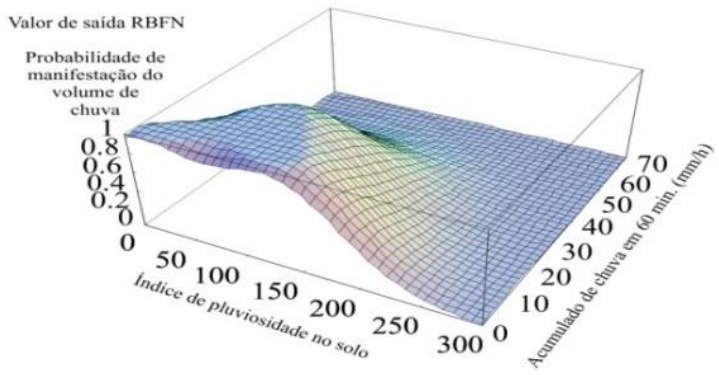
Fonte: Kuramoto, 2015.

Figura 11: Ilustração de limiar bidimensional



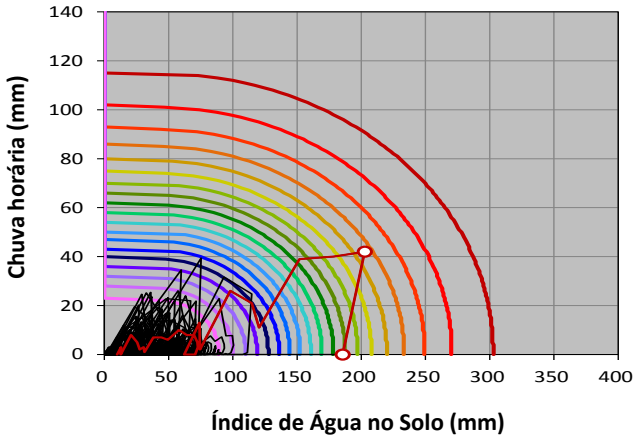
Fonte: Kuramoto, 2015.

Figura 12: Ilustração de limiar tridimensional - representação em bloco



Fonte: Kuramoto, 2015.

Figura 13: Ilustração de limiar tridimensional - representação em planta

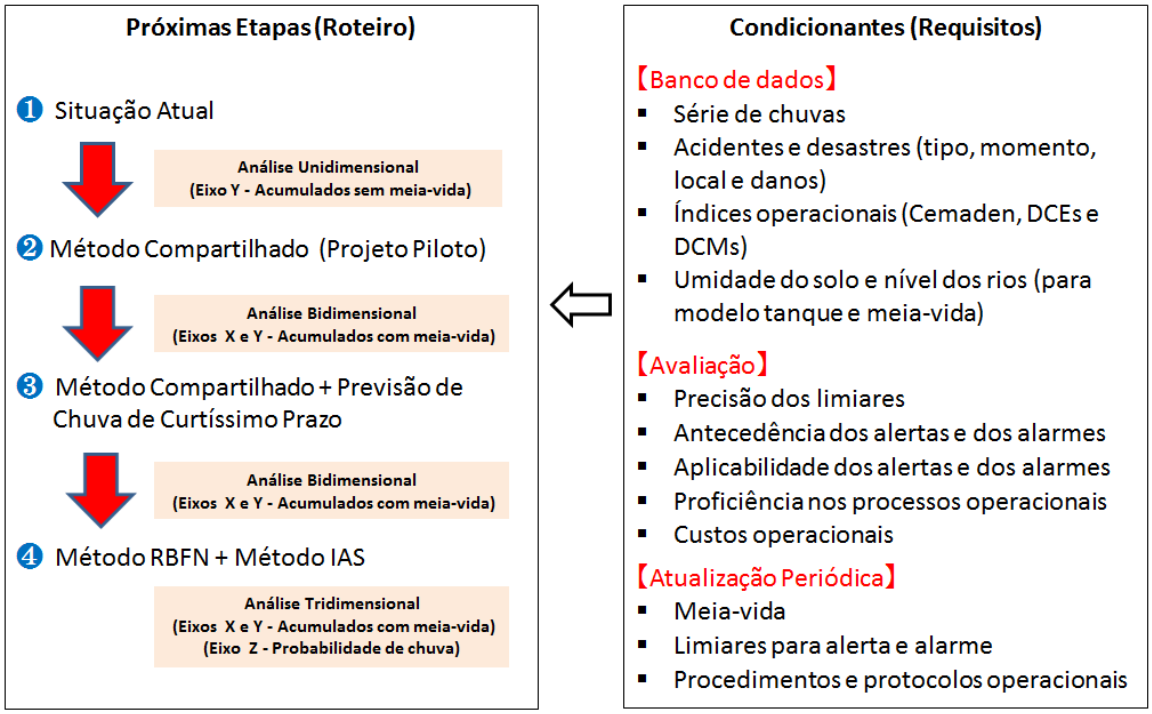


Fonte: Kuramoto, 2015.

Desse modo, concomitantemente à melhoria da rede observacional e à ampliação do tamanho da série de dados de chuva com e sem eventos, tendo em conta a previsão de deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos no Brasil, a proposta é (**Figura 14**), subsequentemente: (i) evoluir do método atual (estágio 1), de previsão por índice de chuva total (unidimensional ou bidimensional), para o Método Compartilhado (estágio 2), de previsão por índices de chuva efetiva (bidimensional); (ii) posteriormente incorporar a previsão de chuva de curtíssimo prazo (estágio 3) aos índices de chuva efetiva (bidimensional); (iii) atingir o método que utiliza a RBFN e o índice de umidade no solo (estágio 4) (tridimensional).

Na versão atual deste Manual, somente o estágio 2 será abordado em detalhe. Os demais métodos estão brevemente descritos no **Apêndice A** deste Manual.

Figura 14: Etapas para desenvolvimento do método de previsão de movimentos de massas



2.2.2 O MÉTODO COMPARTILHADO

Considerando-se a atual situação no Brasil — em termos de pequena dimensão da série de dados (de chuvas e de eventos), de bases topográficas e geológicas disponíveis e de tecnologias para previsão da chuva futura —, o Método Compartilhado apresenta-se como o mais indicado para o uso em relação à previsão do evento. Quando tais deficiências forem sanadas, em particular quando a previsão de chuva de curtíssimo prazo e o cálculo do IAS estiverem disponíveis, o Método do Modelo Tanque e o Método da Análise RBFN poderão ser utilizados.

No Método Compartilhado, as linhas de referência são estabelecidas por meio de dois índices de chuva efetiva que estimam o volume de água no solo e no subsolo, através de cálculos simples. As meias-vidas utilizadas são de 1,5 horas (que corresponde ao volume armazenado no primeiro tanque do Modelo Tanque e representa as características do solo superficial) e de 72 horas (que corresponde ao volume armazenado no segundo e terceiro tanques do Modelo Tanque e representa as características do subsolo).

A meia-vida traduz as características de infiltração, de escoamento e de armazenamento de água no solo, de modo que se poderia pensar em estabelecê-las por região ao invés de área de risco por área de risco. Em relação à meia vida de 1,5 horas não se espera muita diferença de uma região para outra, porém, em relação à meia vida de 72 horas, pode ser necessário um estudo mais amplo, avaliando-se a variabilidade regional das características do meio físico e a distribuição das chuvas, obtendo-se a meia-vida por tentativa e erro, por meio de retroanálise das séries de chuvas com e sem evento.

Em estudos realizados em diversas regiões do Japão, verificou-se que um mesmo par de meias-vidas pode ser aplicado a várias regiões, bem como que o Método Compartilhado, que em princípio tinha como alvo principal a deslizamentos planar, rotacional e os eventos generalizados, também é eficaz para a previsão de fluxo de detritos.

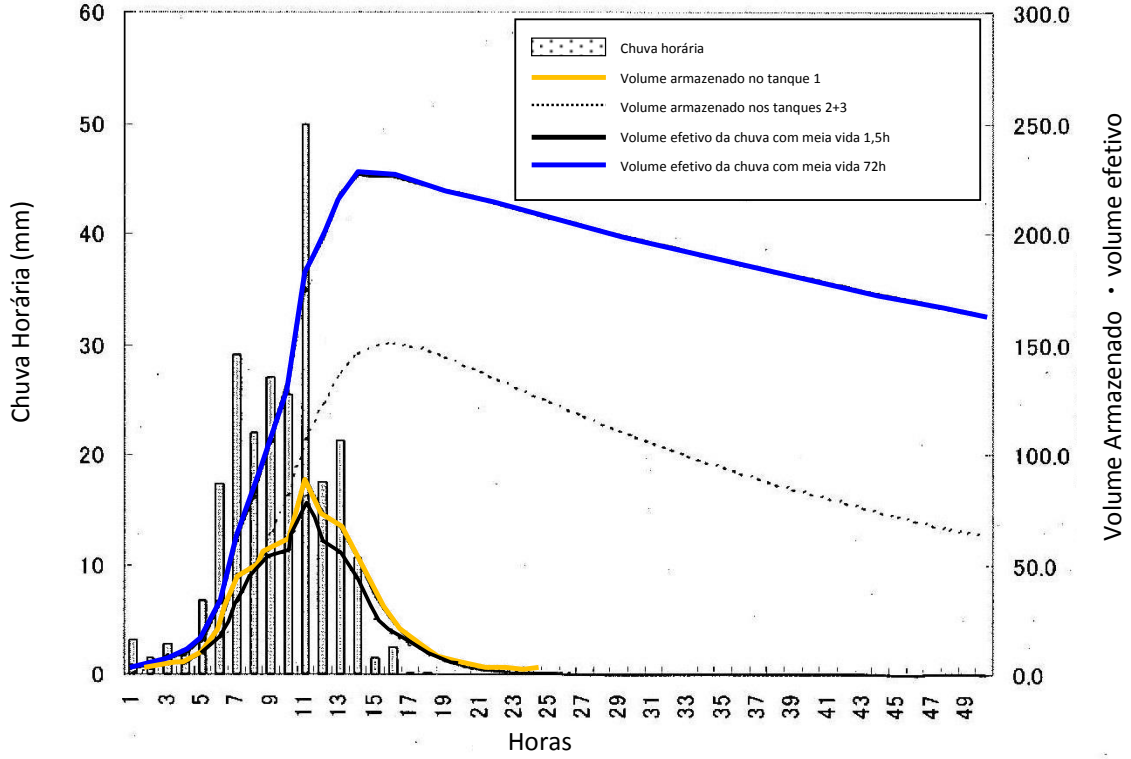
O Método Compartilhado tem alto grau de correlação com o Método do Modelo Tanque, conforme mostra a relação entre o índice de chuva efetiva e o Índice de Água no Solo (IAS) calculado pelo Modelo Tanque (**Figura 15**), o que assegura boa precisão. Nota-se grande semelhança entre o volume armazenado no primeiro tanque (o qual representa a variação da água superficial) e a chuva efetiva de meia vida de 1,5 horas, e entre o volume armazenado nos tanques dois e três (os quais representam a variação da água subterrânea) e a chuva efetiva de meia vida de 72 horas.

A vantagem é que a análise pelo Método Compartilhado depende somente de dois parâmetros (chuva observada e meia vida para cálculo da chuva antecedente) (**Figura 9**), enquanto o Modelo Tanque de três estágios demanda o ajuste de onze parâmetros (**Figura 8**), dentre eles chuva observada, altura das saídas dos tanques, taxas de infiltração e coeficientes de escoamento superficial e lateral dos tanques.

Outro aspecto é a maior flexibilidade do Método Compartilhado para o rebaixamento dos alertas, não sendo necessário aguardar 24 horas depois da série de chuvas, como ocorre no caso do Método da Diretriz.

Além de ser mais simples utilizar, em comparação ao uso do IAS do Modelo Tanque, o índice a chuva efetiva é o mesmo proposto por Yano (1990), unificando o método de previsão de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos.

Figura 15: Relação entre o modelo tanque e a chuva efetiva



O cálculo do limiar pelo Método Compartilhado e o seu uso tem as seguintes particularidades:

a) O limiar é definido a partir da distribuição das séries de chuvas com e sem eventos, em gráfico XY, expressas por meio de dois índices de chuva efetiva;

b) O método aplica-se às áreas de risco em contextos residenciais e não residenciais;

c) A partir do limiar, são construídas linhas de apoio que expressam as máximas chuvas históricas de 1, 2 e 3 horas na região analisada. Enquanto o limiar separa a zona segura da zona insegura, as linhas de apoio são pontos de controle que marcam o tempo que falta para se adentrar a zona insegura (respectivamente 1, 2 e 3 horas), medido pelo "relógio pluviométrico", ou seja, pela máxima chuva histórica que pode ocorrer naqueles três intervalos. As linhas de apoio são derivadas do limiar, porém, no gráfico XY, não são paralelas a este;

d) Os índices de chuva efetiva são calculados pela soma da chuva antecedente dos sete dias anteriores (descontadas pela aplicação de meias-vidas, uma para o índice de chuva efetiva de curto prazo e outra para o índice de chuva efetiva de longo prazo). Esses mesmos procedimentos de cálculo também são utilizados para a representação da série de chuvas atual no gráfico XY;

e) A probabilidade de algum evento pode ser avaliada graficamente, por meio da observação da evolução dos índices de chuva efetiva da série de chuvas atual (curva cobra) em relação às linhas de apoio e ao limiar;

f) O limiar e as linhas de apoio são apropriados à operação com níveis de alertas e alarmes, de modo a se assegurar o tempo necessário à mobilização, à preparação e à evacuação, por parte das DCMs e da população das áreas em risco;

g) Quando a chuva se encerrar, os índices de chuva efetiva declinarão de modo uniforme, apontando para uma condição de menor probabilidade para eventos, de modo que podem ser utilizados para orientar o rebaixamento ou cessar dos alertas e dos alarmes ou para o cancelamento ou desmobilização da evacuação, conforme o caso;

h) Por ser um método embasado na estatística, é crucial ampliar a série de dados de chuvas com e sem eventos, bem como os dados descritivos dos eventos, de modo a se elevar a precisão da previsão fornecida pelos limiares.

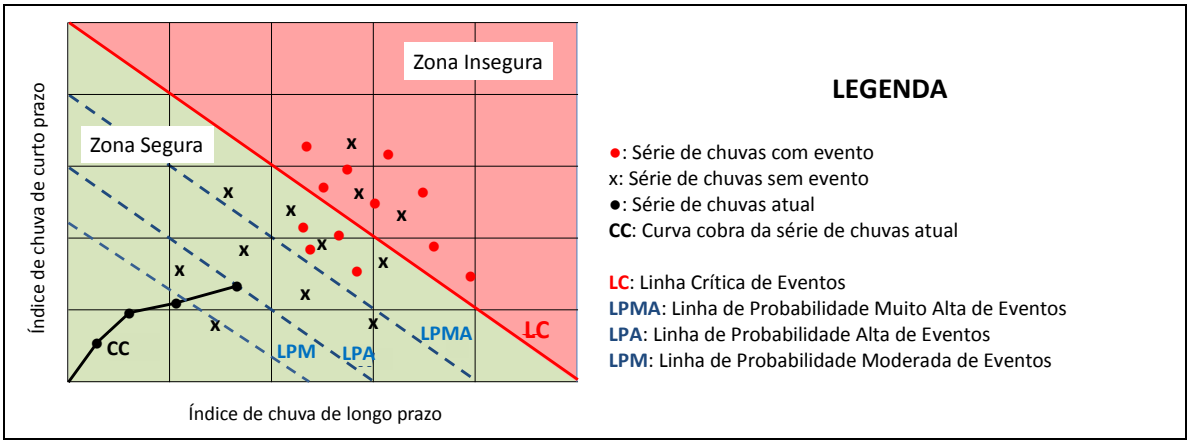
Em síntese, dentre os pontos fortes do Método Compartilhado incluem-se o fato de o cálculo ser simples (quando comparado com o Modelo Tanque); da precisão das previsões ser elevada (quando comparado com o Método da Diretriz); da meia vida utilizada para o cálculo da chuva efetiva ser aplicável a regiões maiores que uma área de risco; e pelo método ser preciso para prever deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos.

Contudo, pelo fato de o limiar ser representado por uma reta (y= ax + b), e não por um único número, conforme prática corrente no Brasil, inicialmente, poderá haver maior dificuldade para o seu entendimento.

2.3 CÁLCULO DO LIMIAR

A correlação entre o índice de chuva efetiva de longo prazo e o índice de chuva de curto prazo, os quais serão gerados para cada município, é apresentada de forma esquemática na **Figura 16**. Para apoiar a interpretação da evolução do gráfico da curva cobra e as implicações disto em termos de probabilidade de acidentes e de desastres, são definidas linhas de apoio, como mencionado anteriormente, tais como LC, LPMA, LPA e LPM. Desse modo, este gráfico também serve de indicativo da separabilidade dos eventos de grande magnitude (curva cobra adentrando a zona insegura) daqueles de menor magnitude (curva cobra ainda na zona segura).

Figura 16: Representação esquemática das séries de chuvas, linhas de referência e curva cobra



Os limiares a serem calculados precisam, antes de seu uso para elaboração e transmissão de alertas e de alarmes, ser validados conjuntamente pelo Cemaden e pelas Defesas Civis Estadual e Municipal.

2.3.1 DEFINIÇÃO DOS BLOCOS PARA CÁLCULO DOS LIMIARES E PARA ELABORAÇÃO DO ALERTA

Os alertas transmitidos pelo Cemaden são informações de suporte que as DCMs utilizarão para sua tomada de decisão em relação aos alarmes para a população das áreas em risco. É imprescindível uma correta definição prévia da região na qual o alerta será aplicável, tanto para garantir a precisão da previsão dos acidentes e desastres como na tomada de decisão em relação aos alarmes.

Como regra geral, os alertas serão transmitidos e deverão ser aplicados às áreas mapeadas conforme o Manual de Mapeamento. O referido manual indica que as áreas de risco sejam mapeadas conforme as condições topográficas, os indícios de instabilização no terreno (mapeamento de perigo) e, ainda, que se considere o nível de resistência das construções (classificação da vulnerabilidade das construções). Desse modo, as áreas de risco são classificadas em R1 – risco baixo; R2 – risco moderado; R3 – risco alto; e R4 – risco muito alto, conforme o **Quadro 2**.

Quadro 2: Classificação e descrição de riscos

Risco	Descrição
Baixo (R1)	Ausência de indícios de instabilidade no terreno, alto nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é baixa a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Moderado (R2)	Há indícios pouco claros de instabilidade no terreno, alto a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é moderada a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Alto (R3)	Indícios claros de instabilidade no terreno, baixo a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Muito alto (R4)	Presença marcante de indícios de instabilidade no terreno e baixos níveis de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é muito alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.

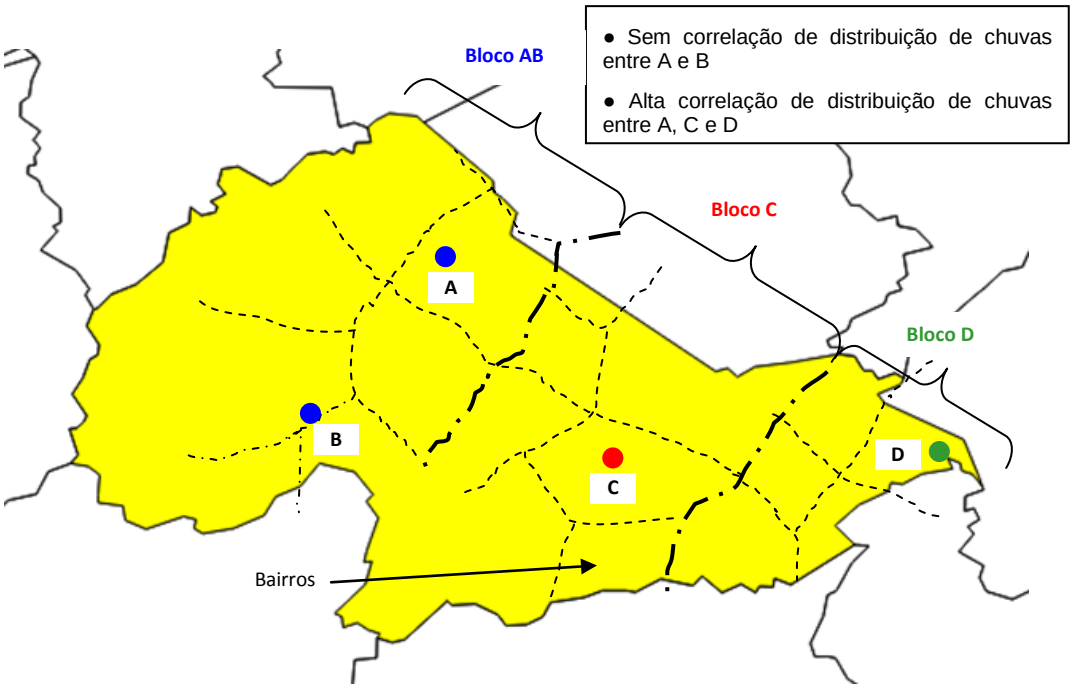
Fonte: Manual de Mapeamento – Projeto Gides.

Nos municípios com área extensa, diferentes contextos de meio físico fazem surgir diferenças significativas em relação à probabilidade de deflagração de eventos nas diferentes áreas de risco (geologia, declividade, amplitude de encostas etc.). Nesses casos, deve-se subdividir a área do município, definindo-se blocos que abrangerão áreas de risco com probabilidade similar quanto à deflagração de eventos, de acordo com as características do meio físico e das chuvas ali incidentes. As condições de vulnerabilidade também devem ser consideradas (das edificações, da população e da própria DCM em atender a uma dada área de risco) nesta subdivisão. Contudo, caso a diferença seja apenas na distribuição das chuvas e não nas condições do meio físico, é conveniente subdividir apenas o monitoramento dessas regiões, mantendo-se um único limiar para toda a área do município.

Assim, uma vez obtidos os mapeamentos, a próxima etapa é definir os blocos para cálculo do limiar, ou seja, decidir quantos limiares serão necessários de serem calculados para um dado município, se um único ou se algumas áreas de risco devem ser agrupadas em diferentes blocos, demandando, consequentemente, diferentes limiares.

A **Figura 17** ilustra situação hipotética em que foi necessário dividir o município em três blocos (em virtude das diferentes condições de deflagração de processos condicionados pelo meio físico) e, consequentemente, três limiares foram calculados (unidades AB, C e D), utilizando-se dados de chuvas representativas de cada um deles. Nota-se que o bloco AB possui dois pluviômetros, porém, em princípio, não é possível reduzir este número, visto não haver correlação da chuva medida por ambos.

Figura 17: Exemplo de definição de blocos para cálculo de limiar, segundo critérios de meio físico e de correlação pluviométrica.



Outra situação é a atribuição de limiar para áreas de risco fora da cobertura da rede observacional (tendo em conta que 2,5 km é o raio operacional limite para a eficácia da utilização dos dados de um determinado pluviômetro automático). Nesse caso, um estudo técnico específico deve ser conduzido para atribuir um limiar convencionado, até a instalação de um equipamento adicional que atenda a área sem cobertura.

2.3.2 CRITÉRIOS PARA CÁLCULO DOS LIMIARES

Uma vez definidos os blocos, o próximo passo é calcular qual o limiar para cada um deles, para cada cenário de risco (deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos), com base nos dados de chuva e no histórico de eventos registrados. Nessa tarefa, é essencial que se obtenha uma boa separabilidade das chuvas com e sem evento, avaliada pelo confronto do índice de acerto (IA), Índice de Eventos abaixo da LC (IE) e frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI), propiciada pelas alternativas de limiar avaliadas.

É desejável que o índice de acerto (IA) seja o mais alto possível e que o Índice de Eventos abaixo da LC (IE) e a frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI), os mais baixos possíveis. No entanto, o IA mostra tendência inversamente proporcional aos IE e a FZI. Níveis elevados de índice de acerto podem trazer como consequência o aumento da frequência anual de séries de chuvas na zona insegura, com aumento de demanda sobre a população (traduzida por um maior número de alertas vazios ou alertas falsos), fazendo com que se diminua a confiança nos

alertas e nos alarmes. Tais fatos somente reforçam a necessidade de que o limiar seja decidido mediante entendimentos diretos com as Defesa Civis Estaduais e Defesa Civis Municipais.

Os exemplos de separabilidade dos limiares calculados para os municípios piloto (**Tabela 1**) e a correspondente quantidade de alertas que seriam transmitidos no período investigado, entre 2008 a 2011, demonstram que, com os novos limiares, o número de alertas seria menor em comparação à sistemática atual. No exemplo do Município de Petrópolis, para manter em 100% o índice de acerto, haveria a necessidade de transmitir 25 alarmes de evacuação por ano. Em consequência, a taxa de alertas vazios seria de um em quatro (25%), ou seja, seis alertas vazios por ano.

Tabela 1: Índices de desempenho do limiar calculado para os municípios-piloto

Municípios	Período de Coleta dos Dados de Chuvas Com e Sem Eventos	Índice de Acerto[(1)] (Maior é melhor)	Índice de Eventos abaixo da LC [(2)] (Menor é melhor)	Taxa de Alertas Vazios [(3)] (Menor é melhor)	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura [(4)] (Menor é melhor)
Nova Friburgo	2008 – 2013	100%	0%	0%	1
Petrópolis	2011 – 2013	100%	0%	25%	25
Blumenau	2008 – 2011	100%	0%	0%	2

Notas:

(1): Curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar) e algum evento (acidente ou desastre) foi registrado.

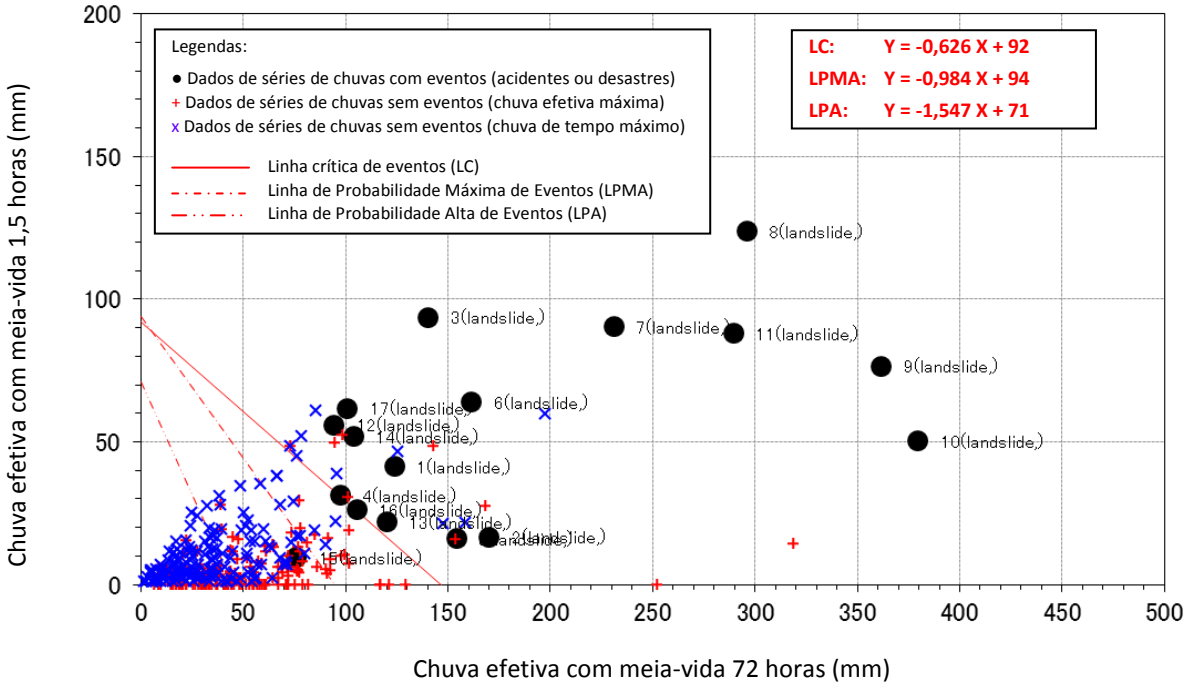
(2): Curva cobra manteve-se abaixo da Linha Crítica (limiar), porém, algum evento (acidente ou desastre) foi registrado.

(3): Curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar), porém, nenhum evento (acidente ou desastre) foi registrado.

(4): Quantidade de vezes por ano que a curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar), no período de tempo considerado.

Na **Figura 18**, que ilustra o caso do Município de Petrópolis, nota-se que não foi possível a representação da Linha de Probabilidade Moderada (LPM), pois esta cairia fora do campo do gráfico. Outro aspecto a notar é que há dois grupos distintos de eventos. Ambos os aspectos levantam a necessidade de investigação adicional dos eventos nestes dois grupos (tipo de processo, residências destruídas, quantidade de óbitos) e de eventual revisão do limiar.

Figura 18: Exemplo de gráfico para cálculo do limiar de movimento de massa (Alto da Independência, Petrópolis - RJ, dados no período 2008 - 2011).



2.3.3 DADOS NECESSÁRIOS PARA CÁLCULO DE LIMIAR

O Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão coletar os dados de chuva (em suas redes observacionais), mesmo em estágio de vigilância, os quais devem ser integrados, consistidos e disponibilizados em uma plataforma comum a todos os usuários do SAA.

As informações sobre chuvas com eventos (tipo de processo, local, data, hora exata), bem como as informações complementares a elas relacionadas (casas destruídas, óbitos etc.), deverão ser coletadas pelas DCMs, com apoio da população das áreas de risco. É conveniente que os indícios de eventos (degraus de abatimento no solo, rachaduras no solo e/ou em edificações etc.) também sejam coletados. Essas tarefas devem ser iniciadas o mais cedo possível, a partir do momento de intensificação da chuva, utilizando-se os canais de comunicação local com a população, além das eventuais vistorias da própria DCM.

É essencial definir previamente os responsáveis pelo levantamento, coleta e registro destas informações, bem como padronizar os formulários *on-line* para tal. Ambos os conjuntos — dados de chuvas com eventos e de chuvas sem eventos — são indispensáveis para o cálculo dos limiares a serem utilizados na previsão dos eventos, os quais servirão tanto aos alertas como aos alarmes.

Nos casos de alerta vazio, há a necessidade de se efetuar inspeções detalhadas nos locais alertados, para se certificar que realmente não houve qualquer evento (ou indícios destes - degraus de abatimento, trincas etc.).

Cabe lembrar que somente com os dados de chuvas sem eventos é possível se determinar o limiar inferior para previsão de eventos (embora com precisão menor que quando também há disponibilidade dos dados de chuvas com evento).

De modo sistemático, preferencialmente depois da temporada das chuvas, podem ainda ser efetuadas vistorias e/ou tomadas de fotografias aéreas das áreas de risco, para verificação adicional de eventos ou para a confirmação da ausência destes. Estes dados devem ser comparados com as séries de chuvas do período, servindo de subsídio à avaliação da precisão do limiar.

Monitoramento pluviométrico[6]

O deslizamento planar, o deslizamento rotacional e o fluxo de detritos são causados pela chuva e, portanto, a coleta de dados de chuvas é um dos fatores mais importantes para a previsão dos movimentos de massa. O Cemaden, as DCEs e as DCMs instalaram e monitoram o volume de chuva em plataformas de coletas de dados (PCDs)[7] de suas respectivas redes observacionais. Tais dados também podem ser obtidos junto a outros órgãos, como CPTEC, Epagri-Ciram, Inea, AlertaRio, AlertaBlu, Simepar, entre outros.

Os dados de chuva provêm principalmente da medição instantânea em pluviômetros automáticos. Há uma tendência de crescimento na utilização de dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo proveniente dos radares meteorológicos. A rede de pluviômetros automáticos, contudo, deverá ser mantida, tanto como redundância[8] como para calibração dos radares meteorológicos.

Os dados coletados, tanto dados observados (PCDs, radares, satélites meteorológicos etc.) como as previsões de diferentes fontes (modelos, previsões de chuva de curtíssimo prazo), devem ser integrados, consistidos e disponibilizados para acesso *on-line* pelas DCEs, DCMs e população.

Dados de eventos - acidentes e desastres

A precisão do limiar dependerá fortemente da exatidão com que se conhece o horário dos eventos, informação cuja coleta depende fundamentalmente da Defesa Civil Municipal. Outros dados também são importantes para o cálculo e revisão do limiar, tais como o local do acidente ou desastre (coordenadas geográficas), a quantidade de edificações destruídas e a de óbitos, o volume de material movimentado, dentre outros.

Por outro lado, quando se coleta uma grande quantidade de dados de eventos, pode haver dados vagos e/ou ambíguos. Quando tais casos forem detectados, observações correspondentes devem ser anexadas e arquivadas junto aos respectivos registros destes eventos.

[6] O monitoramento pluviométrico, no caso do Brasil, se restringe ao monitoramento das chuvas, visto que a incidência de outras formas de precipitação pluviométrica (neve, granizo, neblina, geada, garoa, por exemplo) não é significativa.
[7] Plataformas de coletas de dados (PCDs) são equipamentos que efetuam a coleta, o armazenamento e a transmissão automática de dados de um determinado equipamento de medição (pluviômetro automático, fluviômetro, extensômetro etc.).
[8] Embora normalmente associado com excesso dispensável, quando aplicado na acepção de redundância de dados e informações, o significado é o de duplicação para garantia de segurança, tanto na medição como no arquivamento destes.

Depois de acontecido o evento, é natural que a população e a Defesa Civil Municipal logo iniciem os trabalhos de socorro e de recuperação, o que pode dificultar a coleta dos dados descritivos necessários. Assim, os levantamentos e as inspeções *in loco* devem ser realizadas com rapidez, imediatamente após os eventos, enquanto o cenário real ainda esteja intacto ou pouco alterado. Para tanto, as DCMs e as DCEs deverão possuir profissional específico para a realização destas investigações, preferencialmente, de modo simultâneo às atividades de resposta, sobretudo para eventos maiores e/ou em áreas onde o desempenho do limiar não seja o desejado. Uma boa documentação fotográfica sempre deve ser obtida e arquivada e enviada ao Cemaden, para que, se julgar necessário junto com as DCMs e DCEs, revise o limiar para uma determinada localidade.

Exemplos de conteúdo dos relatórios de eventos relevantes são mostrados nos **Apêndices B e C**. Outros levantamentos e relatórios elaborados pelas DCMs também devem ser utilizados como fonte de informação, conforme descrito a seguir.

Relatórios de atividades de prevenção de desastres

O registro das várias atividades da Defesa Civil Municipal constitui uma ferramenta útil para o aperfeiçoamento da prevenção de desastres, sobretudo daquelas relacionadas à evacuação nas situações de alerta. A eficácia de vários aspectos pode ser avaliada, tais como: a precisão do limiar, a antecedência e a aplicabilidade operacional do alerta elaborado pelo Cemaden ou pelas DCEs; a transmissão do alarme de evacuação para as populações; as atividades desde a evacuação; o momento da liberação de acesso ou do retorno dos moradores à área em risco.

A avaliação crítica da dinâmica de cada uma destas atividades pode ressaltar tópicos para aperfeiçoamento deste protocolo, na direção de maior rapidez e segurança. É necessária atenção para itens como: qual o tempo gasto em cada atividade? Quais ações tiveram atraso em relação ao previsto? Quais problemas foram constatados? Quais procedimentos necessitaram ser alterados e/ou foram incluídos? Quais atividades produziram o objetivo geral pretendido para si (ou seja, foram eficazes)? Tais aspectos devem ser avaliados e registrados não somente em relação aos alertas, alarmes e operações de evacuação em situações reais, mas também em relação aos treinamentos e simulados realizados.

De modo geral, recomenda-se que todos os atores (Cemaden, Cenad, DCEs e DCMs) efetuem a avaliação de todas as atividades (monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas e de alarmes, evacuação e liberação da área de risco para retorno dos moradores, retroalimentação etc.). Anualmente, deve-se efetuar uma consolidação e avaliação conjunta, preferencialmente com avaliação preliminar em dois momentos sucessivos, por questões logísticas: (i) DCEs e DCMs; e (ii) Cemaden, Cenad e DCEs. O foco é a definição de tópicos e de metas para melhoria contínua, as quais serão objeto do trabalho de gestão integrada regionalizada, abordada no item 3.6.6 deste Manual.

Monitoramento de indícios precursores de eventos

Antes do evento propriamente dito (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais ou de fluxos de detritos), na maior parte dos casos, podem-se reconhecer indícios destes processos, observados nas encostas ou nos vales afetados.

Quando há residências nas encostas, podem surgir alguns tipos específicos de trincas nas edificações e/ou no solo, as quais são indicadoras de deslizamento planar ou de deslizamentos rotacionais e que, dessa forma, podem ser percebidas como indícios precursores da iminência destes eventos, sendo sinalizadoras do momento de proceder à autoevacuação. Outros indícios incluem a queda de materiais (lama ou de pequenos blocos de rocha), ruído de raízes de árvores estalando na encosta, o repentino aparecimento de surgência de água ou o turvamento repentino da água do córrego. Uma relação mais detalhada desses indícios precursores de eventos é apresentada no **Anexo A** deste Manual.

Na coleta dessas informações, além de proatividade, é necessário que a DCM construa um ambiente favorável à colaboração dos moradores das áreas de risco, mantendo canais de comunicação diversificados e ágeis em seu dia a dia. O Disque Defesa Civil ou um sistema colaborativo de coleta de dados[9], sua versão mais moderna, são opções a serem adotadas.

2.4 COMPROVAÇÃO DE APLICABILIDADE DO MÉTODO COMPARTILHADO

Para avaliar a aplicabilidade dos limiares calculados através do Método Compartilhado para previsão de movimentos de massa no Brasil (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos), foram calculados limiares para os municípios de Blumenau (SC), Nova Friburgo (RJ) e Petrópolis (RJ). Os dados básicos utilizados para esses cálculos estão descritos na **Tabela 2**. Os limiares obtidos encontram-se apresentadas nas **Figuras 19 a 21**.

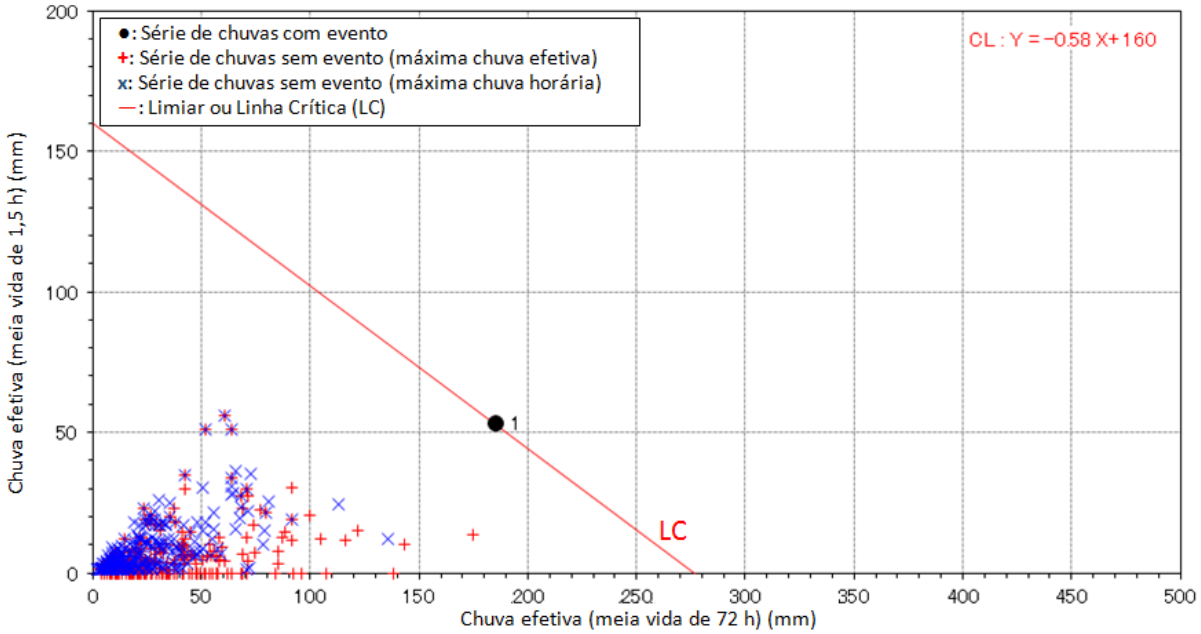
Tabela 2: Dados para o cálculo dos limiares para os municípios pilotos do Gides

Município	Período de dados de chuva	Quantidades de eventos no período
Blumenau	2008 a 2011	1 caso
Nova Friburgo	2008 a 2011	6 casos
Petrópolis	2008 a 2014	16 casos

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados obtidos junto às DCMs.

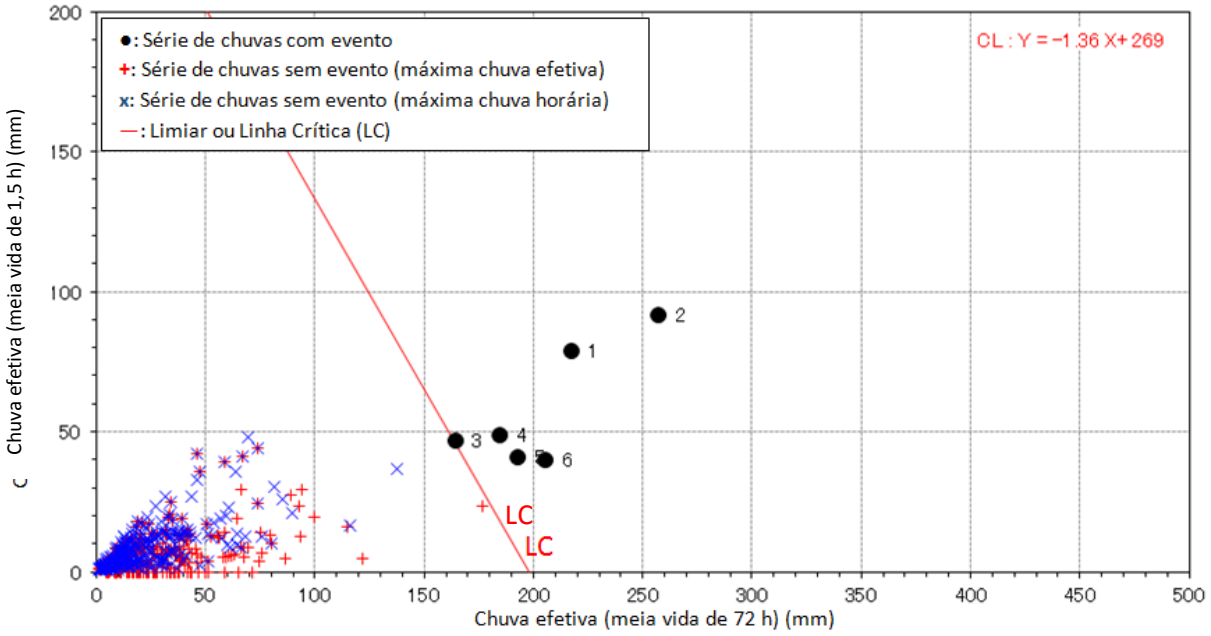
[9] Sistema colaborativo de coleta de dados: tradução do termo *crowdsourcing*, da língua inglesa, cujo sentido original expressa a pratica de se obter serviços, ideias ou informações, por meio de contribuições de um grande grupo de pessoas, especialmente da comunidade on-line e das redes sociais.

Figura 19: Limiar para o Município de Blumenau (Bloco Norte) - Método Compartilhado



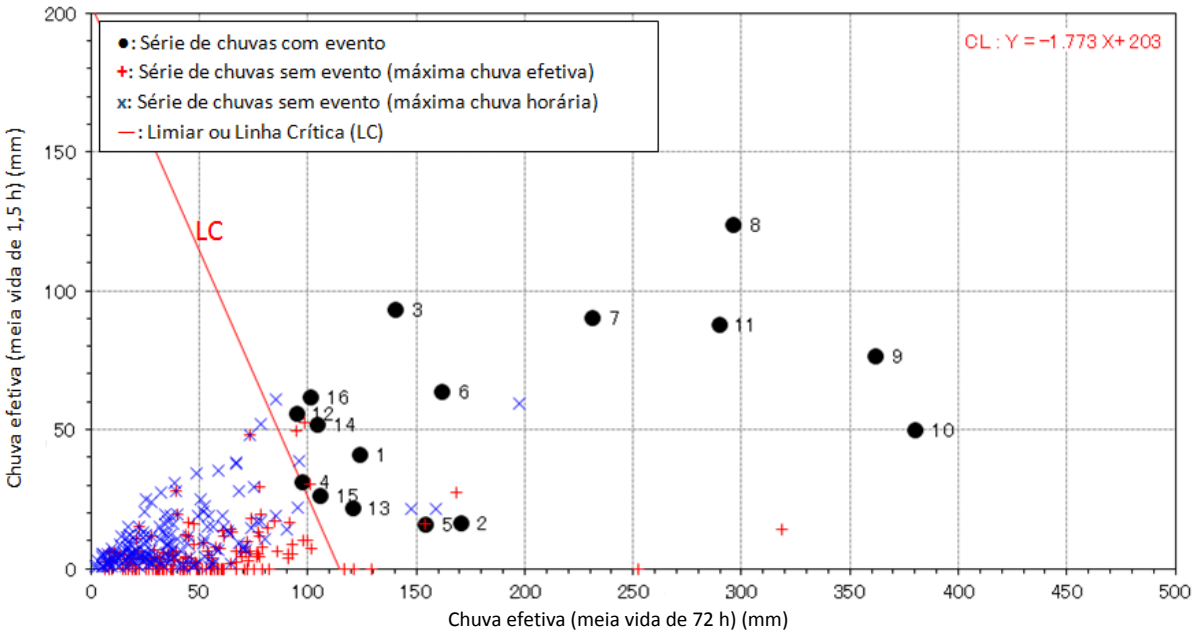
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados obtidos junto à DCM.

Figura 20: Limiar para o Município de Nova Friburgo (Bloco Noroeste) - Método Compartilhado



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados obtidos junto à DCM.

Figura 21: Limiar para o Município de Petrópolis - Método Compartilhado



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados obtidos junto à DCM.

Para a avaliação do desempenho do limiar, foram calculados a separabilidade, o índice de acerto, o Índice de Eventos abaixo da LC e a frequência na zona insegura, conforme as **Equações 1 a 5** (**Figura 22)**.

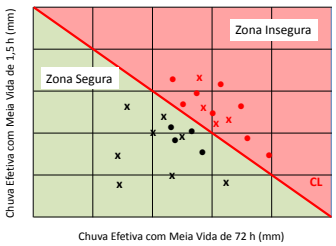
Quanto maior o grau de separabilidade e o índice de acerto, melhor a precisão do limiar. Por outro lado, são desejáveis menores índices de erros (ou eventos sem alertas ou alarmes emitidos) e baixa frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (menor número de alarmes vazios por ano).

Figura 22: Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura

IA = Cczi/(Cczi + Cszi)= Cczi/Zi (**Equação 1**)
IAV = Cszi/(Cczi + Cszi)=Cszi/Zi (**Equação 2**)
IEA = Cczs/(Cczi+Cczs)=Cczs/Cc (**Equação 3**)
IE = Cczi/(Cczi+Cczs)=Cczi/Cc (**Equação 4**)
FZI = (Cczi+Cszi)/N=Zi/N (**Equação 5**)

Onde:

IA:	Índice de Acerto
IE:	Índice de Eventos abaixo da LC
FZI:	Frequência anual de séries de chuvas na zona insegura
N:	Quantidade de anos de medição dos dados de chuva
Cczi:	Quantidade de séries de chuvas com evento na zona insegura
Cczs:	Quantidade de séries de chuvas com evento na zona segura
Cszi:	Quantidade de séries de chuvas sem evento na zona insegura
Cszs:	Quantidade de séries de chuvas sem evento na zona segura



x: Séries de chuvas sem evento na zona segura
x: Séries de chuvas sem evento na zona insegura
●: Séries de chuvas com evento na zona segura
●: Séries de chuvas com evento na zona insegura

Na **Tabela 3** é mostrada a comparação entre os Índices de Acertos (IA), Índice de Eventos abaixo da LC (IE) e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura (FZI) calculada para o Município de Petrópolis (**Figura 21**), onde a série de dados e a quantidade de eventos são maiores em relação aos demais municípios analisados (Blumenau e Nova Friburgo), justificando-se a análise apenas para este caso. Avaliando-se os dados ali apresentados, concluiu-se que, em relação ao Índice de Acerto, todos os métodos apresentaram bom desempenho, mas, em relação ao Índice de Eventos abaixo da LC da Previsão e à Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura, o Método Compartilhado apresentou melhores resultados.

Os resultados da análise de separabilidade das séries de chuvas sem e com evento (**Figuras 19** e **21**) pelo Método Compartilhado são mostradas na **Tabela 4**. De modo geral, a separabilidade mostrou-se bastante satisfatória.

Tabela 3: Avaliação do Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura para o município de Petrópolis.

Método de Cálculo do Limiar	**IA (%)**	**IE (%)**	**FZI (un./ano)**
Método A (meia-vida de um dia)	100	36	25
Método B (meia-vida de dois dias)	100	30	23
Método A (meia-vida de três dias)	100	38	26
Método B (meia-vida de um dia)	100	43	28
Método B (meia-vida de dois dias)	100	45	29
Método B (meia-vida de três dias)	100	41	27
Método Compartilhado	100	24	21
Observação	Maior é melhor	Menor é melhor	Menor é melhor

Tabela 4: Separabilidade das séries de chuvas com e sem evento (Método Compartilhado)

Nome do Município	Separabilidade das chuvas com evento	Separabilidade das chuvas sem evento
Blumenau	100%	100%
Nova Friburgo	100%	100%
Petrópolis	100%	97%

2.5 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PELO MÉTODO COMPARTILHADO

2.5.1 ETAPAS DE CÁLCULO

Como mostrado na **Figura 23**, como primeira etapa do procedimento para cálculo de limiar para um dado município, define-se a quantidade de blocos necessários (cada qual demandando um limiar independente); em seguida definem-se os pluviômetros automáticos que serão utilizados para a coleta dos dados de chuva (em cada bloco, no caso das séries de chuvas com eventos, e para o município, no caso das séries de chuvas sem eventos). Os dados são então organizados, tanto para séries de chuvas sem eventos como para séries de chuvas com evento (cuidando-se de classificar os eventos em isolados ou múltiplos). Então, elabora-se o gráfico XY das chuvas efetivas com meias-vidas de 1,5 e 72 horas e traçado o limiar (linha crítica - LC) e as linhas de apoio ou de referência (LPM, LPA, LPMA).

2.5.2 DIMENSIONAMENTO DO BLOCO PARA CÁLCULO DOS LIMIARES

É necessário estabelecer os limiares para cada vale ou encosta, porém, nos casos de semelhança na topografia, geologia, vegetação, clima etc., pode-se utilizar um mesmo limiar para várias encostas e vales, pela praticidade.

Assim, faz-se o zoneamento das regiões que possuem probabilidades similares de evento (causa principal e deflagrador) e estas são tratadas da mesma forma em termos de grau de risco.

No Japão, quando não há heterogeneidades muito marcantes quanto à probabilidade de eventos, os blocos são estabelecidos utilizando-se a escala de municípios, que são as menores unidades que operaram o plano regional de prevenção de desastres naquele País.

2.5.3 COLETA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS DAS SÉRIES DE CHUVAS COM E SEM EVENTO

Séries de chuvas com evento

Esta tarefa consiste em obter e organizar os dados da chuva com evento, a partir de: (i) levantamento de antigos desastres, por meio de documentos (relatórios e formulários da Defesa Civil, jornais etc.) e de entrevistas; (ii) consulta dos dados do pluviômetro automático mais próximo da área de risco onde ocorreu o acidente ou desastre.

Figura 23: Procedimento para cálculo do limiar e das linhas de apoio pelo Método Compartilhado

Divisão do município em blocos homogêneos (quanto ao tipo de processo, agente deflagrador e grau de risco)

① Análise das condições de pluviosidade, topografia, geologia, solos, vegetação, uso do solo e vulnerabilidades.
② Definição da quantidade de blocos a utilizar.

Definição dos pluviômetros automáticos para o levantamento dos dados de chuva

① Levantamento da localização dos pluviômetros automáticos e dos períodos de medição disponíveis.
② Definição do pluviômetro automático representativo das chuvas sem evento (por bloco ou por município).
③ Definição do pluviômetro automático representativo das chuvas com evento (mais próximo da área de risco onde ocorreu o evento - acidente ou desastre).

Levantamento das séries de chuvas com evento

① Identificação dos acidentes e desastres (data, horário e local).
② Identificação das séries de chuvas com evento (data e hora de início e fim).
③ Cálculo da chuva efetiva no momento do evento.

Levantamento das séries de chuvas sem evento

① Identificação de dados das séries de chuvas sem evento.
② Cálculo da chuva efetiva das séries de chuvas sem eventos.
③ Cálculo das máximas chuvas históricas do bloco ou do município (de 1, 2 e 3 horas).

Descrição das séries de chuvas com evento

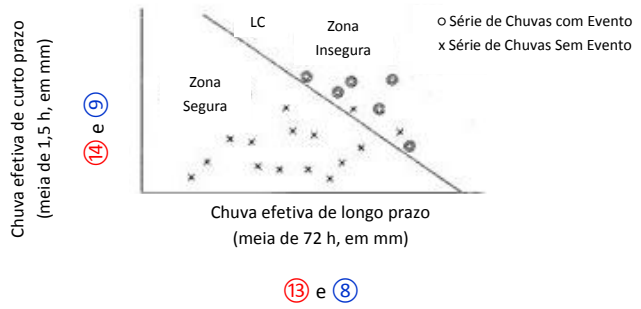
① Número do evento
② Tipo de processo.
③ Número da área de risco.
④ Nome da localidade ou do vale afetado.
⑤ Coordenada geográfica do ponto central do evento: da área fonte (para deslizamentos) ou da área de atingimento (para fluxo de detritos).
⑥ Danos (mortos; desaparecidos; feridos; edificações destruídas; edificações parcialmente destruídas).
⑦ Volume estimado de material mobilizado pelo evento.
⑧ Data e horário do evento.
⑨ Nome do pluviômetro automático mais próximo ao evento.
⑩ Distância do ponto central do evento ao pluviômetro automático mais próximo.
⑪ Chuva efetiva de uma hora antes do evento (meia-vida de 72 horas).
⑫ Chuva efetiva de uma hora antes do evento (meia-vida de 1,5 horas).
⑬ Chuva efetiva na hora do evento (meia-vida de 72 horas).
⑭ Chuva efetiva na hora do evento (meia-vida de 1,5 horas).
⑮ Observações.

Descrição das séries de chuvas sem evento

① Número da série de chuvas.
② Nome do pluviômetro automático representativo do bloco ou do município.
③ Dados da série de chuvas (data e horário de início e de término e chuva total acumulada).
④ Máxima chuva horária da série de chuvas (data, horário e valor da máxima chuva horária).
⑤ Chuva efetiva (meia-vida de 72 horas) no momento da máxima chuva horária.
⑥ Chuva efetiva (meia-vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva horária.
⑦ Horário da máxima chuva efetiva da série de chuvas.
⑧ Chuva efetiva (meia-vida de 72 horas) no momento da máxima chuva efetiva.
⑨ Chuva efetiva (meia-vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva efetiva.
⑩ Observações.

Cálculo do Limiar (Linha Crítica)

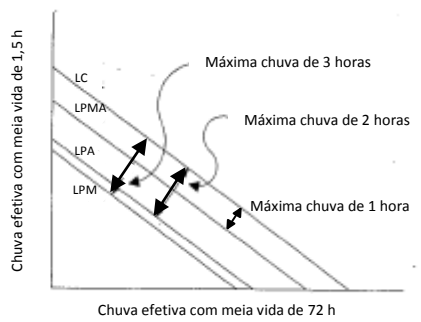
① Elaboração do gráfico XY (plotagem das séries chuvas com e sem eventos).
② Traçado do limiar (Linha crítica - LC).



Cálculo das Linhas de Apoio

LPM - Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (Mobilização de pessoal),
LPA - Linha de Probabilidade Alta de Eventos (Preparação de evacuação) e
LPMA - Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (Evacuação)

① Definição do tempo total para evacuação (geralmente, uma hora antes de atingir a LC).
② Definição do tempo para preparação da evacuação (geralmente, duas horas antes de atingir a LC).
③ Definição do tempo para mobilização de pessoal (geralmente, três horas antes de atingir a LC).
④ Definição do estimador para o volume de chuva para 1, 2 e 3 horas antes de atingir a LC (derivado das chuvas máximas históricas).
⑤ Cálculo e traçado das linhas de apoio (LPM, LPA e LPMA).



Avaliação dos índices de desempenho das diferentes opções de limiares e de linhas de apoio calculados

①Índice de Acerto de Não-Eventos (SEP).
② Índice de acerto (IA).
③Índice de Eventos abaixo da LC (IE).
④ Índice de alertas vazios do limiar (IAV).
⑤ Frequência anual na zona insegura (FZI).

Estabelecimento dos limiares e das linhas de apoio para alerta e para alarme

Escolha do limiar (LC) e das linhas de apoio (LPM, LPA e LPMA) mais adequadas, mediante comparação dos índices de desempenho das várias opções calculadas - escolher o limiar que propiciar o menor Índice de Eventos abaixo da LC - IE (ou seja, a menor taxa de acidentes e de desastres não alertados). Considerar as vulnerabilidades (da DCM e da população das áreas de risco).

O **Quadro 3** lista os atributos típicos para caracterização de um evento. Estes dados devem constar de Banco de Dados de Eventos, integrado e acessado pelos vários usuários do SAA.

Quadro 3: Dados para descrição das chuvas com evento

Itens	Observação
① Número do evento	Sequencial para a área de risco [(1)]
② Tipo de processo	Deslizamentos ou fluxo de detritos [(2)]
③ Número da área de risco	Código Nacional Unificado
④ Nome da localidade ou vale afetado	-
⑤ Coordenada geográfica do ponto central do evento	Da área fonte (para deslizamentos) ou da área de atingimento (para fluxos de detritos)
⑥ Danos (mortos, desaparecidos, feridos, edificações destruídas, edificações parcialmente destruídas)	-
⑦ Volume de material mobilizado pelo evento (m^3)	Estimado
⑧ Data e horário do evento	Horário BRT [(3)]
⑨ Pluviômetro automático mais próximo ao evento	Nome e código
⑩ Distância do ponto central do evento ao pluviômetro automático mais próximo	Calculado [(1)]
⑪ Chuva efetiva de 1 h antes do evento (meia-vida de 72 h)	Índices [(4)] para o gráfico XY
⑫ Chuva efetiva de 1 h antes do evento (meia-vida de 1,5 h)	
⑬ Chuva efetiva na hora do evento (meia-vida de 72 h)	
⑭ Chuva efetiva na hora do evento (meia-vida de 1,5 h)	
⑮ Observação	-

Notas:

(1) Calculado automaticamente pelo sistema informatizado.

(2) Identificando-se se deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos (e se múltiplos ou isolados).

(3) Precisão de 10 minutos é desejável (similar ao intervalo de coleta de dados de chuva).

(4) Obtido automaticamente pelo sistema informatizado, partir dos dados informados (código do pluviômetro automático; data e hora do evento).

É muito importante ter acesso às informações precisas, porque a chuva efetiva da série de chuvas com eventos é definida pelo momento exato em que este ocorre (hora e minuto, com a máxima precisão possível, no caso, de 10 minutos, tendo em conta o atual intervalo de coleta de dados de chuva, tanto para pluviômetro automático como para radar meteorológico). Nos casos de eventos antigos, é necessário realizar um amplo levantamento de dados junto a órgãos públicos, pois, muitas vezes, não é possível distinguir o tipo de evento (se um deslizamento planar ou um fluxo de detritos) nem precisar o momento do evento.

É interessante que a distância entre o pluviômetro automático no qual são coletados os dados de chuva com evento e a área de risco afetada seja a menor possível (máximo de 2,5 km). Caso tais condições não sejam verificadas, é necessário planejar a instalação de novos pluviômetros, visando à coleta de dados futuros.

Os dados das séries de chuvas com eventos devem ser organizados conforme mostrado na **Tabela 5**. A **Tabela 6** ilustra os diversos índices calculados a partir dos dados das séries de chuvas.

Tabela 5: Dados de entrada das chuvas com evento

Quantidade total e tipos de eventos	Símbolo no gráfico XY	Número no gráfico XY	Descrição do evento				Nome do processo	Local de evento	Quantidade de eventos [3]	Nome do Pluviômetro Automático
17			Data [1]	Hora [1]	Data [2]	Hora [2]				
Deslizamento planar	●	1	2012/03/23	23:45	2012/03/24	00:00			1	Morin
Deslizamento planar	●	2	2012/09/26	14:15	2012/09/26	14:00			1	Independência
Deslizamento planar	●	3	2013/01/03	03:30	2013/01/03	04:00			30	Independência
Deslizamento planar	●	4	2013/01/20	15:45	2013/01/20	16:00			1	Independência
Deslizamento planar	●	5	2013/01/27	04:30	2013/01/27	05:00			1	Independência
Deslizamento planar	●	6	2013/03/17	21:15	2013/03/17	21:00			3	Quitandinha
Deslizamento planar	●	7	2013/03/17	22:45	2013/03/17	23:00			1	Quitandinha
Deslizamento planar	●	8	2013/03/17	23:45	2013/03/18	00:00			1	Quitandinha

Notas: (1) Dados originais do relatório de chuva. (2) Dados a serem utilizados para o cálculo, depois de confirmação ou correção dos dados do relatório de chuva. (3) No caso dos eventos múltiplos, importa a proximidade temporal da deflagração, não a proximidade geográfica.

Tabela 6: Exemplo de chuva efetiva calculada para as séries de chuvas sem eventos

Chuva efetiva inicial da série de chuvas		Chuva horária máxima da série de chuvas				Chuva efetiva máxima da série de chuvas			
Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h	Data/Hora	Chuva Horária	Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h	Data/Hora	Chuva horária	Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h
29,8	0,0	2012/03/24 00:00	40,0	123,7	41,3	2012/03/24 23:00	2,0	147,4	11,5
22,4	0,0	2012/09/26 07:00	22,0	110,0	38,9	2012/09/26 16:00	8,0	185,8	21,6
9,1	0,0	2013/01/03 03:00	54,0	90,2	67,7	2013/01/04 08:00	2,0	203,6	6,9
59,1	0,0	2013/01/20 16:00	24,0	97,4	31,2	2013/01/21 17:00	3,0	111,1	7,7
47,5	0,0	2013/01/26 21:00	23,0	72,5	24,0	2013/01/27 03:00	6,0	153,1	32,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
190,5	0,0	2013/03/22 16:00	66,0	289,3	88,0	2013/03/22 16:00	66,0	289,3	88,0
38,3	0,0	2014/12/05 18:00	56,0	94,3	56,0	2014/12/06 00:00	7,0	141,8	26,4

Séries de chuvas sem evento

Os dados para caracterização das séries de chuvas sem eventos são mostrados no **Quadro 4**.

Quadro 4: Dados para descrição das séries de chuvas sem evento

Itens	Observação
① Número da série de chuvas	Número sequencial
② Nome do pluviômetro automático representativo do boco ou do município [1]	Nome e código
③ Dados da série de chuvas (data e horário de início e de término; e chuva total acumulada)	Calculado [2]
④ Máxima chuva horária da série de chuvas (data e horário; e valor da máxima chuva horária)	
⑤ Chuva efetiva (meia-vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva horária	
⑥ Chuva efetiva (meia-vida de 72 horas) no momento da máxima chuva horária	
⑦ Horário da máxima chuva efetiva	Calculado [2, 3]
⑧ Chuva efetiva (meia-vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva efetiva	Índices [4] para o gráfico XY
⑨ Chuva efetiva (meia-vida de 72 horas) no momento da máxima chuva efetiva	
⑩ Observações	-

Notas:

(1) Deve-se utilizar como pluviômetro automático representativo aquele que possuir a maior série de contínua de dados.

(2) Calculado automaticamente pelo sistema informatizado.

(3) Horário em que ocorre a distância máxima ($\sqrt{X^2+Y^2}$) da série de chuvas em relação à origem dos eixos do gráfico XY.

(4) Obtido automaticamente pelo sistema informatizado, partir dos dados informados (código do pluviômetro automático) e dos dados calculados (data e hora da máxima chuva efetiva).

Geralmente é complicado tratar todas as séries de chuvas, incluindo-se aquelas de pequeno volume. Dependendo da quantidade de chuva (volume total acumulado na série de chuvas) e da quantidade de séries de chuva, pode-se restringir o tratamento dos dados somente àquelas mais relevantes, que apresentem as seguintes características:

a) Fluxo de detritos: Chuva total ≥ 80 mm ou intensidade de chuva horária ≥ 20 mm;

b) Deslizamento planar: chuva total ≥ 40 mm ou intensidade de chuva horária ≥ 10 mm.

Devido à inexistência de estudos específicos sobre o uso destes filtros no Brasil, foram utilizados como referência, os parâmetros aplicados no Japão.

2.5.4 CÁLCULO DA CHUVA EFETIVA

A chuva efetiva é a soma de dois fatores: (i) o primeiro se refere à chuva incidente na última hora em relação ao momento atual (tomada integralmente, sem aplicação de redutor); (ii) o segundo é o somatório de todas as chuvas antecedentes de até uma hora antes do

momento atual, as quais são multiplicadas por um coeficiente de redução (decorrente das meias-vidas adotadas). Trata-se do mesmo método de cálculo proposto por Yano (1990), conforme a **Equação 1.**

$$R_w = \sum \alpha_{1i} \times R_{1i}$$ **Equação 1**

Onde:

R_w: Chuva efetiva (mm).

α_{1i}: Coeficiente de redução para i horas antes ($\alpha_{1i} = 0.5^{i/T}$).

i: Quantidade de horas de antecedência da chuva horária considerada em relação ao momento atual (horas).

T: Meia-vida, tanto para as chuvas de curto prazo como para as chuvas de longo prazo (horas).

R_{1i}: Volume de chuva horária de i horas antes do momento atual (mm).

Um questionamento que surge é até quantos dias anteriores deve-se estender o cálculo da chuva antecedente? Como regra, deve-se estender o período até que o coeficiente de redução obtido ($\alpha_{1i} = 0.5^{i/T}$) seja inferior a 0,004. Tendo em conta a meia-vida de 1,5 horas, isto ocorreria em aproximadamente 12 horas. No caso da meia-vida 72 horas, em 574 horas (ou 24 dias). Ou seja, teoricamente, dever-se-ia considerar as chuvas antecedentes das últimas 12 e 574 horas para o cálculo das chuvas efetivas com meias-vidas de 1,5 e 72 horas, respectivamente. Porém, não haverá prejuízo se períodos maiores de antecedência forem utilizados.

A **Tabela 7** e as **Figuras 24** e **25** ilustram um exemplo do cálculo de chuva efetiva de meia-vida de 1,5 e 72 horas.

Tabela 7: Exemplo de cálculo da chuva efetiva

Horas	Tempo Decorrido (horas)	Chuva Horária (mm)	Meia-Vida de 1,5 horas			Meia-Vida de 72 horas			Observação
			α_1	$\alpha_1 \times R_{1i}$	Chuva Efetiva (mm)	α_2	$\alpha_2 \times R_{2i}$	Chuva Efetiva (mm)	
09	1	0	0,630		0,00	0,990		20,00	
10	2	0	0,630	0,00	0,00	0,990	19,81	19,81	
11	3	0	0,630	0,00	0,00	0,990	19,62	19,62	
12	4	4	0,630	0,00	4,00	0,990	19,43	23,43	
13	5	5	0,630	2,52	7,52	0,990	23,21	28,21	
14	6	8	0,630	4,74	12,74	0,990	27,94	35,94	
15	7	14	0,630	8,02	22,02	0,990	35,59	49,59	
16	8	23	0,630	13,87	36,87	0,990	49,12	72,12	
17	9	20	0,630	23,23	43,23	0,990	71,43	91,43	
18	10	45	0,630	27,23	72,23	0,990	90,55	135,55	
19	11	67	0,630	45,50	112,50	0,990	134,25	201,25	Máxima chuva horária
20	12	40	0,630	70,87	110,87	0,990	199,32	239,32	Evento
21	13	14	0,630	69,85	83,85	0,990	237,03	251,03	Máxima chuva efetiva
22	14	5	0,630	52,82	57,82	0,990	248,62	253,62	
23	15	7	0,630	36,42	43,42	0,990	251,19	258,19	
24	16	0	0,630	27,36	27,36	0,990	255,72	255,72	

Horas	Tempo Decorrido (horas)	Chuva Horária (mm)	Meia-Vida de 1,5 horas			Meia-Vida de 72 horas			Observação
			α_1	$\alpha_1 \times R_{1i}$	Chuva Efetiva (mm)	α_2	$\alpha_2 \times R_{2i}$	Chuva Efetiva (mm)	
1	17	0	0,630	17,23	17,23	0,990	253,27	253,27	
2	18	4	0,630	10,86	14,86	0,990	250,84	254,84	
3	19	5	0,630	9,36	14,36	0,990	252,40	257,40	
4	20	3	0,630	9,05	12,05	0,990	254,94	257,94	
5	21	0	0,630	7,59	7,59	0,990	255,47	255,47	
6	22	0	0,630	4,78	4,78	0,990	253,02	253,02	
7	23	0	0,630	3,01	3,01	0,990	250,59	250,59	
8	24	0	0,630	1,90	1,90	0,990	248,19	248,19	
9	25	0	0,630	1,20	1,20	0,990	245,82	245,82	
10	26	0	0,630	0,75	0,75	0,990	243,46	243,46	
11	27	0	0,630	0,47	0,47	0,990	241,13	241,13	
12	28	0	0,630	0,30	0,30	0,990	238,82	238,82	
13	29	0	0,630	0,19	0,19	0,990	236,53	236,53	
14	30	0	0,630	0,12	0,12	0,990	234,26	234,26	
15	31	0	0,630	0,07	0,07	0,990	232,02	232,02	
16	32	0	0,630	0,05	0,05	0,990	229,80	229,80	

Na **Tabela 7**, a chuva efetiva correspondente às 09 horas é calculada a partir dos dados da chuva antecedente (respectivamente de 0 mm, para a chuva efetiva de meia-vida de 1,5 h, e de 20 mm, para a chuva efetiva de meia-vida de 72 h). Para os horários subsequentes, os valores são obtidos multiplicando-se o coeficiente de redução da hora atual pela chuva efetiva da hora anterior e somando-se a chuva da hora atual. Por exemplo:

Chuva efetiva com meia-vida de 1,5 horas referente às 15h00 = (0,630 × 12,74) + 14 = 8,02 + 14 = 22,02 mm.

Na **Figura 24**, é mostrado o gráfico da chuva horária (mm), chuva efetiva com meia-vida de 1,5 h (mm) e chuva efetiva com meia-vida de 72 h (mm) para uma série de chuvas de 32 h. A **Figura 25** mostra os cálculos realizados de chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel, onde os números e as letras referem-se às linhas e colunas da tabela, respectivamente, para o melhor entendimento dos cálculos realizados.

Figura 24: Exemplo de gráfico da chuva efetiva - dados da Tabela 7

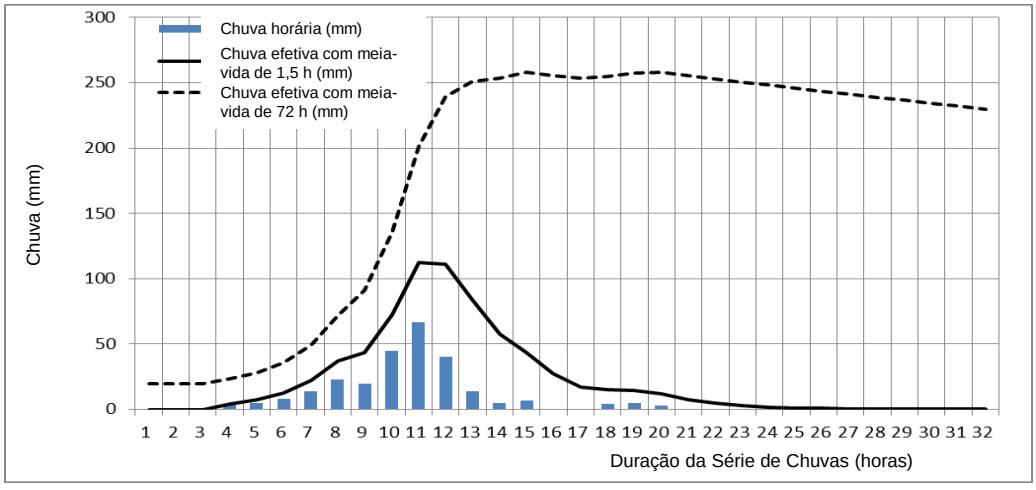


Figura 25: Ilustração de cálculo da chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel - dados da Tabela 7

	D	E	F	G	H	I	J	K
	Horas	Chuva Horária (mm)	Meia vida de 1,5 h			Meia vida de 72 h		
			α_1	$\alpha_1 \times R_{1i}$ (mm)	Chuva Efetiva (mm)	α_2	$\alpha_2 \times R_{2i}$ (mm)	Chuva Efetiva (mm)
10	9	0	0,630		0	0,990		20
11	10	0	0,630	0	0,00	0,990	19,81	19,81
12	11	0	0,630	0	0,00	0,990	19,62	19,62
13	12	4	0,630	0	4,00	0,990	19,43	23,43
14	13	5	0,630	2,52	7,52	0,990	23,21	28,21
15	14	8	0,630	4,74	12,74	0,990	27,94	35,94
16	15	14	0,630	8,02	22,02	0,990	35,59	49,59

D10 a D16: Horário de medição das chuvas horárias.
E10 a E16: Chuvas horárias medidas no pluviômetro automático.

F10 a F16: Coficiente de redução devido à meia vida adotada (=0,5^(1/1,5) = 0,630).
G10 a G16: Chuva antecedente no solo devido à meia vida adotada (G16=F16*H15= 0,630 * 12,72 = 8,02).
H10 a H16: Chuva efetiva no solo devido à meia vida adotada (H16=G16+E16= 8,02 + 14 = 22,02).

I10 a I16: Coficiente de redução devido à meia vida adotada (=0,5^(1/72) = 0,990).
J10 a J16: Chuva antecedente no solo devido à meia vida adotada (J16=I16*K15= 0,990 * 35,94 = 35,59).
K10 a K16: Chuva efetiva no solo devido à meia vida adotada (K16=J16+E16= 35,59 + 14 = 49,59).

H10: Estimativa da chuva antecedente no tempo inicial (t0 = 9 horas). Igual a 0 mm, quando se considerou meia vida de 1,5 horas.
K10: Estimativa da chuva antecedente no tempo inicial (t0 = 9 horas). Igual a 20 mm, quando se considerou meia vida de 72 horas.

2.5.5 TRAÇADO DO LIMIAR (LINHA CRÍTICA - LC)

O primeiro passo para a definição do limiar é a plotagem das chuvas efetivas (com meias-vidas de 1,5 e 72 horas) correspondentes às chuvas efetivas dos horários dos eventos (deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos). As chuvas efetivas das séries de chuvas sem eventos também devem ser plotadas no gráfico XY, nesse caso, empregando-se as chuvas efetivas do momento da máxima chuva efetiva.

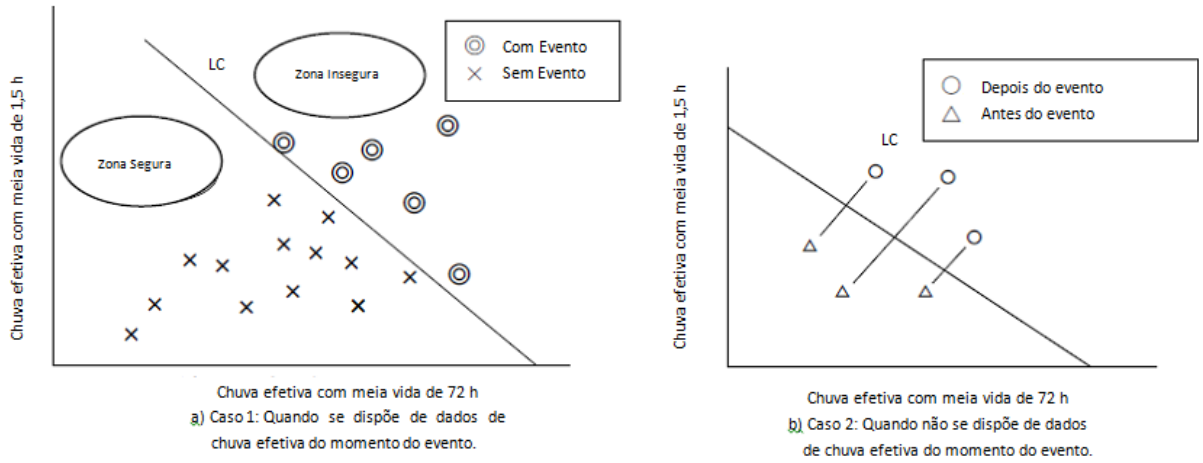
Utilizando-se os dados da **Tabela 7**, para efeito do gráfico XY, toda a série de chuvas seria representada apenas por um ponto (239,32; 110,87), correspondente à medição das 20h00 (na qual o evento ocorreu). Por hipótese e para efeito didático, caso não tivesse sido registrado esse evento, toda a série de chuvas seria então representada pelo ponto (251,03; 251,03), correspondente à medição das 21h00 (momento no qual ocorreu a máxima chuva efetiva da série de chuvas). Notar, ainda, que a máxima chuva horária ocorreu às 19h00.

Uma vez plotadas no gráfico XY todas as séries de chuvas disponíveis para um dado bloco, orientando-se pela distribuição destes pontos, o limiar deverá ser traçado buscando-se uma reta que melhor separe as séries de chuvas com eventos daquelas séries de chuvas sem eventos[10], ou seja, que delimite, o mais adequadamente possível, a zona segura e a zona insegura (**Figura 26a**).

[10] Considerando-se que o limiar é expresso por uma reta do tipo y = ax + b, a inclinação ("a") deve obedecer à seguinte condição: -1 < a < 0, ou seja, a inclinação da reta deve estar entre 270 e 315 graus.

Quando não se dispõe do dado de chuva efetiva para o momento de evento, o procedimento é estabelecer o limiar com base na chuva efetiva disponível para a hora imediatamente anterior e posterior ao evento (**Figura 26b**).

Figura 26: Critérios para o traçado do limiar (Linha Crítica - LC)



(a) **(b)**

2.5.6 ESTABELECIMENTO DAS LINHAS DE APOIO - LPM, LPA E LPMA

No Brasil, o alarme é transmitido pelas DCMs como indicativo para que a população das áreas em risco se prepare e para que inicie a evacuação. Porém, como muitas DCMs não possuem plantão 24 horas, também há a necessidade de um tempo adicional para a mobilização de pessoal da própria DCM. Desse modo, tendo em conta estas necessidades e considerando-se a eficiência operacional do Cemaden, das DCEs e das DCMs[11] e a segurança da população, foram definidos os tempos de antecedência para cada linha de apoio, conforme mostra o **Quadro 5**.

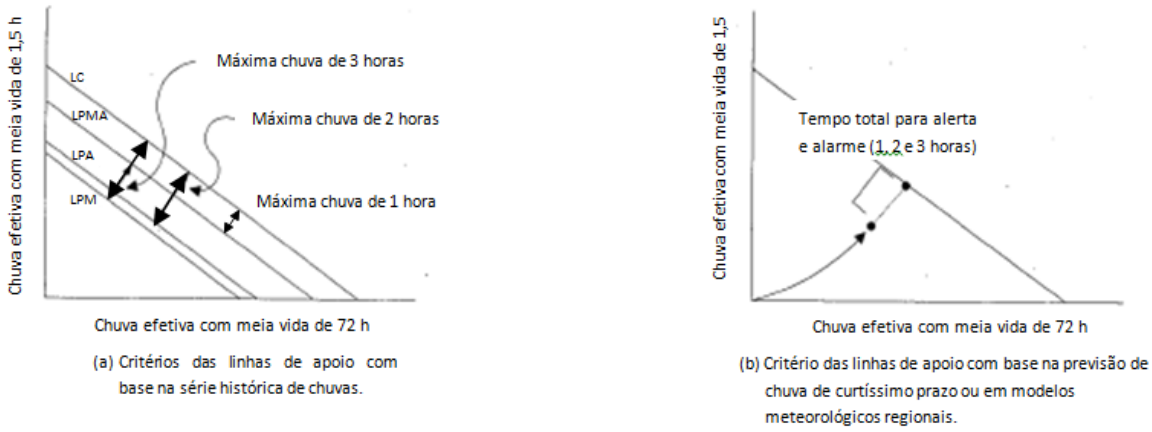
Quadro 5: Critérios de antecedência requerida para a emissão de Alertas

Ação a ser Avaliada pela DCM	Linha de Apoio Correspondente	Alerta Associado	Antecedência Requerida	Estimador da Antecedência Requerida
Convocação de funcionários e intensificação do monitoramento da chuva	LPM	Moderado	1 hora antes de a curva cobra atingir a LPA	Máxima chuva histórica de 3 horas
Verificação *in situ* do grau de risco, das rotas de fuga e dos pontos de encontro; abertura de abrigos e distribuição de informações às partes interessadas	LPA	Alto	1 hora antes de a curva cobra atingir a LPMA	Máxima chuva histórica de 2 horas
Evacuação da população das áreas em risco	LPMA	Muito Alto	1 hora antes de a curva cobra atingir a LC	Máxima chuva histórica de 1 hora

[11] Avaliada por meio da linha do tempo dos alertas e dos alarmes transmitidos por estes órgãos.

Cabe lembrar, contudo, que a utilização de linhas de apoio orientadas pelas máximas chuvas históricas (**Figura 27a**) decorre do atual momento tecnológico nacional. À medida que houver disponibilidade da previsão de chuva de curtíssimo prazo (por meio de radar meteorológico) e/ou de previsão de chuva por modelos meteorológicos regionais, não haverá mais necessidade de utilização de linhas de apoio (**Figura 27b**), desde que a precisão destas ferramentas tenha sido validada para o bloco em análise. Enquanto estas tecnologias ainda não estiverem disponíveis e/ou não apresentarem a precisão desejada, deve-se prosseguir utilizando as linhas de apoio, assumindo-se que o volume de chuva máxima possa ocorrer no tempo total disponível para a evacuação, com base na correspondente série histórica de dados de chuva do bloco ou do município em que a área de risco se situa.

Figura 27: Estabelecimento de LPA - Linha de Probabilidade Alta de Evento



(a) **(b)**

Ao invés da utilização da máxima chuva histórica de 1, 2 e 3 horas de duração, podem-se utilizar chuvas de 1, 2 e 3 horas com períodos de retorno de 10, 5 ou 2 anos, conforme a disponibilidade de dados. Em qualquer dos casos, deve-se dar preferência à utilização das séries de dados mais longas.

2.5.7 ELABORAÇÃO E USO DA CURVA COBRA (*SNAKE LINE*)

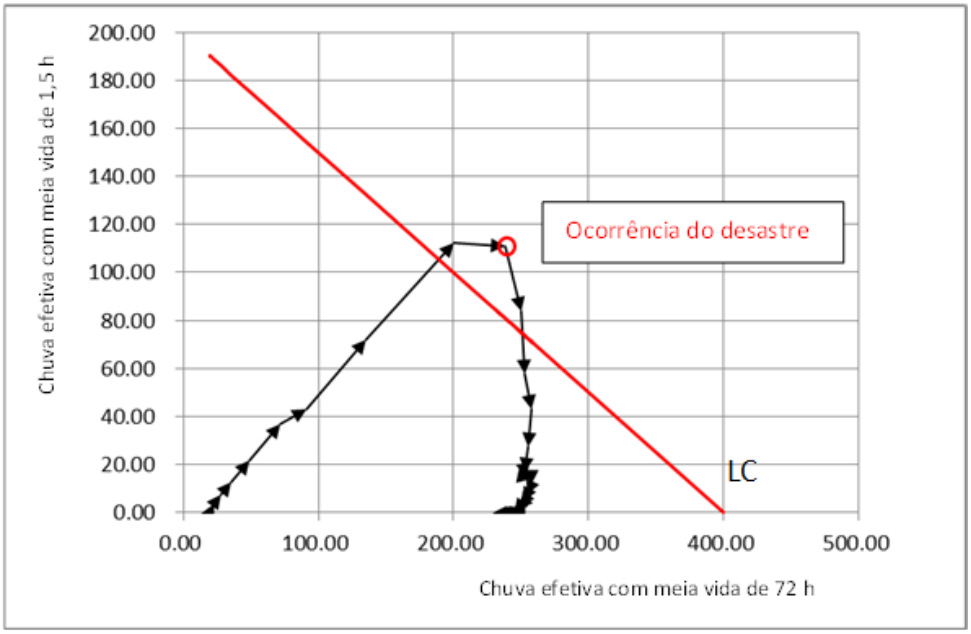
Para julgar se a chuva efetiva da série de chuvas atual atingiu ou adentrou a zona insegura, elabora-se a curva cobra, a qual consiste na plotagem dos dados da série de chuvas atual em um mesmo gráfico que contenha o limiar (LC) e as linhas de apoio ou de referência (LPMA, LPA e LPM).

A evolução do comportamento da curva cobra no referido gráfico é ainda utilizada para julgar o atingimento ou ultrapassagem das linhas de apoio (LPMA, LPA e LPM), ou seja, para compreender visualmente não somente o quanto a chuva efetiva da série de chuvas atual

adentrou a área insegura (ao atingir ou transpor a LC), mas também o quanto se aproximou ou se afastou dela, conforme sua posição em relação às linhas de apoio e à própria linha crítica.

A curva cobra é elaborada plotando-se a variação da chuva efetiva com meia-vida de 1,5 e 72 horas no decorrer do tempo, na medida em que as medições vão sendo disponibilizadas, como mostrado na **Figura 28**, a qual representa graficamente os dados da **Tabela 7**.

Figura 28: Exemplo de curva cobra - dados da Tabela 7



O Método Compartilhado é eficiente para orientar a tomada de decisão em situações de chuva prolongada e/ou chuva intermitente, tanto para a transmissão de alertas como de alarmes. Da mesma forma, ele também oferece informações para auxiliar a decisão de mobilização e desmobilização da evacuação, conforme será visto no Capítulo 3 deste Manual.

Iniciada uma série de chuvas, procede-se a entrada dos dados da chuva horária, incluindo-se os dados necessários de chuva antecedente (**Tabela 8**).

Tabela 8: Entrada de dados da série de chuvas atual

Tipo de Série de Chuvas (com ou sem eventos)	Com Evento			
Quantidade de eventos	1			
Período de medição	2013/12/05 a 2013/12/06			
Número de medições	13			
Pluviômetro automático	Barão do Rio Branco			
Data/Hora	Chuva Horária (mm)	Chuva Acumulada (mm)	Chuva Efetiva com Meia-Vida de 72 h (mm)	Chuva Efetiva com Meia-Vida de 1,5 h (mm)
05/12/2013 12:00	0,0	0,0	40,6	0,0
05/12/2013 13:00	0,0	0,0	40,2	0,0
05/12/2013 14:00	0,0	0,0	39,8	0,0
05/12/2013 15:00	0,0	0,0	39,5	0,0
05/12/2013 16:00	0,0	0,0	39,1	0,0
05/12/2013 17:00	0,0	0,0	38,7	0,0
05/12/2013 18:00	56,0	56,0	94,3	56,0
05/12/2013 19:00	3,0	59,0	96,4	38,3
05/12/2013 20:00	23,0	82,0	118,5	47,1
05/12/2013 21:00	2,0	84,0	119,4	31,7
05/12/2013 22:00	2,0	86,0	120,2	22,0
05/12/2013 23:00	17,0	103,0	136,1	30,8
06/12/2013 00:00	7,0	110,0	141,8	26,4
06/12/2013 01:00	1,0	111,0	141,4	17,6
06/12/2013 02:00	0,0	111,0	140,1	11,1
07/12/2013 02:00	0,0	111,0	111,2	0,0

Obs.: A máxima chuva horária foi registrada em 05/12/2013 18:00; a máxima chuva efetiva em 2013/12/06 00:00; e o evento em 2013/12/05 22:00.

A cada nova medição constante da **Tabela 8**, a curva cobra e o gráfico da chuva efetiva (**Figuras 29 e 30**) são atualizados em um ponto adicional, sendo possível monitorar o posicionamento da curva cobra em relação ao limiar (LC) e às linhas de apoio (LPM, LPA e LPMA) para uma dada área de risco.

Figura 29: Curva cobra referente aos dados da Tabela 8

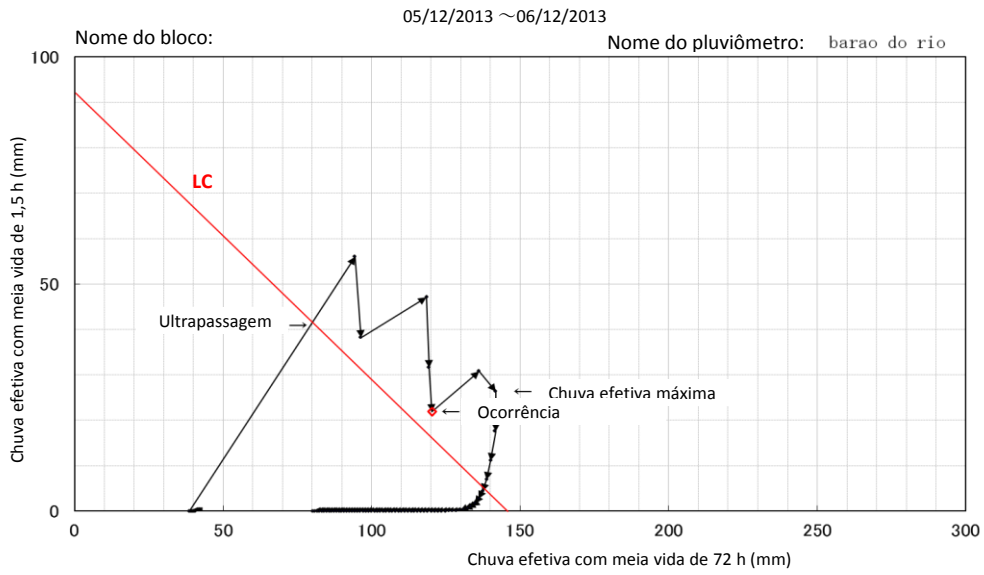
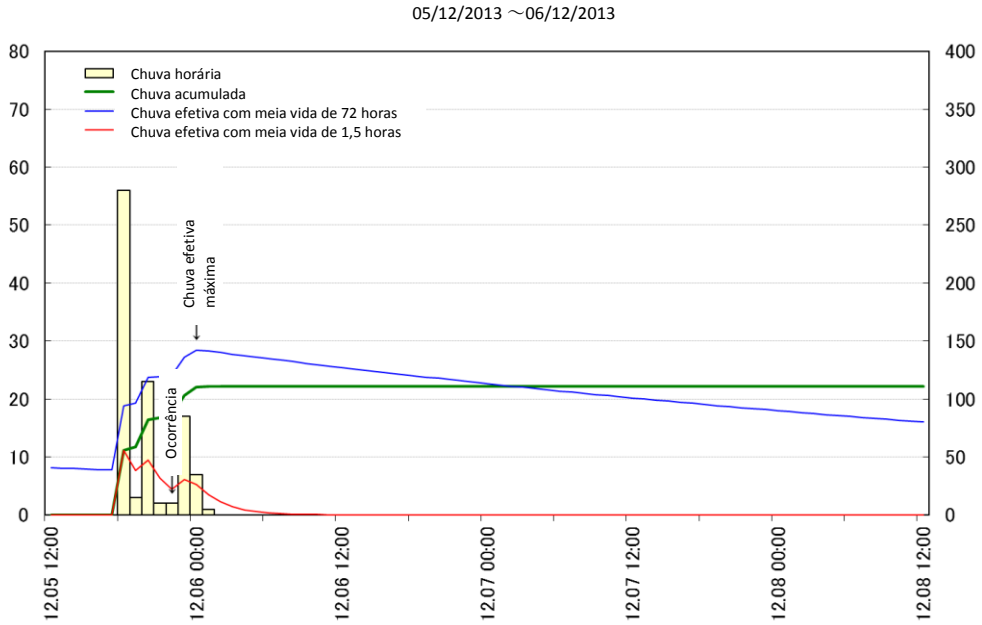


Figura 30: Chuva efetiva referente aos dados da Tabela 8



2.6 MELHORIAS DA CONFIABILIDADE DOS LIMIARES

2.6.1 NECESSIDADE E MOMENTO DA REVISÃO

A confiabilidade dos limiares depende da quantidade e da precisão dos dados de eventos que foram coletados, bem como da evolução das condições deflagradoras nas áreas de risco, tal como eventuais alterações que a resistência do solo possa ter sofrido, por exemplo.

Para a revisão dos limiares, é sempre necessária uma maior série destes dados, sobretudo das características dos movimentos de massa e das chuvas sem evento.

Assim, depois de cada nova chuva na área de risco, deve-se verificar a adequação do limiar; o mesmo deve ser feito em relação às linhas de apoio (LPM, a LPA, a LPMA).

Os dados dos eventos devem ser obtidos o mais precocemente possível. Contudo, deve-se tomar cuidado quando destas investigações pós-evento, pois, as ações em tais condições são sempre difíceis, por conta da amplitude dos danos, pelo risco no acesso às áreas afetadas e pela possibilidade de eventos secundários. Em especial, são críticos os momentos de chuva iminente ou em desenvolvimento.

Conforme destacado, deve-se estar atento às mudanças ambientais, tanto devidas às causas naturais (excesso de chuvas, por exemplo) como as antrópicas (remoção de vegetação, por exemplo), pois elas podem potencializar eventos. Desse modo, quando há uma grande

mudança ambiental que potencialize a desestabilização do solo (um deslizamento, um corte, um aterro ou a remoção de vegetação de uma encosta, por exemplo), deve-se avaliar a pertinência de baixar temporária e preventivamente o limiar, enquanto se monitoram indícios precursores de eventos nestas áreas e se decide acerca do eventual retorno do limiar ao valor normal.

2.6.2 DADOS NECESSÁRIOS DE EVENTOS E DE CHUVAS SEM EVENTO

Como o estabelecimento dos limiares pelo Método Compartilhado tem base estatística, uma maior série de dados de eventos tem importância fundamental. Em especial, a precisão da previsão é altamente depende da exatidão dos horários destes eventos. Assim, para todos os eventos, há a necessidade de levantamento cuidadoso dos dados (tipo de processo, horário e local do evento, principais danos, volume de material mobilizado, dimensões etc.).

Da mesma forma, também é necessário registrar se os dados coletados sobre o evento são exatos ou apresentam incertezas, para cada uma das características citadas.

Embora a série de dados de chuvas com eventos seja fundamental, é necessário lembrar que a coleta de dados das chuvas sem evento tem igual importância, uma vez que apenas com estes dados já é possível determinar o limite inferior do limiar de eventos.

Contudo, sempre é necessário investigar a área de risco, para que não haja dúvida acerca da existência ou não de eventos.

Para ter-se certeza de que uma chuva é realmente sem evento, é preciso revisar os registros de dados, bem como efetuar inspeções nas áreas de risco posteriormente às chuvas torrenciais, preferencialmente por meio de sobrevoo periódico e/ou da análise de imagens aéreas de grande abrangência. Os dados de sistema colaborativo de coleta de dados (fornecidos pela população das áreas de risco), notícias da mídia etc. também devem ser utilizados para investigação preliminar (os quais devem ser necessariamente checados em campo pela DCM).

Assim, mesmo que o evento não tenha ocorrido, mas a LC, a LPMA, a LPA e a LPM tenham sido superadas, é igualmente necessária à pronta verificação destes fatos e a eventual revisão do limiar e das linhas de apoio em uso.

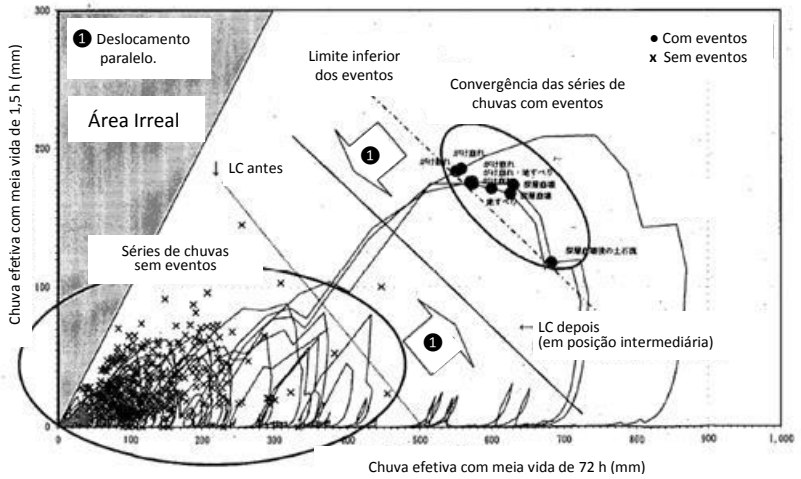
2.6.3 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DOS LIMIARES E DAS LINHAS DE APOIO

Para melhorar a precisão dos limiares é necessário realizar revisões periódicas, porém, com base em informações sem ambiguidade.

Caso se disponha de séries de chuvas com eventos, utiliza-se o procedimento mostrado na **Figura 31**. Primeiro deve-se plotar a curva cobra de longo prazo e as séries de chuvas com e sem eventos, sobre o gráfico XY de estabelecimento da linha crítica. Em seguida, avalia-se: (i) as áreas com maior densidade de eventos; e (ii) as linhas cobras sem registro de eventos. A nova

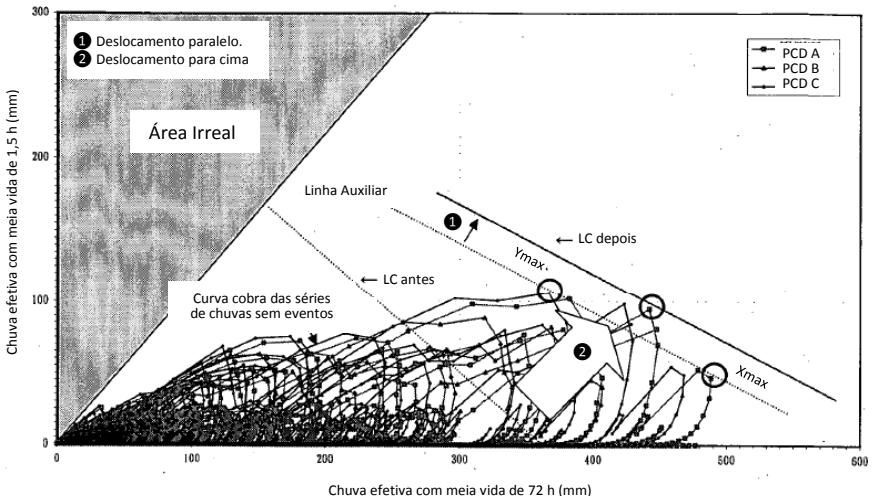
posição do limiar poderá ser traçada em posição intermediária à do limiar atual e a limite inferior dos eventos.

Figura 31: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra das séries de chuvas com eventos



A **Figura 32** ilustra o procedimento de revisão do limiar quando se dispõe somente de séries de chuvas sem eventos. Primeiro deve-se plotar as curvas cobras dos pluviômetros automáticos disponíveis, sobre o gráfico XY de estabelecimento da linha crítica. Em seguida, avalia-se: (i) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia-vida de 1,5 h (Ymax); (ii) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia-vida de 72 h (Xmax); e (iii) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia-vida de 1,5 h e da chuva efetiva de meia-vida de 72 h simultaneamente. A nova posição do limiar poderá ser traçada em posição tangente ao ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia vida de 1,5 h e da chuva efetiva de meia-vida de 72 h simultaneamente, sendo a inclinação da reta paralela à da linha auxiliar que passa por Ymax e por Xmax.

Figura 32: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra de séries de chuvas sem eventos e dados de múltiplos pluviômetros automáticos.



Ainda, a revisão da linha crítica deve ser efetuada conforme **Figura 32**, orientando-se pelas últimas informações exatas disponíveis e desconsiderando-se aquelas com ambiguidade.

A LPMA, a LPA e a LPM devem ser revisadas conforme a necessidade, sendo sua adequação avaliada pela:

a) Diferença de tempo entre o atingimento ou a ultrapassagem da linha de apoio e o evento;

b) Volume de chuva estimado entre cada linha de apoio;

c) Previsão da chuva futura que foi utilizada.

2.6.4 MELHORIA DO MÉTODO

Dois problemas comuns aos limiares são o elevado Índice de Eventos abaixo da LC (eventos não alertados) e o elevado índice de alertas vazios (alertas sem evento subsequente). Esses problemas são originados pelo modo com que os limiares são estabelecidos (ou seja, pelo método de cálculo da chuva efetiva) e pelo emprego de dados históricos de chuva máxima como estimador da chuva futura, no cálculo das linhas de apoio.

No primeiro caso, a adequação das meias vidas de 1,5 e de 72 horas deve ser investigada. Antes, porém, há que se verificar a confiabilidade dos dados de chuvas com e sem eventos que foram utilizados.

Quanto ao estimador da chuva futura, um avanço será a utilização da previsão de chuva de curtíssimo prazo (por radar meteorológico) e/ou de modelos meteorológicos regionais,

depois de verificada a precisão destes dados para a região alvo[12].

De modo geral, as prioridades para a melhoria dos métodos de previsão de eventos incluem: (i) dedicar-se intensamente à coleta e à utilização de dados precisos para a reavaliação dos limiares e das linhas de apoio; (ii) melhoria e adequação dos métodos de cálculo de limiares, bem como o desenvolvimento de novos métodos menos complexos, mais precisos e menos subjetivos.

[12] Por meio de calibração dessas previsões contra dados observados obtidos da rede de pluviômetros automáticos.

3. PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS

3.1 CONTEXTO, OBJETIVOS E ESCOPO

Este capítulo descreve um processo integrado visando o fornecimento de alertas de modo rápido, seguro e com boa precisão. Apresenta-se um arcabouço teórico, acrescido de exemplos de referência, abrangendo desde as atividades de coleta de dados de chuvas e de eventos, previsão de eventos, elaboração, transmissão de alertas e de instruções de uso destes alertas pelas Defesas Civis estaduais e municipais.

Quando aumentar a probabilidade de deflagração de um evento, qualquer que seja o processo, devido à chuva intensa — conjugada ou não a outros condicionantes —, o Cemaden, além de prosseguir disponibilizando os dados da rede observacional, transmitirá os alertas e suas atualizações para o Cenad, que irá encaminhar para as DCE e DCM. A DCM e a DCE, a partir dos alertas e da análise dos demais dados e informações disponíveis localmente, decidirão sobre a transmissão ou não de alarme para evacuação, bem como sobre a operação de pontos de encontro e abrigos, visando preservar a vida e a integridade física da população das áreas em risco.

Tais ações devem ser feitas do modo mais coordenado possível. Para tal, é necessária a definição de um protocolo comum, o qual consiste em um conjunto de regras, padrões e especificações técnicas que regulam a elaboração, a transmissão e o uso dos alertas pelas diversas partes envolvidas (dos níveis federal, estadual e municipal), de modo que se possa uniformizar os procedimentos, obter os indicadores de desempenho desejados, avaliar as oportunidades de melhoria e priorizar as ações corretivas.

As orientações referem-se aos alertas que o Cemaden ou as DCEs fornecem às DCMs, dando suporte às suas atividades de transmissão de alarmes de evacuação para a população das áreas em risco. São ainda abrangidos aspectos de uso, avaliação e melhoria da precisão, da antecipação e da aplicabilidade dos alertas para as atividades das DCMs. Portanto, são orientações para as ações internas desenvolvidas pelos governos federal, estaduais e municipais, no que tange à prevenção do risco de desastres.

Como mencionado anteriormente, as atividades de evacuação propriamente ditas, as quais são realizadas pelas DCMs e envolvem diretamente os moradores das áreas em risco, serão abordadas no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência – Plancon, elaborado pelo Cenad.

É importante voltar a enfatizar que este protocolo aborda os movimentos de massa monitorados pela chuva (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos); o processo de quedas de blocos (ou de lascas de rochas) não foi incluído como alvo de análise no presente Manual.

3.2 ALERTAS E ALARMES

As ações do Cemaden e das Defesas Civis Estaduais e Municipais são interligadas pela relação entre a probabilidade de eventos, as linhas de referência, os níveis de alertas, bem como as implicações potenciais disto para os estágios operacionais, conforme o **Quadro 6**.

Quadro 6: Tipos de alertas e alarmes de movimentos de massa

Elementos em Análise	**Correlação entre Risco, Linhas de Referência, Alertas, Alarmes e Ações de Prevenção**				
	Baixa Probabilidade de Eventos ←—→ **Máxima Probabilidade de Eventos**				
	LPM		**LPA**	**LPMA**	**LC** [4]
Alertas [1]	Baixo (Cessar)	Alerta Moderado	Alerta Alto	Alerta Muito Alto	Alerta Máximo
Estágio Operacional das Ações de Prevenção [2]	Normalidade	Observação	Atenção	Alerta	Alerta Máximo
Alarmes [3]	-	-	Alerta de Preparação para Evacuação	Alarme de Evacuação	Alarme de Evacuação Obrigatória

Notas:
(1): Transmitido pelo Cemaden ou pela DCE, para as DCMs.
(2): Da Defesa Civil Municipal.
(3): Transmitido pela DCM ou pela DCE, conforme acordado entre ambos, para os moradores das áreas em risco.
(4): LPM: Linha de Probabilidade Moderada de Eventos. LPA: Linha de Probabilidade Alta de Eventos. LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos. LC: Linha Crítica de Eventos (ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos).

3.2.1 ALERTAS PARA EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA – DESLIZAMENTO PLANAR, DESLIZAMENTO ROTACIONAL E FLUXO DE DETRITOS

3.2.1.1 Níveis de alertas

Como os acidentes e os desastres põem em risco a vida humana, depois de atingidos ou ultrapassados os limiares, a regra básica é retirar as pessoas das áreas em risco o mais rapidamente possível, encaminhando-as para pontos de encontro e/ou abrigos adequados e seguros.

Entendendo-se que as ações de evacuação na verdade abrangem um grande conjunto de atividades, é necessário que o Cemaden e as DCEs transmitam o mais antecipadamente possível seus alertas para a DCM, de modo que haja tempo hábil para a tomada de decisão por parte destas e, se for o caso, para que os alarmes de evacuação sejam transmitidos igualmente o mais breve possível para a população.

Assim, para se obter rapidez e sinergia na transmissão de alertas (pelo Cemaden ou DCEs) e de alarmes (pela DCM), há a necessidade de perfeita sintonia entre estes atores, bem

como que sejam previamente estabelecidos critérios para elaboração, transmissão e uso destes alertas (**Quadro 7**). Este quadro mostra a correlação entre os níveis de alerta e de alarme; estágios operacionais das ações de prevenção e de contingência, em particular de evacuação da população. O aspecto essencial é que, para cada nível de alerta ou alarme, correspondente estágio operacional ocorra, ou seja, os agentes das três esferas públicas executem ações coordenadas, orientando-se por critérios comuns e compreendidos por todos.

Quadro 7: Critérios unificados para correlação de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra movimentos de massa

Previsão e Alertas	Plano de Evacuação para Movimentos de Massa

Comunicado à DCM (Cemaden/DCE/Órgão Municipal)			Nível Operacional [2]			Boletim Meteorológico (DCE)		Alerta/Alarme à População (DCM/DCE)		Evacuação da População das Áreas de Risco (DCM/DCE)		Principais Ações de Preparação da Evacuação [1]							
												DCM					DCE	Cemaden	Cenad
												Ações Internas [2]		Ações Externas [2]					
Alerta	Significado	Gatilhos [3]	Nome	Gatilhos	Impactos Potenciais	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Atividades	Responsável	Atividades	Responsável	Alvo da Ação			
Baixo (Cessar)	Alerta de Probabilidade Baixa de Movimento de Massa (Cessar).	• Curva Cobra abaixo da LPM.	**Normalidade**	• Vigência do Alerta Baixo (Cessar)	• Nenhum evento precursor ou ocorrência.	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	• Capacitação interna da equipe técnica de defesa civil municipal. • Efetuar o monitoramento meteorológico. • Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional.	Plantão	• Efetuar testes dos sistemas de alerta e alarme. • Avaliar rede de monitoramento. • Realizar vistorias rotineiras de campo. • Treinar os NUPDECs e a população das áreas de perigo. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	• Equipe de verificação e testes. • População.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica.	• Manter atualizada a previsão de risco; • Manter operacional a rede geohidrometeorológica; • Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Moderado	Alerta de Probabilidade Moderada de Movimento de Massa, em 3 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPM, porém, abaixo da LPA.	**Observação**	• Vigência do Alerta Moderado. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Observação.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	- x -	- x -	- x -	- x -	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Avaliar a necessidade de mobilização interna da equipe de defesa civil municipal. • Avaliar a necessidade de vistoria técnica de campo. • Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional.	Plantão / Autoridade competente.	• No caso de previsão ≥ x mm/24 h, divulgar boletim meteorológico para a população das Áreas de Risco com recomendações gerais à população (atentar para os sinais de movimentação do terreno etc.). • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	População.	• Emitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Aguardar nova posição da DCM.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Alto	Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa, em 2 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPA, porém, abaixo da LPMA.	**Atenção**	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Atenção.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	Alerta de Preparação para Evacuação	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	- x -	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa.	• Intensificar o monitoramento meteorológico • Mobilizar a equipe técnica interna da defesa civil municipal. • Realizar vistorias técnicas de campo. • Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional.	Plantão / Autoridade competente	• Acionar o Plano de Evacuação. • Emitir **ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO** para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Preparar os pontos de apoio e abrigos. • Comunicação com os NUPDECs e outros órgãos do município. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	Representantes municipais.	• Emitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Acionar o GRAC, caso solicitado.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.

Continua

Quadro 7: Critérios unificados para correlação de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra movimentos de massa (*Continuação*)

Comunicado à DCM (Cemaden/DCE/Órgão Municipal)			Nível Operacional [2]			Boletim Meteorológico (DCE)		Alerta/Alarme à População (DCM/DCE)		Evacuação da População das Áreas de Risco (DCM/DCE)		Principais Ações de Preparação da Evacuação [1]							
												DCM					DCE	Cemaden	Cenad
												Ações Internas [2]		Ações Externas [2]					
Alerta	Significado	Gatilhos [3]	Nome	Gatilhos	Impactos Potenciais	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Atividades	Responsável	Atividades	Responsável	Alvo da Ação			
Muito Alto	Alerta de Probabilidade Muito Alta de Movimento de Massa, em 1 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPMA, porém, abaixo da LC.	**Alerta**	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Alerta.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	Alarme para Evacuação Imediata	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	Imediata	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Mobilizar a equipe técnica externa da defesa civil municipal. • Avaliar a necessidade de vistoria (monitoramento, remoção e/ou interdição). • Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional.	Plantão / Autoridade competente.	• Emitir **ALARME PARA EVACUAÇÃO IMEDIATA** para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Abrir os pontos de apoio e abrigos. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	Moradores das áreas em risco.	• Emitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Auxiliar na tomada de decisão da evacuação. • Acionar o GRAC, caso solicitado. • Enviar insumos, conforme necessidade do município.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Máximo	Alerta de Probabilidade Máxima de Movimento de Massa, a qualquer instante.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LC.	**Alerta Máximo**	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	- x -	- x -	Alarme de Evacuação Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa.	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Ativar o gabinete de situação, no caso de evento de grande porte. • Realizar vistorias técnicas de campo. • Avaliar a necessidade de remoção e/ou interdição (Obrigatória). • Avaliar a necessidade de apoio dos governos estadual e/ou federal. • Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional.	Plantão / Autoridade competente.	• Emitir **ALARME DE EVACUAÇÃO OBRIGATÓRIA** para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais etc.). • Prover socorro e atendimento à população afetada. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	População atingida.	• Emitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Acionar o GRAC, caso solicitado. • Enviar insumos, conforme necessidade do município.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.

Notas:
(1): Para demais ações, tanto de mobilização como de desmobilização, consultar os respectivos Planos de Contingência e livro-base de Gestão de Desastres e Ações de Recuperação. (2): Ações cujas repercussões alcançam predominantemente a DCM (internas) ou outros órgãos/população (externas). (3): LPM: Linha de Probabilidade Moderada; LPA: Linha de Probabilidade Alta; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta; LC: Linha Crítica.

3.2.1.2 Tempo de antecedência para transmissão do alerta (tempo total para evacuação)

Embora não impeça os movimentos de massa, como regra básica, a evacuação deverá ser imediata, com desocupação temporária da área em risco enquanto persistir a ameaça. Portanto, para que esta operação seja executada de forma eficaz, é necessário que a transmissão do alerta ocorra com antecedência suficiente em relação ao horário estimado para o acidente ou desastre, garantindo-se tempo hábil para as providências citadas.

Considera-se que a necessidade de tempo total para evacuação será diferente para cada área de risco, em função da dimensão da área de risco, condição topográfica e viária, iluminação, vulnerabilidade da população em risco, estrutura da administração municipal, nível de proficiência e de adesão da população aos treinamentos para evacuação etc.

Caso seja fixado um tempo total para evacuação demasiadamente longo, a transmissão do alerta ou alarme será antecipada e acabará sendo feita na fase inicial da chuva e a precisão da previsão do evento diminuirá. Consequentemente, a confiabilidade no procedimento de evacuação também reduzir-se-á, pois, haverá muitos alertas vazios (evacuações sem eventos subsequentes). Portanto, para se fixar o tempo de antecedência para transmissão do Alerta Muito Alto, dever-se-á considerar não somente o tempo total para a evacuação em si, mas também o decréscimo de precisão na previsão do evento, ou seja, a influência do tempo total para evacuação no índice de acerto.

O tempo total para execução da evacuação deverá ser definido em discussão com a DCM, levando-se em conta a vulnerabilidade da população em risco, o Plano de Evacuação, os resultados de treinamentos de evacuação etc.

Como na situação atual brasileira, os dados sobre os treinamentos para evacuação ainda são limitados, a definição do tempo total para evacuação foi aqui discutida com base na simulação de previsão dos desastres.

Tendo em conta os movimentos de massa ocorridos entre 2008 a 2013, nos municípios de Blumenau, Nova Friburgo e Petrópolis, a **Tabela 9** indica o índice de acerto (IA), o Índice de Eventos abaixo da LC (IE) e a frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI) nos casos de uso de tempo total para evacuação de 1 hora e de 1,5 horas. Conforme os resultados obtidos, o Índice de Eventos abaixo da LC varia de acordo com a região, mas é ligeiramente maior quando se utiliza 1,5 h, sendo recomendado, então, que se use tempo total para evacuação de 1 h, ou seja, o alarme de evacuação deve soar de modo que a população da área de risco tenha o mínimo de 1 hora para sair de suas respectivas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.) e deslocar-se com segurança para os pontos de encontro designados.

Tabela 9: Tempo total para evacuação e precisão de previsão de evento (deslizamentos e fluxos de detritos)

Município	Período de Dados	Tempo Total para Evacuação igual a 1 h			Tempo Total para Evacuação igual a 1,5 h		
		Índice de Acerto da LC	Índice de Eventos abaixo da LPMA	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura	Índice de Acerto da LC	Índice de Eventos abaixo da LPMA	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura
Nova Friburgo	2008-2013	100%	50%	0,25	100%	50%	0,25
Petrópolis	2011-2013	100%	88%	4,25	100%	90%	4,75
Blumenau	2008-2011	100%	71%	0,50	100%	86%	1,00

3.2.1.3 Critérios para elevação e para rebaixamento do nível dos alertas e para correlação destes com os estágios operacionais das ações de prevenção

Há casos em que os deslizamentos planares ocorrem um pouco depois do término da chuva; por isso, a decisão de rebaixamento do estágio operacional das ações de prevenção deverá ser executada com igual cautela que a elevação.

Quadro 8: Critérios para tomada de decisão sobre nível de alertas e alarmes e sobre evacuação

Gatilhos	Critérios para Tomada de Decisão sobre o Nível dos Alertas e Alarmes e sobre a Evacuação					
	Subida [a] ou Mobilização [b]			Descida [a] ou Desmobilização [b]		
	Alerta	Alarme	Evacuação	Alerta	Alarme	Evacuação
Chuva Total [c]	⓪	1	1	⓪	1	1
Boletim de Risco [d]	⓪	⓪	⓪	⓪	1	1
Curva Cobra x Limiares [e]	3	3	3	3	2	2
Sistema Colaborativo de Coleta de Dados	⓪	1	⓪	⓪	⓪	⓪
Vistoria da Área de Risco [f]	⓪	2	2	⓪	3	3

3: Critério principal. 2: Critério secundário. 1: Critério alternativo. ⓪: Critério que não deverá ser utilizado como gatilho.

Observação: Na ausência das condições que satisfaçam o gatilho do critério principal (3), o gatilho do critério secundário (2) poderá ser utilizado para a tomada de decisão. Da mesma forma, na ausência das condições que satisfaçam os gatilhos principal e secundário, o gatilho do critério alternativo (1), poderá ser utilizado para a tomada de decisão.

Notas:
(a) Referente à subida ou descida do nível do alerta ou alarme.
(b) Referente à mobilização ou desmobilização da evacuação.
(c) Abrange a soma da chuva observada (pluviômetros automáticos) e da previsão de chuva futura (previsões de chuva de curtíssimo prazo ou modelo meteorológico regional), sem considerar meia vida.
(d) Abrange a Nota Técnica de Desastres Naturais (para os próximos 7 dias), Previsão de Risco Geohidrológico (para o dia seguinte) e Reunião Diária de Alinhamento de Informações (*briefing*) (para o dia corrente), todos emitidos pelo Cemaden.
(e) A análise do comportamento da curva cobra em relação aos limiares (chuva efetiva com meia vida) é feita tanto para a decisão sobre os alertas (Cemaden ou DCE) como para a decisão sobre os alarmes (DCM ou DCE).
(f) Referente às vistorias de inspeção preventiva ou às vistorias de liberação das áreas de risco, respectivamente, na subida ou descida do nível do alerta ou alarme.

Assim, enquanto a decisão de subida ou descida do nível do alerta deve ser tomada, pelo Cemaden ou pela DCE, exclusivamente com base no comportamento da curva cobra, para a decisão sobre a subida ou descida do estágio operacional das ações de prevenção, a lógica será diferente. Em especial, quando a descida do Nível Operacional implicar a desmobilização da evacuação, a decisão deve ser tomada, pela DCM, exclusivamente com base em vistorias de campo nas áreas em risco. O **Quadro 8** mostra o uso dos gatilhos para a tomada de decisão em relação ao estágio operacional das ações de prevenção e contingência, enquanto o **Quadro 9** detalha o uso dos gatilhos para a subida ou descida dos alertas e dos alarmes, bem como para a mobilização ou desmobilização da evacuação.

Quadro 9: Critérios para tomada de decisão sobre o estágio operacional das ações de prevenção

Gatilhos	Importância Relativa para a Tomada de Decisão sobre o Estágio Operacional das Ações de Proteção contra Movimentos de Massa	
	Subida	Descida
Alerta [(a)]	❸	❶
Alarme [(a)]	❸	❷
Evacuação [(b)]	⓪	⓪
Ações de Resposta [(c)]	❷	⓪
Sistema Colaborativo de Coleta de Dados	❶	⓪
Vistorias da Área de Risco [(d)]	❶	❸

❸: Critério principal. ❷: Critério secundário. ❶: Critério alternativo. ⓪: Critério que não deverá ser utilizado como gatilho.

Observação: Na ausência das condições que satisfaçam o gatilho do critério principal (❸), o gatilho do critério secundário (❷) poderá ser utilizado para a tomada de decisão. Da mesma forma, na ausência das condições que satisfaçam os gatilhos principal e secundário, o gatilho do critério alternativo (❶), poderá ser utilizado para a tomada de decisão.

Notas:
(a): Referente à subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.
(b): Referente à mobilização ou desmobilização da evacuação, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.
(c): Referente ao início ou conclusão das ações de resposta, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.
(d): Referente às vistorias de inspeção preventiva ou às vistorias de liberação das áreas de risco, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.

A condição necessária e suficiente (gatilho) para a alteração do nível do alerta é que a curva cobra atinja ou transponha uma dada linha de referência convencionada (LPM, LPA, LPMA ou LC). Esta mudança é constatada pelo monitoramento do gráfico da curva cobra e, quando o ponto mais recente da curva cobra atingir ou cruzar uma linha de referência (ou seja, a LC, a LPMA, a LPA ou a LPM[13], conforme o caso), deverá ser elaborado e transmitido um alerta correspondente, atualizando este novo posicionamento.

[13] LPM: Linha de Probabilidade Moderada de Eventos; LPA: Linha de Probabilidade Alta de Eventos; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos; LC: Linha Crítica de Eventos.

Assim, partindo-se de uma situação de vigência de baixos índices de chuva efetiva de 1,5 e de 72 horas, compatíveis com a probabilidade baixa de evento (acidente ou desastre), têm-se três situações distintas quanto ao alerta:

i. *Abertura:* situação em que a curva cobra migra do campo de probabilidade baixa para um campo de maior probabilidade de evento de acidente ou desastre.
   Usualmente a abertura corresponderá ao alerta moderado (a curva cobra transpondo somente a LPM, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade moderada de algum evento). Porém, pode ocorrer que a abertura coincida com a transmissão do alerta alto (curva cobra transpondo, de uma só vez, a LPM e a LPA, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade alta de algum evento) ou mesmo do alerta muito alto (curva cobra transpondo, de uma só vez, a LPM, a LPA e a LPMA, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade muito alta de algum evento).
   As duas últimas situações constituem exceções indesejadas, que podem decorrer de inconsistência técnica (falha na especificação das linhas de referência) e/ou de limitações próprias do modelo conceitual[14], ou da tecnologia adotada (situações anômalas vinculadas a chuvas localizadas e excepcionalmente intensas e rápidas);

ii. *Atualizações:* correspondem às transmissões entre a abertura do alerta e anteriores ao seu cessar (sem alertas).
   As atualizações podem implicar tanto a elevação do nível do alerta como o seu rebaixamento, tantas vezes quanto necessárias;

iii. *Cessar (sem alertas):* corresponde ao retorno da curva cobra para o campo da probabilidade baixa de evento, usualmente, a partir do alerta de probabilidade moderada.

Pela natureza dos índices de chuva efetiva, sobretudo do índice de chuva efetiva com meia-vida de 72 h, é esperado que a redução de nível do alerta seja gradual, ou seja, com o nível do alerta decrescendo somente um nível por vez, até transpor descendentemente a LPM.

3.2.1.4 Conteúdo dos alertas

Na elaboração e na transmissão dos alertas, é necessário que algumas condições sejam garantidas: rapidez na elaboração e padronização das mensagens; clareza, redundância e concisão nas informações; redundância de tecnologias empregadas para a transmissão da

[14] No Método Compartilhado, as previsões de eventos tendem a ser mais precisas para chuvas do tipo frente (prolongadas) que para as do tipo tempestade (rápidas e intensas).

mensagem; e comprovação da transmissão e recebimento (preferencialmente de modo automatizado).

Em curto prazo, dois formatos devem ser empregados de modo simultâneo e independente: o primeiro é o “Alerta Resumido” e o segundo, o “Alerta Detalhado”.

No caso do “Alerta Detalhado”, a mensagem deverá incluir os itens de números 1 a 15 do **Quadro 10**, sendo prioritários os de números 1 a 11; os itens para composição do “Alerta Resumido” são os listados com os números de 1 a 6. A fim de se evitar problemas com códigos de conversão de caracteres, deverá ser utilizado um texto sem acentuação e arquivo em formato PDF, compatível com os meios multimídias disponíveis.

Contudo, em médio prazo, a prioridade será a utilização de painel de controle (painel do município), onde todos os atores da previsão e alertas - Cemaden, DCEs e DCMs, possam operar conjunta e simultaneamente, com acesso *on-line* às informações citadas.

A **Figura 33** mostra o modelo de alerta utilizado na etapa experimental do Projeto Gides, onde se buscou a praticidade na informação essencial, porém, de modo conjugado com *links* de acesso a informações adicionais. O **Apêndice D** mostra um modelo de alerta detalhado.

Quadro 10: Diretrizes para conteúdo do alerta

Nº	Itens	Detalhes	Observações
1	Tipo de alerta	Alerta de deslizamento planar ou rotacional. Alerta de fluxo de detritos.	Identificar a quais cenários o alerta se refere.
2	Número do alerta	Ano + código do município + bloco + número sequencial do alerta + atualização.	Código identificador do alerta.
3	Data e hora da transmissão	Dia/mês/ano hh:mm.	Data e hora da transmissão do alerta (em formato BRT[15]).
4	Área de aplicação do alerta	Nome do estado, município e bloco.	Indicar o local para o qual o alerta se aplica.
5	Órgão responsável	Cemaden ou DCE.	Indicar o nome e os contatos do órgão responsável pela transmissão do alerta.
6	Nível do alerta	Sem Alertas - Cessar, Moderado, Alto, Muito Alto ou Máximo.	Indicar o nível de alerta (probabilidade de evento ocorrer, no intervalo de tempo a que se refere[16]).
7	Ação esperada da DCM	Proceder conforme os critérios unificados e com o Plano de Contingência do Município. Monitorar painel do Município, no site do Cemaden.	Conforme textos padronizados.
8	Estação crítica ou radar meteorológico	Código e nome do pluviômetro automático que superou a LC, LPMA, LPA ou LPM, conforme seja o caso.	Conforme código padronizado da PCD que motivou o alerta.
9	Significado da superação do limiar	Tempo para entrada na zona insegura, mantidas as tendências pluviométricas: LPM (3 h), LPA (2 h), LPMA (1 h) e LC (já está na zona insegura).	Conforme textos padronizados.
10	Resumo das condições meteorológicas	Descrição das condições e tendências meteorológicas na área de aplicação do alerta.	Descrição das condições meteorológicas atuais e condições futuras.
11	Endereço na rede mundial de computadores das informações meteorológicas	Endereço na rede mundial de computadores para obtenção de informações meteorológicas.	Indicação do endereço do Cemaden, CPTEC, Epagri-Ciram na rede mundial de computadores, conforme seja o caso.
12	Imagem do radar meteorológico	Imagem de radar meteorológico que cobre a área de risco alertada, caso aplicável.	Descrição da hora da imagem. Delimitação das áreas em riscos na imagem.
13	Gráfico da chuva horária	Gráfico da chuva horária da estação crítica.	Anexar o endereço na rede mundial de computadores de texto explicativo da chuva horária.
14	Gráfico da Curva Cobra.	Gráfico da curva cobra da estação crítica.	Anexar o endereço, na rede mundial de computadores, de texto explicativo da curva cobra.
15	Situação da transmissão de alertas no município.	Endereço na rede mundial de computadores para obtenção da lista do nível dos alertas vigentes no Estado.	Anexar o endereço do Cemaden ou da Defesa Civil do Estado na rede mundial de computadores, conforme seja o caso.

[15] BRT: Zona de tempo usada pelo Brasil, que consiste em -03h00 em relação ao horário GMT.

[16] No caso do Alerta Moderado, mantidas as tendências de chuva do momento da elaboração deste alerta, a previsão é de que a curva cobra transponha a linha crítica em três horas, configurando probabilidade máxima para a deflagração de eventos. De modo similar, para o Alerta Alto, o tempo para transposição da linha crítica seria de 2 horas; para o Alerta Muito Alto, de 1 hora; e transposição já ocorrida para o caso do Alerta Máximo.

Figura 33: Modelo de alerta resumido

ALERTA DE RISCO DE DESASTRES NATURAIS (USO EXCLUSIVO NO PROJETO GIDES – NÃO UTILIZAR EM USO OPERACIONAL)

1. Identificação do Alerta	Código do Alerta	Município / UF
	RJ-3303906-20161208122130-01-108-E	PETRÓPOLIS/RJ

2. Histórico do Alerta	Atualização	Referência	Data / Hora	Processos Alertados	Níveis do Alerta
	1	Abertura	12/11/2016 04:00	Deslizamentos	Muito Alto

3. Status das PCDs	Identificação das PCDs	Grau de Risco para Eventos	Áreas de Defesa Civil Associadas às PCDs
	330390611A - Itaipava	Muito Alto (=)	

4. Painel do Município	http://150.163.255.234/salvar/graficos/grafico_CEMADEN_Gides.php?idpcd=3312

5. Recomendações para uso do alerta	1. Acessar o Painel do Município (no site do Cemaden ou no link acima) e manter-se em monitoramento contínuo, até o encerramento deste alerta. 2. Em caso de dúvidas sobre este alerta, e/ou quando houver a necessidade de comunicar informações relevantes durante a vigência deste alerta, contatar a Defesa Civil Estadual e/ou o Cemaden. 3. Proceder conforme o Plano de Contingência do Município, para as demais ações

6. Avaliação do Alerta	Avaliação do alerta Cemaden, depois do recebimento do aviso de encerramento do alerta: email <xxx@cemaden.gov.br>

3.2.2 ALARMES PARA EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA - DESLIZAMENTO PLANAR, DESLIZAMENTO ROTACIONAL E FLUXO DE DETRITOS

A elaboração de alarmes para este tipo de processo estará a cargo das DCMs, conforme seus procedimentos operacionais específicos, observados os aspectos contidos no **Quadro 7**.

3.3 TRANSMISSÃO DE ALERTAS E ALARMES

3.3.1 ALERTAS PARA EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA - DESLIZAMENTO PLANAR, DESLIZAMENTO ROTACIONAL E FLUXO DE DETRITOS

Considerando-se a necessidade de transmissão do alarme de forma rápida e eficiente, pela DCM à população, esta tarefa poderá ser executada por unidades administrativas descentralizadas (regionais da Defesa Civil Municipal). Assim, para que o alerta transmitido pelo Cemaden ou DCE não gere discrepância com a transmissão do alarme pela unidade regional da DCM, haverá a necessidade de perfeita coordenação entre os entes.

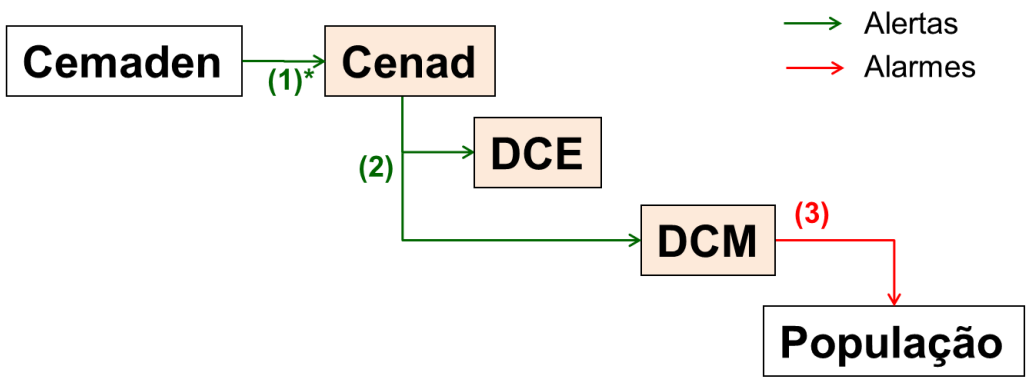
Para tal, mesmo quando o município seja subdividido em blocos e/ou que existam regionais da DCM, o alerta do Cemaden deverá ser transmitido somente para a sede da DCM, a qual procederá à divulgação junto às suas regionais, conforme seja o caso.

3.3.1.1 Rotas de transmissão (fluxos)

O Cemaden ou a DCE farão a elaboração célere dos alertas e os transmitirá diretamente para as DCMs, simultaneamente dando ciência a todos os demais órgãos afins das esferas federal, estadual e municipal. As rotas de transmissão (fluxos) indicadas na **Figura 34** deverão ser consideradas como sendo as básicas.

O alerta de movimentos de massa deverá ser exclusivo, ou seja, não deverá abordar outros desastres naturais que não os movimentos de massa, tal como inundação, por exemplo.

Figura 34: Fluxograma da rota de transmissão dos alertas e alarmes



Observações:

1) De acordo ao protocolo Cemaden-Cenad (Portaria n° 149, de 18 de Dezembro de 2013), todo o alerta de risco de desastres naturais emitido pelo Cemaden deverá ser enviado ao Cenad, para se constituir em subsídio fundamental para a tomada de ações preventivas de proteção civil (1).
2) No caso de processos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha (rastelos e quedas de blocos), aplicam-se somente as opções (3).

A definição da rota a adotar deverá ser decidida estado a estado. Independentemente da delegação para elaborar e transmitir o alerta, o Cemaden permanecerá responsável pela avaliação do desempenho e da promoção da melhoria contínua dos alertas e alarmes.

3.3.1.2 Meios de transmissão (tecnologias)

Serão utilizados três meios de comunicação, a saber: por mensagem eletrônica (*e-mail*), por mensagem de texto (*SMS*) e por disponibilização via painel de controles (painel do município) no endereço do Cemaden na rede mundial de computadores.

No caso das mensagens eletrônicas, para que a informação do alerta não seja perdida entre os variados comunicados, é fundamental que seja utilizado um endereço eletrônico exclusivo e de provedor confiável, de modo a se manter com exatidão toda a série de registros das citadas informações.

Os “alertas detalhados” devem ser transmitidos aos órgãos competentes via mensagem eletrônica e disponibilizados no endereço do Cemaden na rede mundial de computadores. Simultaneamente, os “alertas resumidos” serão transmitidos diretamente aos encarregados dos órgãos competentes, via mensagens de texto e painel de controle.

Os alertas detalhados e os alertas resumidos devem ser transmitidos através de uma mesma rota de transmissão (fluxo), conforme **Figura 34**, e com a utilização dos meios descritos (mensagens eletrônicas e mensagens de texto).

A utilização de três formatos (mensagens eletrônicas, mensagens de texto e painel de controle) propiciará redundância, precavendo-se contra eventuais falhas nos meios de comunicação, bem como situações de ausência do encarregado junto dos aparelhos receptores.

Em adição aos alertas, boletins meteorológicos devem ser transmitidos pelo Cemaden ou pelos Estados às DCMs, por mensagem eletrônica.

Além disso, os diversos dados de chuva devem ser obtidos, por PCD pluviométrica, diretamente através dos endereços do Cemaden, DCEs, Inmet, CPTEC, Inea, Simepar e demais órgãos de monitoramento, através da rede mundial de computadores (ver item 4.2.4 deste Manual).

3.3.1.3 Confirmação da recepção dos alertas

A transmissão dos alertas é extremamente importante, pois têm implicação direta com a proteção de vidas e de bens. Assim sendo, as informações transmitidas devem ter seu recebimento confirmado; as DCMs devem confirmar ao Cemaden, automática e exclusivamente por mensagem eletrônica, que receberam e leram os alertas.

Tanto a confirmação da leitura como a sua ausência deverão constar do painel de controle. Caso a confirmação não ocorra em até dez minutos da transmissão, o Cemaden deverá efetuar o contato telefônico com o encarregado da DCM, para confirmação do recebimento e solicitação da providência. Este fato deverá compor o indicador de desempenho específico.

3.3.1.4 Manutenção das rotas de transmissão (fluxos)

A fim de realizar as transmissões de alertas de forma contínua e segura, quando houver qualquer alteração nos dados dos responsáveis ou encarregados pelo manuseio dos alertas, o respectivo órgão deverá providenciar a imediata atualização de todos os dados necessários.

3.4 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO

Em face de uma situação que muda a cada momento, as informações deverão ser processadas e compartilhadas de forma rápida e eficaz (**Figura 35**). Para isso, o Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão construir um sistema informatizado robusto e automatizado, contendo módulos ou interfaces específicas para cada uma das tarefas previstas, desde a coleta, tratamento e disponibilização de dados pluviométricos e dados de deslocamento do solo/rocha, elaboração e transmissão de alertas e de alarmes, registro de informações de eventos nos bancos de dados designados, disponibilização de informações públicas e avaliação de desempenho operacional.

Para sanar eventuais problemas na coleta de dados e/ou na disponibilização de informações, o Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão designar os responsáveis (e seus substitutos eventuais) por atender as demandas e fornecer informações sobre os sistemas informatizados e suas interfaces, bem como indicar quais os canais de comunicação a utilizar.

De modo geral, é fundamental que os sistemas informatizados sejam compartilhados com as DCEs e DCMs, de modo que estas também possam utilizá-lo para subsidiar sua decisão quanto à transmissão dos alarmes, bem como para construir bancos de dados necessários às avaliações e à melhoria dos limiares utilizados por todos.

Gradativamente, os produtos disponibilizados por esta interface deverão municiar as salas de situação do Cemaden, das DCEs e das DCMs.

3.4.1 INTERFACE DE BANCO DE DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO

As áreas de risco deverão possuir número de identificação único e todas as informações a elas referentes no País deverão estar indexadas. Essa interface visa fornecer dados e informações básicas sobre as áreas de risco, as quais serão utilizadas em vários momentos, para diferentes finalidades e por distintos usuários. As seguintes necessidades devem ser atendidas:

a) Descrição da área de risco:
   i. Identificação:
      - Código nacional único;
      - Dimensão;
      - Município, Estado;
      - Bairro;
      - Cenários de risco mais prováveis (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, queda de blocos etc.).
   ii. Redes observacionais disponíveis:
      - Cobertura por radar meteorológico;
      - PCDs pluviométricas e fluviométricas;
      - Sensores de deslocamento do solo;

- Sensores de umidade de solo.

iii. Contatos para alertas e para alarme.

b) Vulnerabilidade:

i. Aspectos socioeconômicos:
   - População total;
   - Perfil populacional (crianças, jovens, adultos, idosos);
   - Pessoas portadoras de necessidades especiais;
   - Escolaridade.

ii. Aspectos de infraestruturas de prevenção e resposta a desastres naturais:
   - Quantidade de pontos de encontro;
   - Quantidade de rotas de fuga;
   - Quantidade de Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDECS);
   - Qualidade do sistema viário (acesso, declividade, iluminação etc.);
   - Qualidade da comunicação;
   - Quantidade de PCDs;

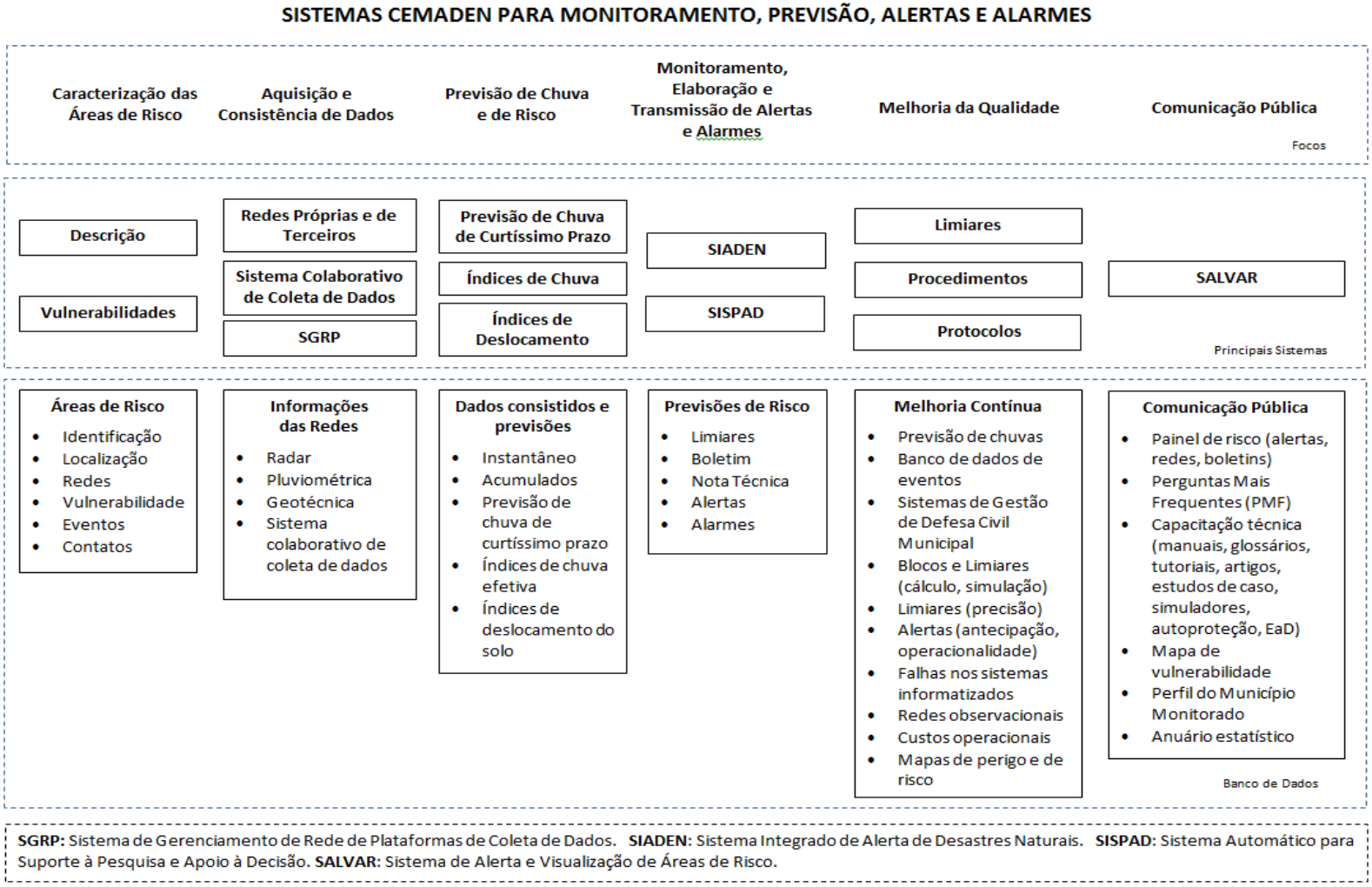
iii. Aspectos históricos de evacuação da população:
   - Tempo total estimado para evacuação;
   - Data da estimativa;
   - Método da estimativa.

iv. Histórico de eventos:
   - Eventos e respectivos danos.

A finalidade deste banco de dados é prover os seguintes subsídios:

a) Tempo de antecedência para a transmissão dos alertas e alarmes;
b) Prioridade para a instalação e manutenção de PCDs;
c) Prioridade para ações de capacitação;
d) Subsídio às ações de prevenção e resposta da DCM;
e) Dados históricos de acidentes e desastres;
f) Acidente (ou Desastre) e respectiva descrição de danos (data, residências destruídas, óbitos, estimativa de danos, se disponível).

Figura 35: Sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alertas e alarmes



3.4.2 INTERFACE PARA AQUISIÇÃO E CONSISTÊNCIA DE DADOS DE CHUVA E DE DADOS DE DESLOCAMENTO DO SOLO/ROCHA

O sistema informatizado utilizado pelo Cemaden, DCEs e DCMs deverá possuir um módulo para viabilizar a coleta, o tratamento e a disponibilização de dados pluviométricos consistidos, de forma contínua e em tempo quase real, a todos os usuários citados.

No caso dos dados de deslocamento do solo/rocha, a coleta e o processamento serão efetuados localmente, pela DCM. Os sistemas informatizados necessários devem ser desenvolvidos e mantidos pelo Cemaden e/ou pelas DCEs, e cedido às DCMs.

Para garantir conectividade, intercambialidade e segurança, ao máximo possível, devem ser estabelecidos protocolos comuns para a padronização dos formatos utilizados tanto para a coleta como para o compartilhamento de dados.

Os dados básicos necessários para a previsão de eventos são de duas naturezas:

a) Dados pluviométricos, para deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos;

b) Dados de umidade do solo, utilizados indiretamente para previsão de deflagração de todos os processos citados.

Esses dados serão obtidos tanto de redes observacionais próprias (Cemaden, DCE, DCM) como de terceiros (Ana, Redemet etc.).

A rede pluviométrica, para fins operacionais, é constituída de pluviômetros automáticos e radares meteorológicos. A rede de deslocamento do solo/rocha (operacional) pode incluir extensômetros horizontais de solo, sensores de inclinação, inclinômetros, sensores de umidade do solo e Estação Total Robotizada (ETR[17]) e respectivos prismas de reflexão, além de piezômetros para a medição do nível d'água subterrânea.

A finalidade desta interface é uniformizar o acesso às informações disponíveis em nível federal, estadual e municipal, inclusive pela população, de modo a que todos possam desempenhar suas atividades a partir de uma mesma base de dados.

3.4.3 INTERFACE PARA PREVISÃO DE CHUVA E DE RISCO EM TEMPO QUASE REAL

Uma vez que os dados coletados foram verificados quanto à sua consistência, é necessário processá-los de modo que eles estejam em condições de uso pelas salas de situação e por outros sistemas informatizados do Cemaden, das DCEs e das DCMs.

A necessidade, em termos de previsão de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos, abrange os seguintes produtos intermediários:

[17] Estação total robotizada (ETR): um tipo de extensômetro laser, sem contato com a encosta.

a) Previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 horas);

b) Cálculo dos índices de chuva efetiva de curto e de longo prazo;

c) Cálculo dos índices de chuva total (acumulados para vários períodos de tempo).

d) Aferição da probabilidade do evento, mediante comparação dos índices de chuva efetiva com os limiares designados;

e) Dados descritivos das séries de chuvas: data e hora do início e do fim da série de chuvas; índice de chuva efetiva de curto prazo; índice de chuva efetiva de longo prazo; presença ou ausência de eventos durante a série de chuvas; data e hora do evento, caso aplicável; e chuva total da série de chuvas, chuva máxima da série de chuvas (índices, data e hora).

Conforme destacado anteriormente, o sistema computacional para monitoramento dos dados de deslocamento do solo/rocha estará baseado na DCM, sendo desenvolvido e mantido pelo Cemaden e pela DCE.

3.4.4 MONITORAMENTO, ELABORAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ALERTAS E ALARMES

Nesta interface, os produtos intermediários anteriormente calculados são automaticamente comparados aos limiares designados, para os casos de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos (limiares de chuva efetiva).

Em consequência, caso aplicável, são automaticamente elaborados e transmitidos os alertas pelo Cemaden ou DCEs (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos) e/ou os alarmes pelas DCMs (queda de blocos, deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos).

O monitoramento será exercido via painel de controle, onde serão mostrados, para cada PCD, no caso de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos:

a) gráficos da chuva total;

b) gráfico da curva cobra.

3.4.5 INTERFACE PARA AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE DOS LIMIARES

Nesta interface, são avaliados o funcionamento e a adequação dos componentes básicos do sistema de previsão, alerta e alarme:

a) setorização das áreas de risco;

b) redes observacionais;

c) sistemas informatizados de apoio à decisão;

d) banco de dados para registro de eventos precursores, de acidentes e de desastres;

e) previsão de chuva, por modelos regionais e por previsão de chuva de curtíssimo prazo;

f) limiares (blocos para cálculo e precisão dos limiares; frequência anual de chuvas na zona insegura);

g) alertas e alarmes (antecedência e redundância na transmissão; clareza, relevância e concisão na mensagem; operacionalidade);

h) desempenho operacional no sistema como um todo, incluindo custos.

O limiar é elemento fundamental ao bom desempenho do SAA. Seu cálculo é feito a partir de quatro dados básicos:

a) dados de chuva efetiva das séries de chuvas com e sem eventos;

b) dados de acidentes e de desastres;

c) dados de indícios precursores de acidentes e de desastres;

d) dados de tempo total para as ações de preparação e de evacuação da população.

Os limiares calculados por intermédio desta interface, depois de validados conjuntamente (Cemaden, DCE e DCM), serão publicados e utilizados operacionalmente.

A **Figura 36** apresenta o modelo conceitual para avaliação do limiar e ilustra o cálculo dos cinco índices básicos para a avaliação da precisão dos limiares:

a) Índice de Acerto (IA): Número de vezes que ocorreu o desastre/ Número de vezes que excedeu a LC;

b) Índice de Alerta Vazio (IAV): Número de vezes que o desastre não ocorreu / Número de vezes que excedeu a LC;

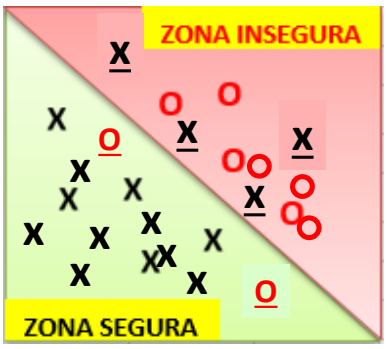
c) Índice de eventos abaixo da LC (IE): Número de vezes que não excedeu a LC, mas Ocorreu um desastre/ Total de vezes que ocorreu um desastre;

d) Índice de eventos acima da LC (IEA): Ao excede a LC, número de vezes que ocorreu um desastre / Total de vezes que ocorreu um desastre;

e) Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura (FZI): Número de vezes que excedeu a LC.

Cabe destacar que os cinco índices citados avaliam a precisão do limiar, sendo incorreto referir-se à precisão do alerta ou do alarme, conforme citado. Alertas e alarmes somente poderão ser avaliados quanto à sua antecipação em relação ao momento previsto para que a curva cobre atinja ou ultrapasse a linha crítica.

Figura 36: Modelo conceitual para avaliação da precisão do limiar (linha crítica)



Cczi: Série de Chuvas com ocorrência na zona insegura = 7 (O)
Cszi: Série de Chuvas sem ocorrência na zona insegura = 4 (X)
Cczs: Série de Chuvas com ocorrência na zona segura = 2 (O)
Cczi: Série de Chuvas sem ocorrência na zona segura = 12 (X)

Cc: Série de Chuvas com ocorrência = 9 (O + O)
Cs: Série de Chuvas sem ocorrência = 16 (X + X)
Zi: Série de Chuvas na zona insegura = 11 (O + X)
Zs: Série de Chuvas na zona segura = 14 (X + O)

N: período de medição das séries de chuvas = 2 anos

IA = Cczi/(Cczi + Cszi)= Cczi/Zi=7/11=63.6% (Maior é melhor)

IAV = Cszi/(Cczi + Cszi)=Cszi/Zi=4/11=36.4% (Menor é melhor)

IEA = Cczs/(Cczi+Cczs)=Cczs/Cc=2/9=22.2% (Menor é melhor)

IE = Cczi/(Cczi+Cczs)=Cczi/Cc=7/9=77.8% (Maior é melhor)

FZI = (Cczi+Cszi)/N=Zi/N=11/2=5.5 (Menor é melhor)

Note-se, ainda, que o conceito de Frequência Anual pode ser estendido para se verificar a quantidade de vezes por ano em que, para um dado limiar, foi transmitido alerta solicitando:

a) A preparação para evacuação: quantidade de séries de chuvas que atingiram ou ultrapassaram a LPA dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos;

b) A evacuação: quantidade de séries de chuvas que atingiram ou ultrapassaram a LPMA dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos;

c) A evacuação obrigatória: quantidade de séries de chuva que atingiram ou ultrapassaram a LC dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos, nesse caso, obtendo-se mesmo valor da frequência anual de séries de chuvas na zona insegura, já mencionado.

A **Figura 37**, por sua vez, ilustra um gráfico da linha do tempo, construído de modo a mostrar tanto a distribuição como a correlação temporal entre avisos meteorológicos, alertas, alarmes e eventos (acidentes e desastres) para uma dada área de risco, de modo a que se possa aferir se a antecipação proporcionada, sobretudo em termos de alertas e alarmes, satisfaz às necessidades de tempo total para evacuação da população daquela localidade. A partir do gráfico da linha do tempo, as seguintes avaliações podem ser executadas:

a) Há sintonia entre os índices de chuva efetiva de 1,5 e 72 horas e os alertas e alarmes?

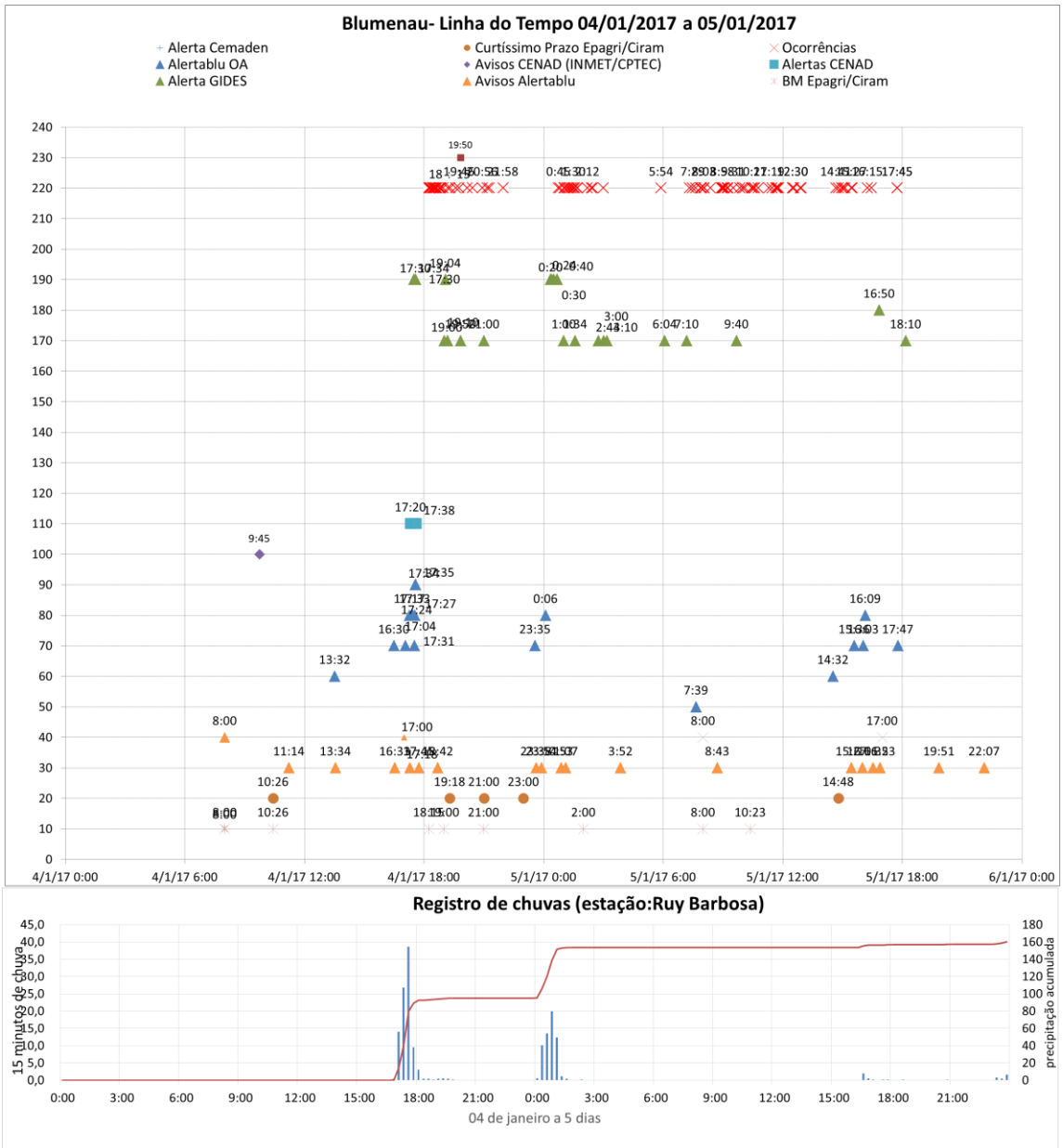
b) A transmissão dos alertas e alarmes teve a antecipação designada?

c) A taxa de emissão de alarmes de evacuação é adequada?

d) A duração dos alertas e dos alarmes é adequada?

e) Há sintonia entre o nível dos alertas e o estágio operacional das ações de prevenção?

Figura 37: Exemplo de linha do tempo para avaliação da antecedência dos alertas (Blumenau, período de 04/01/2017 a 06/01/2017)



3.4.6 INTERFACE DE DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PÚBLICAS

A interface de disponibilização de informações deverá ser composta por uma área de visualização restrita às instituições públicas (Cenad, Cemaden, DCEs e DCMs), mediante senha de acesso, e outra de visualização geral, acessível aos moradores das áreas de risco e à população em geral. Os tópicos abrangem:

a) Painel de risco (estado das redes observacionais, boletins, alertas);
b) Perguntas mais Frequentes (PMFs);
c) Glossário;
d) Capacitação técnica (conteúdos para Ensino a Distância (EaD), simulador, autoproteção, coleta de dados de acidentes e desastres);
e) Mapa de vulnerabilidade;
f) Perfil do município monitorado;
g) Anuário estatístico.

Os materiais para capacitação incluem produtos, informações técnicas e estudos de caso, sendo destinados para as Defesas Civis, população das áreas de risco e professores da rede pública e população em geral.

Do ponto de vista dos usuários internos, os produtos principais são constituídos pelo: (i) painel de risco; (ii) produtos EaD (conteúdos técnicos específicos, simuladores, manuais); (iii) estudos de caso.

Informações aos moradores das áreas de risco devem enfocar: (i) a percepção do risco; (ii) formas de autoproteção; (iii) importância do informe de indícios precursores e eventos; (iv) perguntas mais frequentes.

Informações à população geral incluem: identificação e características das ameaças (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, queda de blocos etc.); terminologias de previsão, alerta e alarme; componentes e funções no SAA; estatísticas, entre outras.

3.5 TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO

O treinamento e a capacitação destinados aos técnicos das salas de situação das Defesas Civis Estaduais e das Defesas Civis Municipais devem abordar os seguintes temas: uso dos alertas, banco de dados de eventos, avaliação da rede observacional, cálculo de limiares, avaliação e melhoria dos limiares e percepção de risco.

O **Quadro 11**, a seguir, apresenta o conteúdo básico a ser trabalhado em programas de treinamento e capacitação.

Quadro 11: Conteúdo básico a ser trabalhado em programas de treinamento e capacitação

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO PARA TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO

1. Uso dos Alertas
a) A lógica dos critérios unificados de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra eventos - acidentes e desastres, do uso destes nas atividades cotidianas;
b) O uso da interface computacional (painel de controle - painel do município);
c) Importância da coleta de dados para avaliação do limiar.
2. Banco de Dados de Eventos
a) Aspectos teóricos dos dados necessários à melhoria da precisão dos limiares e à antecipação dos alertas e alarmes;
b) Uso do formulário de campo para coleta de dados de eventos;
c) O uso da interface computacional para alimentação do banco de dados de acidentes e desastres (ou do Sistema de Gestão de Defesa Civil Municipal);
d) Orientação para a documentação fotográfica de acidentes e de desastres, bem como dos indícios precursores destes;
e) Importância e responsabilidades pela coleta de dados de eventos.
3. Avaliação da Rede Observacional
a) Elaboração dos Polígonos de Thiessen;
b) Análise da correlação de chuvas entre os pluviômetros automáticos;
c) Avaliação da adequação da distribuição dos pluviômetros automáticos, com base na análise integrada dos Polígonos de Thiessen, da correlação de chuva entre pluviômetros automáticos, da distribuição de pluviômetros automáticos nas áreas de risco, da influência do relevo etc.;
d) Avaliação da área de cobertura do pluviômetro automático e definição do espaçamento entre eles.
e) Outros aspectos a serem abordados: taxas de falhas em componentes e nos equipamentos em si, como PCDs e pluviômetros automáticos, de forma a balizar as tarefas de manutenção preventiva ou corretiva da rede observacional e a gestão de fornecedores de equipamentos e serviços.
4. Cálculo de Limiares
a) Aspectos teóricos do Método Compartilhado;
b) Delimitação de blocos para cálculo do limiar;
c) O uso da interface computacional para cálculo do limiar:
i) Obtenção das séries de chuva com e sem eventos;
ii) Simulação de desempenho das diferentes opções de limiares;
iii) Avaliação de desempenho das diferentes opções de limiares;
d) Processo de validação conjunta do novo limiar (Cemaden, DCE e DCM).
5. Avaliação e Melhoria dos Limiares
a) Aspectos teóricos do Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC, Índice de Acerto de Não-Eventos, Índice de Alertas Vazios e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura propiciada pelos limiares;
b) O uso da interface computacional para obtenção das séries de chuvas com e sem eventos e para a simulação de desempenho de diferentes limiares;
c) Uso dos Índices de desempenho para avaliação, comparação e melhoria do desempenho de limiares.
6. Percepção de Risco
a) As características distintivas dos diferentes processos (deslizamentos planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, queda de blocos);
b) A distinção dos diferentes processos, em campo;
c) A distinção de indícios precursores de eventos, em campo, tanto no solo como em edificações, vegetação etc.;
d) Diretrizes para orientações aos moradores das áreas de risco.

3.6 MELHORIAS DO MANUAL

3.6.1 CONTEÚDO E PERIODICIDADE DAS REVISÕES

A elaboração de um protocolo para orientar, de forma ampla e sistemática, as atividades de previsão e alertas e as ações de prevenção a movimentos de massa é experiência pioneira no Brasil. Nesse sentido, haverá a necessidade de revisões periódicas nos conteúdos e procedimentos ora propostos. Esta tarefa deverá ser conduzida tendo em conta exemplos reais de boas-práticas, bem como o histórico operacional recente neste setor no País.

O cálculo do limiar para elaboração do alerta depende da densidade e da precisão dos dados de chuvas com e sem eventos. Portanto, é importante a coleta destes dados, por meio de levantamentos contínuos.

No que concerne às transmissões dos alertas, os pontos problemáticos, relativos ao tempo total para evacuação das populações, somente virão à tona depois dos treinamentos, simulados e/ou de casos reais.

Vários aspectos constam do **Quadro 12**, incluindo recomendações quanto à coleta de dados e para o uso destes nas revisões periódicas. Além dos itens básicos citados, abordagens adicionais podem ser avaliadas, como por exemplo o aperfeiçoamento do entendimento dos processos monitorados (deslizamento planar, deslizamentos rotacional, planar e fluxo de detritos) e a caracterização de regiões suscetíveis — tanto em termos físicos, de vulnerabilidades de sua população, quanto de problemas operacionais na evacuação de populações das áreas em risco.

Considerados os aspectos e as periodicidades citadas, recomenda-se que uma revisão geral do Protocolo seja integralmente realizada no mínimo a cada três anos, sem prejuízo de revisões parciais em prazo menor, podendo ser alterados os prazos e os itens a avaliar oportunamente. Por outro lado, aspectos críticos podem ser revisados em prazo menor ou a qualquer tempo, todas as vezes em que seja identificada alguma importante oportunidade de melhoria.

Tais decisões deverão ser objeto do trabalho da gestão integrada regionalizada abordada no item 3.6.6 deste Manual.

3.6.2 REVISÃO DOS LIMIARES

A revisão dos limiares deve ser conduzida em relação aos seguintes aspectos:

a) Quanto ao estabelecimento do método para o cálculo do limiar:
   Devem ser efetuadas simulações com os dados das chuvas com e sem evento, procedendo-se à avaliação de desempenho (Índice de Acerto, Índice de Eventos abaixo da LC, Índice de Acerto de Não-Eventos, Índice de Alertas Vazios e Frequência

Anual de chuvas na Zona Insegura) propiciada pelo limiar. Comparando-se os diferentes métodos de cálculo, seleciona-se aquele que simultaneamente propicia o maior índice de acerto e a menor frequência anual de séries de chuvas na zona insegura.

Em um exame mais acurado, pode-se refinar a dimensão da região para alerta, avaliando se o comportamento da chuva e se as características do meio físico são homogêneas ao longo das diferentes áreas de risco do município. Somente se heterogeneidades significativas forem detectadas é que se procede à subdivisão em blocos, para efeito do cálculo do limiar.

Além de se utilizar dados precisos e atualizados, questionar a necessidade de subdivisão em blocos, bem como avaliar a taxa de acerto propiciada pela linha crítica (limiar), deve-se considerar o comportamento da população nos casos da transmissão de alertas vazios.

b) Adequação da rede de observação pluviométrica:

As PCDs pluviométricas utilizadas devem estar adequadamente distribuídas em relação às áreas de risco, de modo a que possuam representatividade necessária. Assim, há necessidade de se avaliar a representatividade da distribuição da PCD pluviométrica em relação a: (i) acidentes geográficos; (ii) perímetro das áreas de risco; (iii) locais com maior incidência de chuva. Idealmente, a distância da PCD representativa não deve ser superior a 2,5 km, em todos os casos citados.

Quadro 12: Diretrizes sobre aspectos abordados e periodicidade na revisão do Manual

Tópicos a Serem Avaliados		Levantamento de Necessidades		Revisão	
		Abrangência	Periodicidade Recomendada	Abrangência	Periodicidade Recomendada
Mapa de Risco	Adequação da delimitação das áreas de risco alto e muito alto	Por área de risco	Anual	Por município	Trienal
Coleta de Dados	Adequação das redes observacionais	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
	Adequação da coleta de dados de eventos (acidentes e desastres)	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Limiar	Adequação do limiar (precisão, aplicabilidade, economicidade)	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Alertas e alarmes	Adequação da antecedência, aplicabilidade	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
	Adequação da região abrangida pelo alerta / alarme	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Procedimentos Operacionais	Habilidade da equipe operacional	Por órgão	Anual	Por órgão	Anual
	Adequação das rotas (fluxos) para transmissão dos alertas	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Adequação dos meios (mídias) para transmissão dos alertas	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
Melhoria	Necessidade de aprimoramento dos métodos de cálculo de limiar	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Necessidade de monitoramento de novos processos	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
Protocolo	Adequação do entendimento do conteúdo do Protocolo, por grupos usuários (Cenad, Cemaden, DCEs, DCMs, população etc.)	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Revisão geral do Protocolo	Por estado	Anual	Nacional	Trienal

3.6.3 REVISÃO DO TEMPO DE ANTECEDÊNCIA PARA TRANSMISSÃO DOS ALERTAS

Existem duas necessidades de difícil harmonização quanto à definição do tempo de antecedência para transmissão do alarme de evacuação, a saber: (i) necessidade de rápida transmissão do alarme, dando mais tempo para evacuação efetiva e segura da população das áreas em risco; e (ii) necessidade de evitar o alarme vazio e o número excessivo de alarmes, pois quanto mais cedo for emitido o alerta, maior sua imprecisão.

O desafio, portanto, é a busca de um ponto de equilíbrio entre estas duas necessidades conflitantes, em cada uma das áreas de risco monitoradas, mediante aumento da experiência na previsão dos eventos, bem como pela agilidade operacional no alarme e na evacuação.

Antes de se pactuar um maior tempo de antecedência (tempo total para evacuação), é necessário exaurir as etapas de aperfeiçoamento da execução das atividades descritas (a saber, coleta de dados, previsão do evento, elaboração e transmissão dos alertas e alarmes, bem como a evacuação da população das áreas em risco). Isto é necessário, pois, a ampliação do tempo de antecedência tem sérios efeitos indesejáveis, em termos de piora da precisão da previsão (tanto da chuva como da probabilidade de eventos) e de aumento da frequência de transmissão de alertas e de alarmes.

3.6.4 REVISÃO DOS BLOCOS PARA CÁLCULO DOS LIMIARES

Em curto prazo, foi definido que a área do município deve ser investigada quanto à presença de heterogeneidades do meio físico, meteorológicas e de vulnerabilidade (das edificações, da população e da DCM), avaliando-se a necessidade de subdivisão do município em blocos para efeito de cálculo de limiares dos processos monitorados por chuva (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos). No médio prazo, a abordagem deverá ser por área de risco, para melhoria da precisão.

Dadas às condições brasileiras, é conveniente estudar a correlação dos dados das PCDs pluviométricas e, a partir desta análise, decidir-se pela adequação da rede e/ou pelo redimensionamento dos blocos. Em qualquer caso, o bloco deverá possuir suficientes dados de chuvas com e sem eventos, para que seja possível o cálculo do limiar que forneça a precisão necessária.

Se o limiar se alterar de modo significativo a cada novo bloco ou se for constatada melhoria na avaliação do seu desempenho (índice de acerto, Índice de Eventos abaixo da LC, separabilidade, índice de alarmes vazios e frequência anual de séries de chuvas na zona insegura), a subdivisão em blocos deverá ser efetuada.

3.6.5 APERFEIÇOAMENTO DO MÉTODO DE PREVISÃO DE EVENTO

A situação atual é a emissão do alerta com base em acumulados de chuva total observada. Na etapa experimental do Projeto, foi utilizado o método Compartilhado para os três municípios piloto, empregando índices de chuva efetiva de longo e de curto prazo para orientar a elaboração dos alertas.

O Método Compartilhado foi adotado para o cálculo de limiar pelo fato de ser um método estatístico que possui alta correlação com o método hidrológico (Modelo Tanque), por ser de mais fácil operacionalização relativa, de menor custo, e por ser o mais adequado ao contexto de dados e de tecnologias atualmente disponíveis no País.

Os estudos efetuados demonstraram que a utilização deste método associado à transmissão de alertas com antecedência de 1 e 2 horas em relação à entrada da curva cobra na zona insegura propicia boa separabilidade das chuvas com e sem evento, bem como propicia condições adequadas para ações de prevenção da DCM, a saber, a transmissão de alarmes e evacuação das populações das áreas em risco.

Contudo, é necessário que o Cemaden, as DCEs e as DCMs se prepararem para o futuro, até porque as etapas de melhoria demandarão anos para sua implantação. Com a consolidação da rede observacional (incluindo-se a futura adequação locacional e integração das redes de PCDs pluviométricas dos Estados e Municípios monitorados), ampliação da coleta de dados de chuvas com e sem evento, bem como pela disponibilidade de tecnologias de previsão de chuva de curtíssimo prazo, será possível a utilização de novos métodos para o cálculo dos limiares.

No presente momento, os avanços são limitados pela inexistência de ferramentas eficazes de previsão de chuva de curtíssimo prazo e para o cálculo do índice de umidade do solo, bem como pela baixa confiabilidade dos dados de séries de chuvas com eventos e pela curta série de dados de chuva.

A **Figura 14**, apresentada no item 2.2.1, mostra as etapas pretendidas para o desenvolvimento do método de cálculo de limiar. Pretende-se, em curto prazo, aplicar o Método Compartilhado em conjunto com as previsões de chuva de curtíssimo prazo e, em médio prazo, atingir a elaboração de alertas antecipados com apoio de análises por funções de rede neural de base radial (RBFN) e Índice de Água no Solo (IAS).

Outra possibilidade é investigar o estabelecimento de limiar pela utilização do Método RBFN com o Método Compartilhado, em vez do IAS.

3.6.6 ARTICULAÇÃO E RESPONSABILIDADES NOS ALERTAS DE RISCOS

Para que os moradores das áreas de risco possam executar de forma rápida e apropriada as ações de prevenção e resposta, órgãos como Cemaden, Cenad, DCE e DCM devem disponibilizar informações, além de alertas e alarmes. Assim, os órgãos citados, tendo em conta

as suas respectivas competências, deverão discutir, consensuar e manter atualizados os procedimentos e intensificar as ações individuais e conjuntas em prol da melhoria contínua do SAA (**Quadro 13**).

A abordagem sugerida é a gestão integrada regionalizada (**Figura 38**), a partir de um Comitê Gestor que definirá prioridades de projetos e coordenará a implementação e a avaliação dos resultados. O **Quadro 14** apresenta uma minuta básica para subsídio ao planejamento da gestão integrada regionalizada.

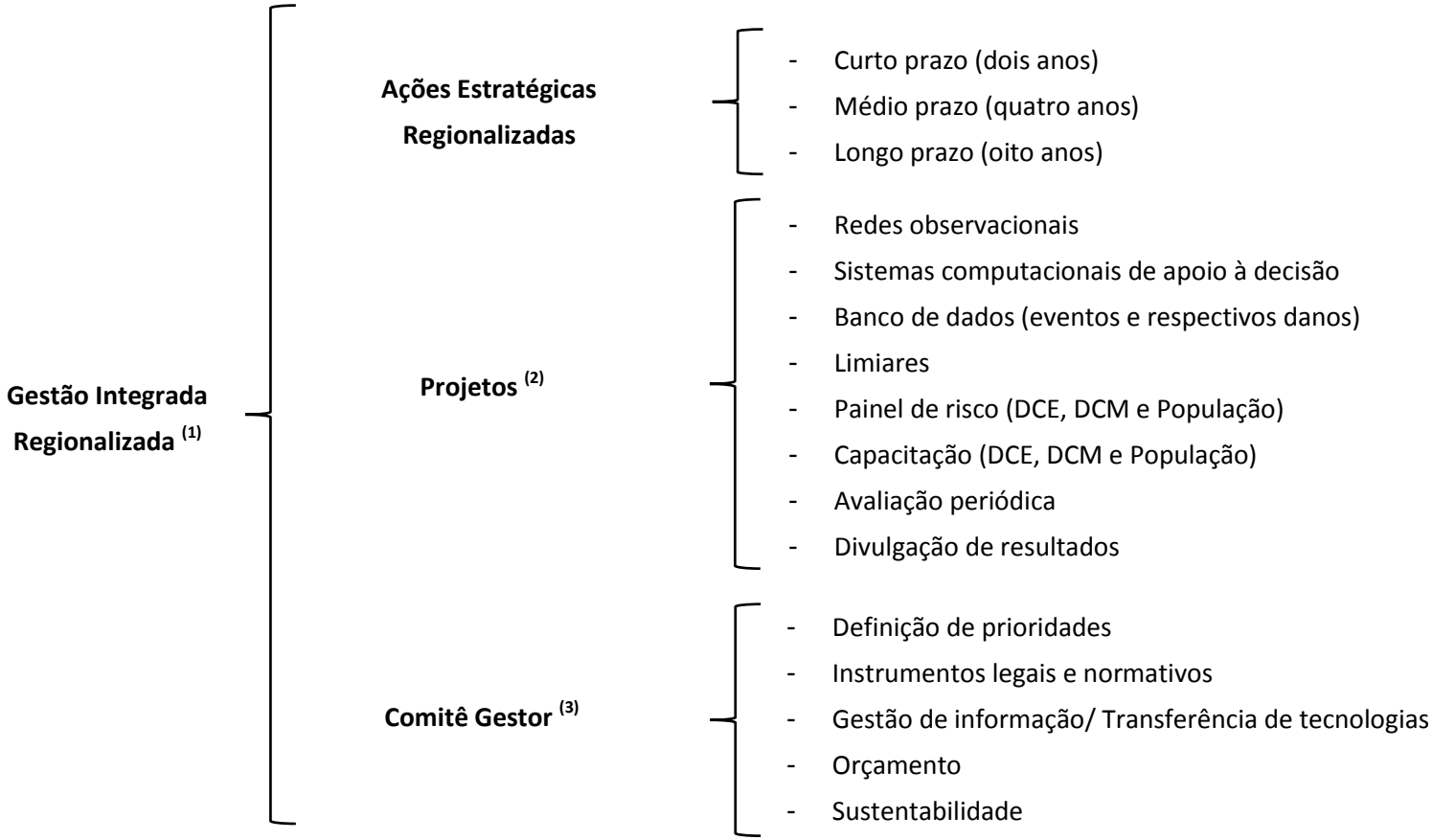
Quadro 13: Matriz de responsabilidade no sistema de alerta antecipado (Situação ideal)

Principais Atividades para o Sistema de Alerta Antecipado - SAA		Responsabilidades			
		Federal	Estadual	Municipal	População
Planejamento Estratégico	Revisão anual do Plano Estratégico de Prevenção e Defesa Civil				
	Revisão anual dos Planos de Contingência				
	Revisão bianual do Plano Municipal de Redução de Risco				
Mapeamento e Avaliação de Risco	Mapa topográfico de áreas de risco				
	Mapa de ameaças				
	Mapa de riscos				
	Mapa de rotas de fuga				
Planejamento Urbano	Plano de expansão urbana [1]				
	Estabilização, regularização e remoção de áreas de risco				
	Fiscalização do uso do solo em áreas de risco				
Previsão e Alerta	Definição dos processos a serem monitorados				
	Definição de blocos para alerta e alarme				
	Redes observacionais: instalação e manutenção [2, 3, 4]				
	Definição do tempo de antecedência para alerta e alarme				
	Cálculo de limiares				
	Definição do fluxo de alertas e alarmes				
Sistemas Informatizados de Apoio à Decisão	Disponibilização de dados e informações [2, 3, 4]				
	Elaboração e transmissão de alertas				
	Banco de dados de acidentes e desastres - desenvolvimento				
	Banco de dados de acidentes e desastres - inserção de dados				
	Informações ao público				
Resposta	Estruturas para evacuação - pontos de encontro e abrigos				
	Proteção da vida				
	Restauração de serviços essenciais				
	Garantia de segurança operacional				
	Logística humanitária				
	Obras emergenciais				
Obras de Prevenção e Reabilitação	Análise de viabilidade de projetos e obras (custo-benefício)				
	Projetos de obras de contenção e de estabilização				
	Obras de prevenção				
	Obras de reabilitação				
Capacitação	Capacitação técnica				
	Mobilização social				
	Transferência de tecnologias				
	Gestão de informações				
	Simulados				
	Informações ao público: percepção do risco e autoproteção				
Legislação	Competências				
	Políticas, planos e metas				
	Áreas de risco monitoradas e prioritárias				
	Limiares para alerta e alarme				
	Orçamentos				
Avaliação e Melhoria Contínua	Precisão das previsões meteorológicas				
	Precisão dos limiares para alertas e alarmes				
	Antecedência dos alertas e alarmes				
	Aplicabilidade dos alertas e alarmes				
	Custos do SAA e dos equipamentos de alarme				
	Governança [5]				
	Sustentabilidade				

Níveis de Responsabilidade			
Principal	Secundária	Complementar	Não-Aplicável

Notas:
(1): Incluindo aspectos de zoneamento de ameaças e de riscos; carta geotécnica de aptidão à urbanização; lei de uso, ocupação e parcelamento do solo; e código de obras. (2): Redes pluviométricas: para deslizamentos planares e fluxo de detritos. (3): Redes de monitoramento do deslocamento de solo/rocha: para deslizamentos rotacionais e quedas de blocos. (4): Redes sociais: Indícios e chuva. (5) Governança: é o conjunto de processos, costumes, políticas, leis, regulamentos e instituições que regulam a maneira como uma empresa é dirigida, administrada ou controlada. As principais características da boa governança incluem: igualdade de participação, estado de direito (estrutura legal justa), transparência, responsabilidade, orientação por consenso (obtenção de concordância ampla), igualdade e inclusividade, eficácia (produção dos resultados necessários) e eficiência (melhor uso possível dos recursos à disposição), prestação de contas.

Figura 38: Estratégias para melhoria das atividades de monitoramento, previsão, alerta e alarme de desastres naturais



Notas:
(1): Preferencialmente por região ou por Estado.
(2): Ilustração de projetos a serem priorizados.
(3): Representantes do Governo Federal, Defesas Civis Estaduais, Defesas Civis Municipais, Universidades e de entidades de representação das populações de áreas de risco.

Quadro 14: Detalhamento de atividades para melhoria do monitoramento, previsão, alertas e alarmes

Itens	Cemaden	Governos Estaduais (DCEs)	Governos Municipais (DCMs)	Apoio Federal
Agenda Estratégica	• Elaborar, definir cronograma e manter atualizado o plano de ações estratégicas para melhoria contínua da previsão de tempo, do monitoramento, da previsão de risco, dos alertas e dos alarmes [(1)], de modo integrado, coordenado e com recorte regional, em conjunto com as DCEs.	• Definir diretrizes e indicadores para avaliação da previsão de clima e tempo, do monitoramento, da previsão de risco, dos alertas e dos alarmes, em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica, em conjunto com o Cemaden e DCMs.	• Identificar gargalos e estratégias para previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta e alarme, em seu território.	• Cenad: Apoiar a adequação do presente planejamento às diretrizes gerais das ações prevenção e de contingência, em consonância com o Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência – Plamcon, do Cenad.
Redes de Observação	• Desenvolver, operar e manter sistema informatizado integrador para consistir e disponibilizar dados de interesse à previsão de risco [(2)]. • Promover a integração, o registro e a otimização do uso dos dados da rede observacional.	• Realizar estudos sobre localização e integração da rede observacional. • Apoiar a coleta dos dados de evento pelas DCMs.	• Apoiar a instalação e manutenção de pluviômetros automáticos e demais equipamentos da rede observacional, em seu território. • Registrar as informações de eventos e de desastres no S2ID.	• Cenad: Desenvolver e operar sistema informatizado de cadastro de informações de eventos e de desastres no S2ID. • CPRM: Apoiar a coleta dos dados de evento pelas DCMs.
Sistemas informatizados de Apoio à Decisão	• Desenvolver, operar de modo compartilhado e manter os sistemas informatizados de elaboração e transmissão de alertas, bem como sua disponibilização ao público geral [(2)]. • Transmitir alertas [(3)] conforme protocolos operacionais aplicáveis.	• Orientar as DCMs sobre o uso dos sistemas informatizados de apoio à decisão. • Transmitir alertas conforme protocolos operacionais aplicáveis. • Transmitir alerta [(4)] conforme protocolos operacionais aplicáveis.	• Transmitir alarmes conforme protocolos operacionais aplicáveis.	• Cenad: Desenvolver, disponibilizar e manter sistemas informatizados de apoio à gestão operacional das DCMs [(2)].
Limiares	• Elaborar e revisar periodicamente o manual sobre cálculo, operação e melhoria dos limiares para alertas e alarmes, incluindo o uso de sistemas informatizados *on-line*.	• Apoiar a regionalização dos limiares em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.	• Apoiar a regionalização dos limiares em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica, incluindo condicionantes do meio físico (tipologia, magnitude dos processos) e de socioeconomia (credibilidade desejada, impactos toleráveis, custos), e pesquisas afins, em seu território.	• Cenad: Apoiar a compatibilização da regionalização dos limiares com os requisitos das ações de contingência.
Capacitação	• Estabelecer diretrizes e apoiar a capacitação dos atores e partes interessadas (DCEs, DCMs, população em risco, sociedade civil, escolares e público geral) acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs [(1, 5)].	• Promover a capacitação dos atores e partes interessadas (DCEs, DCMs, população em risco, sociedade civil, escolares e público geral), acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs.	• Capacitar DCM, população em risco, escolares e partes interessadas acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs.	• CPRM: apoiar as DCEs e DCMs na caracterização dos tipos de processos. • Cenad, Enap e EBC: apoiar a disponibilização de conteúdos e a capacitação à distância.
Avaliação Periódica	• Definir os indicadores de desempenho, avaliar os avanços e hierarquizar as oportunidades de melhoria das estratégias de redução do risco dos desastres naturais [(6)], em conjunto com as DCES.	• Coordenar a avaliação dos indicadores de desempenho e das estratégias de redução de risco de desastres (monitoramento, previsão de tempo, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, recursos financeiros), com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.	• Apoiar a avaliação dos indicadores de desempenho e das estratégias de redução de risco de desastres (previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta, alarme e ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, recursos financeiros), em seu território.	• Cenad e CPRM: Apoiar o processo de avaliação e de melhoria contínua, explicitando as implicações para suas respectivas áreas de atuação, ações de contingência e mapeamento e avaliação de risco.
Divulgação	• Produzir e divulgar dados estatísticos acerca de monitoramento, sistemas informatizados, previsão de risco, impactos, alerta e alarme, ações de capacitação e de prevenção executadas, e impactos.	• Obter os dados e índices relativos à prevenção, previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção do risco de desastres naturais e impactos, em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.	• Apurar os dados e índices relativos à prevenção, previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alertas, alarmes, ações de capacitação e de prevenção do risco de desastres naturais e impactos, em seu território.	• Cenad e CPRM: Apoiar a atividade. • Cenad: divulgar anualmente os sete índices globais do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres [(7)].
Gestão Regionalizada	• Articular, integrar e apoiar a atuação do Comitê Gestor Regional na execução das estratégias de redução de risco de desastres [(8)].	• Coordenar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres [(8)].	• Apoiar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres [(8)].	• Cenad, CPRM e MCID: Apoiar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres [(8)].

Notas:

(1) Objetivando: (i) ampliar o entendimento das etapas, dos processos, das funções e dos atores envolvidos no monitoramento, previsão de clima e tempo, previsão de risco, alerta e alarme de desastres naturais; (ii) obter governança para redução do risco dos desastres naturais, por meio do alinhamento de protocolos; procedimentos operacionais; ação coordenada de atores, população e partes interessadas; e de práticas operacionais, desde a escala local até a escala nacional; (iii) executar ações estruturais e não estruturais articuladas e sinérgicas, com vistas à redução de perdas e danos associados; (iv) manter-se preparado para a ação antecipada, desde o nível local até o nacional; e (v) promover a melhoria contínua de sistemas informatizados, estruturas, protocolos operacionais, capacitação e ações de redução do risco dos desastres naturais, com vistas ao atingimento das metas do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres.

(2) Os referidos sistemas informatizados constituem ferramentas de gestão de processos operacionais, de automatização supervisionada e de apoio à tomada de decisão, a serem compartilhados com as DCEs e DCMs, alinhando-os aos protocolos operacionais específicos.

(3) Caso solicitado pela DCE.

(4) Caso solicitado pela DCM.

(5) Abrangendo: (i) definição de requisitos para capacitação técnica continuada das equipes da DCE e das DCMs; (ii) definição de requisitos para informação e capacitação da população das áreas de risco, dos escolares e da população em geral.

(6) Incluindo: (i) avaliar a qualidade dos sistemas informatizados de previsão de tempo; (ii) avaliar a qualidade das atividades de monitoramento, previsão de risco, alertas e alarmes, quanto à precisão e à antecipação; (iii) avaliar a evolução no atingimento das metas do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres; bem como, (iv) hierarquizar as oportunidades para melhoria; (v) realizar estimativa preliminar de recursos necessários.

(7) (i) número de óbitos por desastres/100.000 habitantes; (ii) número de pessoas afetadas por desastres/100.000 habitantes; (iii) perdas econômicas diretas por desastres/PIB; (iv) quantidade de danos a infraestruturas críticas (instalação educacionais e de saúde, entre outras)/ano e de interrupção de serviços básicos/ano; (v) número de planos de redução de risco de desastres (em nível nacional, estadual e municipal). (vi) quantidade de cooperações internacionais com países em desenvolvimento para execução do Marco de Sendai. (vii) Quantidade de Sistemas de Alerta de Ameaças Múltiplas e de Sistemas de Informação e de Avaliação de Risco de Desastres.

(8) Incluindo aspectos de monitoramento, previsão de clima e tempo, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, participação da população em risco, recursos financeiros.

4. RECURSOS DE MELHORIA PARA AÇÕES DE MONITORAMENTO, ELABORAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ALERTAS

4.1 COLETA DE DADOS DE EVENTOS

Este item tem como objetivos (i) discorrer sobre a importância da coleta de dados de eventos; (ii) elucidar o papel das diferentes partes interessadas (órgãos federais, estaduais e municipais e a população em geral); e (iv) apresentar sugestões de formulários para coleta de dados de eventos.

4.1.1 IMPORTÂNCIA DA COLETA DE DADOS DE EVENTOS

Para que o SAA cumpra sua finalidade, é imprescindível o estabelecimento de um sistema de comunicação[18] eficaz, conectando os níveis local, regional e nacional e as diferentes partes interessadas (Garcia e Fearnley, 2012). Há diversos tipos de comunicação em um SAA, sendo a mais relevante à transmissão de alertas e de alarmes. Contudo, a comunicação não deve se constituir em um processo unilateral, com as diversas fontes transmitindo as informações para os destinatários subsequentes até que se alcancem os moradores das áreas que estão em risco (Maskrey, 1997). É necessário que a comunicação seja bidirecional e interativa, ou seja, é necessário que haja participação dos diversos envolvidos no processo.

A **Figura 39** ilustra os vários contextos de compreensão ao longo da cadeia de gestão do conhecimento, a qual pode ser assim avaliada para um SAA:

a) Fato: apuração do evento ou do não-evento associado a uma dada chuva específica, em princípio limitada ao sim ou ao não, embora a informação sobre os quase-eventos (chuvas nas quais foram constatados somente indícios precursores de eventos) também seja relevante;

b) Dado: conjunto de dados brutos obtidos por meio de levantamentos, pesquisas ou medições, que permitem a descrição dos eventos e dos quase eventos relacionados a uma dada chuva específica, porém, que ainda não constituem informações utilizáveis, uma que não foram processados e vinculados a um dado contexto;

c) Informação: dados processados, integrados e contextualizados, para apuração das relações de causa e efeito e para definição de padrões associados aos eventos e aos não-eventos, por exemplo, na forma de um limiar para as condições ambientais e socioeconômicas de uma dada área de risco;

d) Conhecimento: organização dinâmica das informações coletadas em regras mais gerais destinadas à aplicação prática, por exemplo, na forma de índices de acerto e Índice de Eventos abaixo da LC do limiar utilizado para os alertas e alarmes de uma dada área de risco;

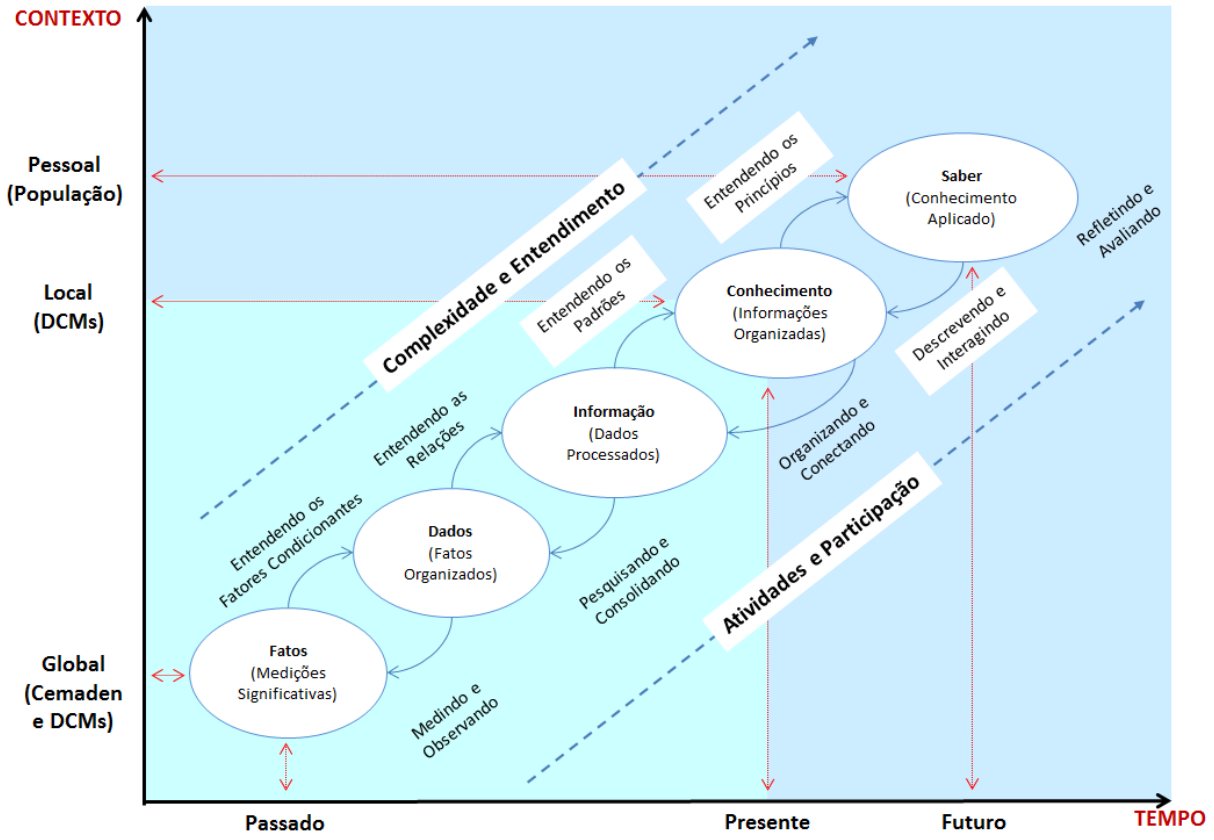
e) Sabedoria: conhecimento aplicado no contexto local, por exemplo, por meio de alertas e alarmes que são emitidos em concordância com os limiares e antecipação designados ou pela elevada taxa de atendimento ao alarme, pela população de uma dada área de risco alertada.

[18] Sistema de comunicação: Sistema de circulação de mensagens entre dois polos distintos no espaço ou no tempo. Compõe-se basicamente de: *fonte*, pessoa ou instituição que produz a mensagem original; *emissor*, equipamento que codifica a mensagem em uma sequência de sinais, transmitindo-os através de um determinado canal; *canal*, meio (tecnologia) utilizado para enviar os sinais; *receptor*, equipamento que recebe os sinais, decodificando-os de forma a recuperar a mensagem original produzida para atingir um destinatário; *destinatário*, pessoa ou instituição que se deseja alcançar com a mensagem.

É importante notar, na **Figura 39**, o caráter cíclico que embasa a construção do conhecimento, o monitoramento de sua aplicação prática e, ao mesmo tempo, o contínuo questionamento do que foi consensuado, podendo conduzir à periódica melhoria ou mesmo à total substituição do conhecimento por um novo mais eficaz aos objetivos do SAA.

O término do ciclo de comunicação é a avaliação conjunta de desempenho de todo o SAA, para a qual a coleta de dados é o ponto de partida. A avaliação é necessária, pois a mensagem poderá chegar ao destinatário demasiado tarde, poderá se perder no caminho, poderá ser entendida de modo incorreto pelo destinatário, poderá mostrar-se incorreta (em sua previsão) e não ser confirmada na prática, ou a recomendação expressa na mensagem não ser acatada pelo destinatário. Assim, cada elemento do sistema de comunicação deverá terminar o processo de comunicação registrando sua reação a cada solicitação, informação ou acontecimento. No caso da previsão e alerta, há dois pontos principais que constam da avaliação de desempenho: (i) a precisão do limiar (que serve tanto ao alerta como ao alarme) e (ii) a antecipação do alerta e do alarme.

Figura 39: Ciclo do entendimento



Fonte: Modificado de Weichselgartner e Pigeon, 2015.

Note-se que todo o processo de avaliação sistêmica (feito conjuntamente por todos os mais diretamente envolvidos, sobretudo Cemaden, DCEs, DCMs e população das áreas de risco) dependerá de se conhecer com precisão as seguintes informações:

a) Momento do acidente ou desastre (data, hora): necessário para se identificar qual é a quantidade exata de chuva que causa o evento, para uma dada área de risco. Conhecendo-se o momento do evento, calculam-se os índices de chuva efetiva para aquele momento e, então, pode-se comparar estes índices com o limiar que está em uso

e verificar se sua precisão está adequada. Sem essa informação não é possível melhorar a precisão do limiar para elaboração de alertas e de alarmes;

b) Local do acidente ou desastre (coordenadas geográficas): necessário para saber a qual limiar está vinculado um dado evento, de modo que sua precisão possa ser avaliada. Sabendo-se que cada pluviômetro automático tem um raio de alcance máximo de 2,5 km, pode-se, ainda, avaliar se a cobertura da rede observacional está adequada para uma dada área de risco;

c) Danos do acidente ou desastre (residências parcial ou totalmente destruídas e número de mortos e desaparecidos): quando se vai efetuar o traçado inicial ou a revisão do traçado do limiar, pode ser necessário dar peso diferente aos eventos. Isto é preferencialmente feito utilizando-se o número de residências destruídas, que é um melhor indicador da magnitude do evento (em termos da área de atingimento e, portanto, de seu porte).

   Embora o número de mortos seja mais sujeito a interferências externas (por exemplo, durante o dia pode haver menos pessoas nas residências em áreas de risco, pois muitos podem trabalhar ou estudar em outros locais) e possa não refletir adequadamente o porte do evento, em alguns casos, pode ser utilizado como indicador de apoio;

d) Documentação fotográfica do evento: abrangendo detalhes da área fonte, da área de atingimento, dos danos às edificações, dos indícios precursores etc.;

e) Momento do recebimento dos alertas pela DCM (data, hora), qualquer que seja o nível destes (sem alertas - cessar, moderado, alto, muito alto, máximo).

Os demais elementos necessários às avaliações, tanto da precisão do limiar como da antecipação do alerta e do alarme, devem ser coletados automaticamente pelos sistemas informatizados, a saber: (i) dados de chuva observada nos pluviômetros automáticos; (ii) dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo utilizados para a decisão do alerta e do alarme; (iii) índices de chuva efetiva utilizados para a decisão do alerta e do alarme; (iv) momento de emissão dos vários níveis de alertas e de alarmes.

De modo geral, dentre os principais benefícios da consistente coleta de dados no âmbito de um SAA, destacam-se os insumos para a melhoria das seguintes atividades:

a) Histórico de eventos (áreas de risco): Os dados históricos de eventos colaboram fortemente para a qualidade dos mapas de perigo e de risco, uma vez que os eventos são um indicador objetivo da suscetibilidade;

b) Cálculo dos limiares para alertas e alarmes: Para a elaboração dos limiares, além dos dados pluviométricos, são imprescindíveis os dados históricos de eventos. Sem tais subsídios, é impossível identificar com precisão qual a quantidade de chuva que causou os acidentes e os desastres;

c) Transmissão de alertas e de alarmes: A comparação dos dados de chuva observada com os dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo ou das previsões de chuva dos modelos meteorológicos regionais contribuirá para a melhoria da precisão dos índices de chuva efetiva calculados para a emissão dos alertas e dos alarmes. A comparação dos dados de eventos e de não-eventos contribuirá para a precisão dos limiares. A comparação do tempo de antecedência designado para os alertas e para os alarmes com os dados do momento de emissão dos alertas e dos alarmes fornecerá elementos para a

avaliação do desempenho dos sistemas informatizados e das equipes operacionais. A melhoria simultânea dessas três competências (de previsão de chuva, de previsão de risco e de eficácia operacional) são os motores da melhoria contínua do SAA;

d) Organização das ações de respostas: A evacuação poderá ser mais eficaz, de menor custo para o poder público e menos incômoda para a população das áreas em risco quando se dispuser de mapeamentos mais precisos (definição mais precisa das áreas expostas), de limiares mais precisos (com menor número de alertas emitidos e, consequentemente, menor número de alarmes de evacuação) e de processos operacionais mais ágeis (com a antecipação necessária);

e) Disponibilização de informações: Os dados e as informações arquivados em bancos de dados integrados possibilitarão estudos para a melhoria do conhecimento sobre os riscos, envolvendo aspectos de suscetibilidade e de vulnerabilidade (área de atingimento, extensão de danos, padrões de eventos e mecanismos deflagradores).

Constata-se, portanto, que os beneficiados pelas informações geradas pela coleta de dados não se limitam ao Cemaden, Cenad, DCEs e DCMs, mas alcançam institutos de pesquisa, universidades e, principalmente, a própria população das áreas de risco.

4.1.2 Formato da coleta dos dados

Para a coleta dos dados necessários à avaliação de desempenho, no caso da previsão e alerta, prevê-se a utilização de três instrumentos principais (ilustrados na **Figura 5**):

a) Confirmação de recebimento de alertas: refere-se à manifestação da DCM imediatamente depois do recebimento de um dado alerta, limitada a um simples clique em botão no painel do município. Esta informação deverá ser efetuada para todos os alertas, qualquer que seja o seu nível (sem alertas - cessar, moderado, alto, muito alto, máximo), conforme prazo designado (tolerância máxima de cinco minutos, contados a partir do horário de transmissão da mensagem);

b) Formulário Simples: refere-se à informação produzida pela DCM acerca dos eventos ou dos não-eventos, em duas partes, posteriormente ao cessar do alerta (sem alertas). Na primeira parte, informa-se se houve ou não a constatação de eventos. A segunda parte é necessária somente no caso de registro de eventos no período, com aporte das seguintes informações adicionais: (i) tipo de evento; (ii) nome da encosta ou vale afetado (exclusivamente para o caso de fluxo de detritos); (iii) Coordenada geográfica do ponto central do evento[19] (obtida a partir de equipamento de sistema de posicionamento global - GPS, de aplicativos do tipo Google Earth e ou de fotos obtidas com smartphones); (iv) data e hora do evento (desejável precisão de 10 minutos); (v) Quantidade de casas destruídas (total e parcialmente); (vi) Quantidade de óbitos e de desaparecidos. O relatório simplificado é aplicável somente aos eventos classificados como acidente de pequena escala (APE) ou como acidente de microescala (AME) que não foram legalmente caracterizadas como situação de emergência, conforme critérios expressos na **Figura 5**. Esta informação deverá ser efetuada pela DCM até o quinto dia útil do mês subsequente;

c) Formulário de Informação do Desastre - FIDE: Incorpora todas as informações necessárias à caracterização de situação de emergência ou de estado de calamidade pública, conforme requisitos específicos, acrescidas de todas aquelas informações

[19] Da área fonte (para deslizamentos, rastejos e queda de blocos ou de lascas de rocha) ou da área de atingimento (para fluxos de detritos).

descritas para o formulário simples. O FIDE é aplicável somente aos eventos classificados como acidente de microescala (AME), que foram legalmente caracterizadas como situação de emergência, e aos desastres de pequena escala (DPE), conforme critérios expressos na **Figura 5**. Esta informação deverá ser efetuada pela DCM conforme regras vigentes para o FIDE;

d) Relatório Técnico Multi-Institucional: refere-se à informação produzida conjuntamente pela DCM, DCE e Cemaden. Constitui-se no relato da investigação detalhada dos eventos, de modo a melhor compreender o processo ocorrido, suas causas, a extensão dos seus danos e o desempenho do SAA. O resumo executivo deste relatório deve necessariamente conter os seis itens citado para o relatório simplificado. O Relatório Técnico Multi-Institucional é aplicável somente aos eventos classificados como desastre de grande escala (DGE), conforme critérios expressos na **Figura 5**. Esta informação deverá ser concluída em até três meses depois do evento.

Os formulários necessários à coleta de tais informações devem estar disponíveis *on-line* e vinculados diretamente ao banco de dados integrado, através de painel específico nos sistemas informatizados.

4.1.3 Papel das contrapartes na coleta de dados

O "Guia de gestão da informação e da comunicação em emergências e desastres", publicado pela OPAS (2009), faz algumas recomendações para se evitar problemas na gestão da informação em situações de crise, as quais são perfeitamente aplicáveis ao contexto de um SAA.

O primeiro aspecto destacado é a necessidade de um fluxograma claro sobre as responsabilidades dos envolvidos, à luz das seguintes perguntas norteadoras: (i) quem produz qual informação, quando e com que conteúdo? (ii) quem informa a quem, quando e com que conteúdo? e (iii) quem aprova a informação antes de ela se tornar pública? Esses questionamentos visam evitar a excessiva produção de informações, a produção de informações sem o foco e a qualidade necessária, e a sobreposição e o retrabalho pelos envolvidos.

Outra observação é que a coleta, a análise e o compartilhamento de dados e de informações devem ser amplos, abrangendo todas as esferas envolvidas - federal, estadual, municipal e população, já que todos serão beneficiários diretos.

Em que pese a gama de comunicações em um SAA, os vários tipos de retroalimentações e de atores envolvidos, não se deve perder de vista o papel protagonista do município nesse contexto, uma vez que ele é simultaneamente o foco das ações e o responsável pela resposta imediata à população local, viabilizando as diversas aplicações mencionadas no item 4.2.

Considerando todas essas observações, o **Quadro 15** contém uma síntese sobre o fluxo e as responsabilidades por informações no âmbito do SAA.

Quadro 15: Matriz de responsabilidade na gestão da informação em SAAs

Ações	Responsável pela Execução		
	Cemaden	**Estado**	**Município**
Elaboração do alerta	X (1)	X (1)	
Transmissão do alerta	X (1)	X (1)	
Confirmação de recebimento de alertas			X (2)
Preenchimento de Formulário Simples			X (2)
Preenchimento de Formulário de Informação do Desastre - FIDE			X (3)
Elaboração de Relatório Técnico Multi-Institucional	X (4)	X	X
Operação e consolidação de dados de sistema colaborativo de coleta de dados			X (5, 6)
Avaliação conjunta do desempenho global do SAA	X (1, 7)	X (1, 7)	

Notas:

(1): Conforme acordado entre ambos. (2): Por intermédio das respectivas Defesas Civis (às quais órgãos municipais de monitoramento e de alerta, se for o caso, deverão se reportar). (3): Com eventual apoio da Defesa Civil do Estado. (4): Coordenação. (5): Com eventual apoio da Defesa Civil do Estado e ou do Cemaden. (6): As informações consolidadas obtidas a partir do sistema colaborativo de coleta de dados, quando aplicável, devem ser incorporadas ao formulário simples, ao FIDE ou ao relatório técnico multi-institucional, conforme seja o caso. (7): Avaliação segundo critérios previamente acordados, com discussão e consolidação anual de indicadores por município, em conjunto com os demais entes, incluindo representação da população das áreas de risco.

Destaca-se que o **Quadro 15** não aborda aspectos relativos à organização de ações de resposta, os quais serão abordados no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência – Plancon, produzido pelo Cenad.

4.1.2 FORMULÁRIOS DE REGISTROS

A confirmação do recebimento do alerta pelo município é rápida, podendo ser realizada por intermédio de sistemas informatizados. Para a elaboração do Relatório Técnico Multi-Institucional, por sua vez, são necessárias várias informações. Antes de discuti-las, porém, cabe questionar se todos os eventos devem ser reportados ao SAA. Em caso negativo, que critério deve ser utilizado para decidir sobre qual evento reportar?

Tendo em vista a presente situação de escassez de dados relativos aos movimentos de massa, em âmbito nacional, inicialmente adotou-se uma postura conservadora, no sentido de que os dados de todos os movimentos de massa com volume superior a 3 metros cúbicos devem ser reportados (sendo esta quantidade uma estimativa de um volume mínimo a partir do qual os movimentos de massa poderão causar a destruição parcial ou total de uma residência; esse valor representaria, por exemplo, uma caçamba de entulho de obras). Contudo, contextos específicos podem ser reavaliados caso a caso.

Os **Apêndices B** e **C** contêm, respectivamente, os formulários para coleta de dados relativos a eventos do Tipo 1 - Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de lascas e do Tipo 2 - Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais (**Apêndice B**) e do Tipo 3 - Fluxo de detritos (**Apêndice C**).

Ao preencher os formulários, o Agente de Defesa Civil deve ter em mente que a precisão do limiar para elaboração do alerta e do alarme depende fundamentalmente da precisão das informações sobre horário e local de evento.

Ainda em relação à coleta de dados de eventos e ao preenchimento dos formulários constantes dos **Apêndices B** e **C**, cabem as seguintes orientações adicionais:

a) As informações devem ser obtidas diretamente em campo ou, preferencialmente, com a Defesa Civil (caso o preenchimento não seja efetuado por esta);

b) No caso da informação do "horário do evento", é conveniente fazer buscas em várias fontes, dentre moradores e técnicos dos órgãos que fizeram o atendimento ao evento;

c) No item "fotos" podem ser incluídas quantas fotos sejam relevantes para o entendimento da natureza e características do desastre. Deve-se incluir na cena algum objeto de referência (régua, caneta etc.) que permita identificar a escala do objeto fotografado;

d) Para o levantamento das informações solicitadas, são recomendados os seguintes materiais de campo: (i) formulário para registro dos dados (**Apêndices B e C**); (ii) GPS ou *smartphone*, para obtenção das coordenadas; (iii) hipsômetro[20], para medição de distâncias, alturas e ângulos; (iv) câmera fotográfica ou *smartphone*, para documentação fotográfica; (v) binóculos, para auxílio à visualização; (vi) EPIs, para proteção individual.

e) Caso o hipsômetro não esteja disponível, alternativamente, este poderá ser substituído pelo uso conjunto de: (i) trena (laser, preferível, ou manual de 50 m; para medição de distâncias horizontais e inclinadas); (ii) clinômetro analógico (tipo Abney, para medição de ângulos); (iii) baliza topográfica (comprimento de 2 m e seções coloridas de 0,5 m; para medição de pequenas distâncias verticais); e (iv) bastão topográfico (telescópico, com comprimento preferivelmente da ordem de 6,0 a 8,0 m, para medição de distâncias verticais).

4.2 BOAS-PRÁTICAS DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE DADOS DE ACIDENTES E DE DESASTRES

Este item contém três exemplos de boas-práticas na gestão de dados de eventos: i) o sistema informatizado de cadastro de eventos da Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis, ii) o sistema informatizado desenvolvido e utilizado pela Secretaria de Defesa Civil do Estado do Paraná e iii) o sistema de cadastro de deslizamentos e inundações do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID, do CENAD, também é considerado uma boa-prática, mas não será descrito aqui, pois ele será abordado em manual específico.

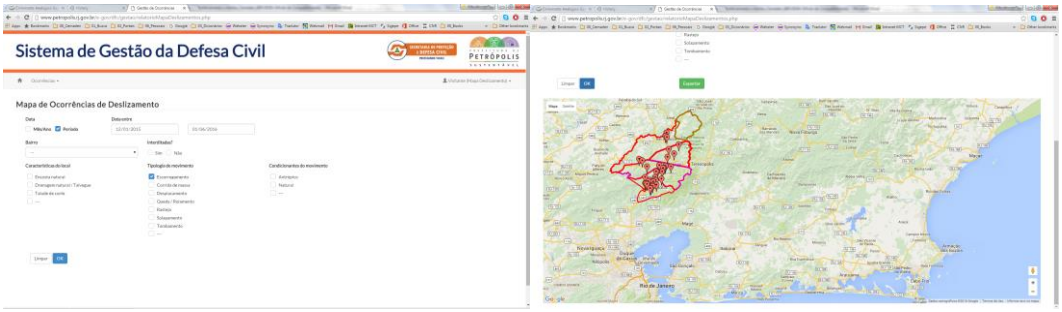
[20] Há várias opções e denominações comerciais desses produtos; alguns incorporam, em um só equipamento, as funcionalidades de trena eletrônica (para medição de distâncias), hipsômetro (para medição de alturas) e clinômetro (para medição de ângulos para estimativa da declividade do terreno).

4.2.1 SECRETARIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE PETRÓPOLIS

Desde 2006, a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis utiliza um sistema informatizado de cadastro de eventos (**Figura 40**), cujo objetivo inicial era acelerar a entrega de laudos para moradores que tiveram suas residências afetadas por acidentes e desastres.

Ao longo do tempo, consolidou-se um banco de dados de eventos que permitia a obtenção de relatórios por data, local, tipologia, danos, condição de entorno e providência recomendada. Uma versão mais recente do sistema informatizado possibilita inserir dados georreferenciados e fotografias, além da exportação de arquivo de dados para outros sistemas compatíveis. O sistema está disponível em www.petropolis.rj.gov.br/e-gov/dfc/gestao/relatorioMapaDeslizamentos.php, mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis.

Figura 40: Telas do Sistema de Gestão da Defesa Civil de Petrópolis, RJ



Fonte: Defesa Civil de Petrópolis, RJ.

4.2.2 SECRETARIA DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ

A Secretaria de Defesa Civil do Paraná, por meio da Companhia de Informática do Paraná, desenvolveu o Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC (**Figura 41**), para registro de eventos de desastres de diferentes origens, bem como para o monitoramento de seus impactos. O sistema ainda mantém o cadastro atualizado das coordenadorias municipais de defesa civil e a inserção e atualização de polígonos de áreas de risco pelo próprio município. O sistema está disponível em www4.pr.gov.br/sdc/login/index.jsp?id=2&urlRetorno=%2fsdc%2frestrito%2f, mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à Secretaria de Defesa Civil do Paraná.

Em 2015, o SISDC foi premiado pelo Escritório da Estratégia Internacional para Redução de Desastre (ISDR) pelo uso de sistemas de informações para redução de desastres.

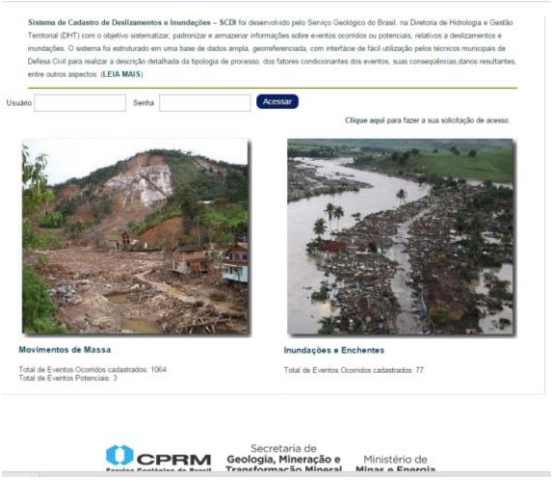
Figura 41: Telas do Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC

Fonte: Defesa Civil do Paraná.

4.2.3 SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

O Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações – SCDI (**Figura 42**) foi desenvolvido com o objetivo de sistematizar, padronizar e armazenar informações sobre desastres ocorridos ou potenciais, relativos a deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e inundações. O formulário inclui a descrição detalhada da tipologia de processo, dos fatores condicionantes dos desastres, suas consequências, danos resultantes, entre outros aspectos. O sistema está disponível em http://cprm.gov.br/scdi, mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à CPRM.

Figura 42: Telas do Sistema de cadastro de Deslizamentos e Inundações, da CPRM - SCDI



Fonte: Serviço Geológico do Brasil, CPRM.

4.2.4 USO DO MAPA INTERATIVO DO CEMADEN PELAS DEFESAS CIVIS

O mapa interativo é um produto *online* do Cemaden, disponibilizado em seu *website*. Todos os dados da rede observacional do Cemaden, incluindo pluviômetros automáticos, estações hidrológicas e radares meteorológicos, podem ser visualizados em tempo quase real. O usuário poderá ainda realizar consultas e baixar os dados que necessita.

O portal foi desenvolvido para atender a todos os usuários, desde o leigo até o mais avançado. Fundamentalmente, em seu estágio atual, o Mapa Interativo serve ao monitoramento da chuva, tanto a observada (a partir dos dados dos pluviômetros automáticos) como da previsão de chuva de curtíssimo prazo (a partir dos radares meteorológicos).

Figura 43: Aba do Mapa Interativo

Fonte: http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/.

Para o monitoramento de chuva, os meteorologistas utilizam várias ferramentas disponíveis, de forma a realizar a correta identificação de fenômenos meteorológicos atuantes em uma dada região do País. Várias destas ferramentas são acessíveis por intermédio do Mapa Interativo, porém, outras devem ser acessadas de modo externo, como é o caso dos modelos de previsão de tempo e os sistemas de monitoramento de descargas atmosféricas (a maior parte dos quais de acesso gratuito).

A previsão numérica de tempo realizada pelo modelo regional ETA, do CPTEC/INPE, é utilizada como base para saber qual sistema atmosférico está atuando, como Sistemas Frontais, Zonas de Convergência, áreas de baixa ou de alta pressão, entre outros. Modelos globais similares como o COSMO (*Consortium for Small-Scale* Modeling), utilizado pelo INMET, e o GFS (*Global Forecast System*), do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), também são utilizados.

Orientando-se pelos modelos de previsão do tempo, as imagens de satélite são analisadas, sendo os satélites meteorológicos europeu METEOSAT e norte-americano GOES os mais utilizados (**Quadro 17**). Geralmente, as imagens no canal infravermelho são utilizadas, pois as áreas com topos de nuvens mais frios (cor branca, ou azul escuro e rosa, caso se utilize a imagem realçada) correspondem às áreas mais propensas à chuva e à presença de núcleos convectivos de chuva. As informações das imagens de satélite são muito úteis para decidir onde centralizar a atenção do monitoramento, devido à possibilidade de prévia visualização da banda de nuvens presentes em uma determinada região do Brasil.

Para refinar ainda mais a análise, são utilizados os radares meteorológicos, tanto do Cemaden como de outras instituições, tais como AlertaRio, Simepar, USP, Unesp e Redemet. Pelos radares meteorológicos, é possível visualizar o sinal refletido das gotas de chuva dentro da nuvem. Com isso, é analisada tanto a intensidade da chuva como o tamanho da área precipitante e a velocidade do deslocamento desta área precipitante.

Contudo, há um pequeno atraso desde o sinal a ser transmitido pelo radar meteorológico e a informação processada chegar ao usuário. Para suprir este lapso, uma ferramenta muito utilizada como indicativo de tempestades severas é o sistema de monitoramento de descargas atmosféricas.

Além das ferramentas citadas, há o produto da *Earth Networks*, que, porém, não é de acesso gratuito.

Localmente, é sempre utilizada a informação dos pluviômetros automáticos, instalados nas mais diversas áreas do País, tanto pelo Cemaden como pelo INMET, Inea, AlertaRio e Funceme.

Os endereços das redes de dados citados estão listados no **Quadro 16**. Em conjunto com os dados disponibilizados por meio do Mapa Interativo do Cemaden, essas informações auxiliam no trabalho de monitoramento.

Quadro 16: Relação de endereços de ferramentas e dados para auxílio no monitoramento

Instituição	Endereço na Rede Mundial de Computadores
Modelos de previsão meteorológica	
ETA/CPTEC/INPE	http://previsaonumerica.cptec.inpe.br/golMapWeb/DadosPages?id=Eta15
COSMO/INMET	http://www.inmet.gov.br/vime/
GFS/NCEP	http://wxmaps.org/pix/sa.vv.html
Imagens de satélite meteorológico GOES e Meteosat	
DSA/CPTEC/INPE	http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp
Dados de radares meteorológicos	
Simepar	http://simepar.br/site/internas/conteudo/monitoramento/radar/index.shtml
REDEMET	http://www.redemet.aer.mil.br/
AlertaRio	http://alertario.rio.rj.gov.br/?page_id=612
USP	http://www.starnet.iag.usp.br/defesa_civil/radar_sp.php
UNESP	http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/radar/ppi.php
Dados de descargas elétricas	
LPMAAT/INPE	http://www.inpe.br/elat
DSA/CPTEC/INPE	http://sigma.cptec.inpe.br/raio/
Fontes de dados de chuvas	
INMET	http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php
AlertaRio	http://www.sistema-alerta-rio.com.br/?page_id=314
Epagri/Ciram	http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=198
INEA	http://www.alertadecheias.com.br/chuva/bacia.html
Funceme	http://www.funceme.br/app/pcd

Vale ressaltar que todos os produtos do Mapa Interativo foram devidamente desenvolvidos e validados pelas equipes de analistas em desenvolvimento e pesquisadores das áreas de meteorologia e geociências do Cemaden. Essas equipes trabalham igualmente para aprimorá-los, visto que são utilizados diuturnamente pelos operadores do Cemaden.

Assim, uma vez conhecidos os limiares aplicáveis a uma dada área de risco, os operadores do Cemaden e da Defesa Civil podem usar o Mapa Interativo e os demais produtos descritos para monitorar e avaliar a evolução da chuva, decidindo, conforme o caso, sobre a necessidade de transmissão de um alerta ou de um alarme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M. G., HOLCOMBE, E. ***Community-based landslide risk reduction:*** *managing disasters in small steps.* Washington DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2013. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVLPMAOPMENT/Resources/336387-1369969101352/Holcombe-et-al.pdf>. Consulta em: 08 jan. 2016.

ANDERSON, M., HOLCOMBE, E. ***Mossaic:*** *community-based landslide risk reduction*. Disponível em <www.youtube.com/watch?v=vEXBIwIx--A>. Consulta em: 08 jan. 2016.

ANDERSON, M., HOLCOMBE, E., FLORY, R., RENAUD, J. P. Implementing low-cost landslide risk reduction: a pilot study in unplanned housing areas of the Caribbean. ***Natural Hazards***, v.47, p.297-315, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Sistema de Comando em Operações – Guia de Campo**. Oliveira, Marcos de (Org.). 2010. 61p. Disponível em: <www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/09/Guia-Sistema-de-Comando-em-Opera%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Consulta em: 08 jan. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organizadores: Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. T. Brasília: MCID /IPT, 2007. 176p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Resolução Contran 210, de 13 de novembro de 2006.** Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_210.rtf>. Consulta em: 08 jul.2017.

CERRI, L. E. S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos:** uma proposta para prevenção de acidentes. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro, 1993. 197p.

CORSINI, R. Trinca ou fissura? **Techne**, v. 160, Julho/2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Consulta em: 08 jan.2016.

DRM-RJ – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. **Plano de Contingência do DRM-RJ – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro – Período dezembro/2017 – abril/2018**. Rio de Janeiro: 9p., 2017. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/component/content/article/617-nadedrm-rj-publica-o-plano-de-contingencia-20172018 >. Acesso em: 20 dez. 2017.

FIOLLEAU, T.; ROCA, R. An algorithm for the detection and tracking of tropical mesoscale convective systems using infrared images from geostationary satellite. ***IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing***, 51: 4.302-4.315, 2013.

GARCIA, C.; FEARNLEY, C. Evaluating critical links in early warning systems for natural hazards. ***Environmental Hazards***, 11:2, p. 123-137, 2012.

HAYKIN, S. ***Neural Networks and Learning Machines***. Ney Jersey: Pearson, 2009. 938p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Ocupação de encostas**. Coordenação: Cunha, M. A. São Paulo: IPT, 1991. 216p.

INTRIERI. E.; GIGLI, G.; CASAGLI, N.; NADIM, F. *Landslide Early Warning System: toolbox and general concepts*. ***Natural Hazards Earth System. Sci.***, 13, p. 85-90, 2013.

KURAMOTO, K. A metodologia para definição da linha crítica (LC) usando a rede de função de base radial (RBF) - Metodologia de definição de LC baseada em método de cooperação. **Apostila Curso JICA**. JICA/ CEC, 2015.

LIMA, D. S., SORENSEN, R. O. D. **Formação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDECs)**. CARE Brasil 2012. 1º edição. 82p. Disponível em: <www.care.org.br/wp-content/uploads/2010/08/MANUAL_FormacaoNUDECs_CAREBrasil_FINAL.pdf>. Consulta em: 08 jan. 2016.

MANUAL for Preparation of Early Warning and Evacuation System for Banjir Bandang. *PSN xx: 2012. 66p.* Disponível em: <www.jica.go.jp/project/english/indonesia/0800040/materials/pdf/outputs_12_01.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2014.

MASKREY, A. ***Early Warning Programme National and Local Capabilities for Early Warning*** International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR). Genebra, 1997, 33p.

MATOZINHOS, R. **NBR 15575 Edificações habitacionais – Desempenho**, 2014. 144p. Disponível em: <http://abesc.org.br/wp-content/uploads/2016/07/nbr-15575-edif%c3%8dcios-habitacionais-desempenho.pdf>. Consulta em: 02 ago. 2017.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). 2017. ***What's the difference between weather and climate?*** Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html>. Acesso em: 13 jan. 2017.

OLIVEIRA, A. M. Assoreamento. In: ABGE; IPT. **Curso de Geologia plicado ao meio ambiente**. São Paulo. ABGE/IPT, 1995.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPAS. ***Gestión de la información y comunicación en emergencias y desastres:*** *Guía para equipos de respuesta*. Washington, 140p., 2009.

OSANAI, N.; SHIMIZU, T.; KURAMOTO, K.; KOJIMA, S.; NORO, T.; *Japanese early-warning for debris flows and slope failures using rainfall indices with Radial Basis Function Network*. In: ***Landslides***, September 2010, v. 7, Issue 3, p. 325-338.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet**. Unesp/ICGE, 2001. Disponível em: <www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/>. Consulta em: 03 ago. 2017.

SALIBA JUNIOR, C. C. (2006). Trincas nas edificações. **Revista Obras on Line**, Jun-2006, p. 22-24. Disponível em: <www.ibapemg.com.br/arquivos/download/15_arquivo.pdf>. Consulta em: 08 jan. 2016.

SCAIONI, M. ***Modern technologies for landslide monitoring and prediction***. Springer - Verlag Editors. Berlim Heidelberg, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Comunidade mais segura:** Mudando hábitos e reduzindo os riscos de movimentos de massa e inundações. Coordenação: Pimentel, J. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. 27p.

THOMAS, E. **Trincas em edifícios -** Causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini/EPUSP/IPT, 1989. 194p.

UNITED NATIONS. United Nations Office for Disaster Risk Reduction - Regional Office for the Americas - UNISDR-AM. ***The 'silent disaster of local losses'***. Panamá, 2013. Disponível em: <www.unisdr.org/archive/35664>. Acesso em: 10 jan. 2014.

UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY - USGS. ***Landslides preparedness***. Disponível em: <http://landslides.usgs.gov/learn/prepare.php>. Acesso em: 10 jan. 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Mobilização comunitária para a redução de riscos de desastres.** Furtado, J. R. - Org. Florianópolis: CEPED UFSC, 2015. 86p. Disponível em: <www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/12/Guia-de-Mobilizacao-Vers%C3%A3o-final.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. UNITED STATES GEOLOGICAL. 2004. ***Landslide types and processes***. Survey Fact Sheet 2004-3072. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.

WATANABE, R. M. **Trinca, fissura, rachadura, fenda?** 2010. Disponível em: <http://www.ebanataw.com.br/roberto/trincas/index.php>. Consulta em: 08 jan. 2016.

WEICHSLPMAGARTNER, J.; PIGEON, P. *The role of knowledge in disaster risk reduction.* ***International Journal Disaster Risk Science***. 107-116, 2015.

GLOSSÁRIO

- A -

Acidente: termo genérico que designa tanto os acidentes de escala pontual (AEP) como os acidentes de micro escala (AME), definidos a seguir.

Acidente de escala pontual: um tipo de evento que afeta indivíduos de uma comunidade, superando a resiliência destes, e cuja assistência demande apenas a capacidade individual e/ou da própria comunidade.

Acidente de micro escala: um tipo de evento que afeta indivíduos de uma comunidade, não superando a resiliência individual destes, mas cuja assistência demande apenas a capacidade do nível municipal.

Alagamento: acúmulo de água, em áreas urbanas ou não, em consequência da ultrapassagem da capacidade de escoamento do sistema de drenagem local, atingindo ruas, calçadas, infraestruturas urbanas e/ou de áreas deprimidas urbanas ou rurais.

Alarme: recomendação que é elaborada por órgão público competente, direcionada à população de uma dada área em risco, no momento em que a ameaça de um dado evento ultrapassa um nível teórico crítico preestabelecido (limiar), configurando-se a probabilidade de acidente ou desastre (e não de uma chuva forte) ocorrer em um tempo futuro próximo. A finalidade de um alarme é subsidiar a decisão da população sobre a preparação e a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.).

Alerta: informação que é elaborada por órgão público competente, direcionada a uma dada DCE e/ou DCM, no momento em que a previsão de risco indicar que as condições deflagradoras de um dado evento ultrapassaram um nível crítico teórico convencionado (limiar), configurando-se a probabilidade de um acidente ou desastre (e não apenas de uma chuva forte) ocorrer em um tempo futuro não muito distante (nas próximas horas). A finalidade de um alerta é subsidiar a decisão da Defesa Civil sobre a transmissão do alarme para a população.

Alerta Alto: alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Alta (LPA) (inclusive) e a Linha de Probabilidade Muito Alta (LPMA) (exclusive), indicando alta probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Atenção nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

Alarme de Preparação para Evacuação: alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta se prepare para, na próxima hora ou menos, efetuar a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados.

Alarme de Evacuação: alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta, de imediato, efetue a evacuação voluntária de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados.

Alarme de Evacuação Obrigatória: alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta, de imediato, efetue a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados, caso contrário sujeitando-se a evacuação mediante uso de força pública, a critério da Defesa Civil Municipal.

Alerta Máximo: alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual atingiu ou ultrapassou a Linha Crítica (LC), indicando máxima probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do

histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Alerta Máximo nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

Alerta Moderado: alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Moderada (LPM) (inclusive) e a Linha de Probabilidade Alta - LPA (exclusive), indicando moderada probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico de eventos no local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Observação nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

Alerta Muito Alto: alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Muito Alta (LPMA) (inclusive) e a Linha Crítica - LC (exclusive), indicando muito alta probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Alerta nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

Ameaça: um processo ou fenômeno natural ou atividade humana que possa causar perda de vidas, lesões ou outros agravos à saúde, danos às propriedades, ruptura social e econômica e/ou degradação ambiental (UNISDR, 2017). Neste Manual, o termo ameaça será utilizado preferencialmente (ao invés de seu sinônimo, perigo).

Área de risco: área onde existe a possibilidade de ocorrência de eventos adversos, passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. (Adaptado de Castro. Antônio L Coimbra. Glossário Defesa Civil; Ministério da Integração Nacional – Secretária nacional da Defesa Civil. Brasília-DF).

- B -

Bacia Hidrográfica: conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes.

Boletim meteorológico: informação que é elaborada por órgão público ou privado e que contém a previsão de tempo para um dado local, no período a que se refere.

- C -

Capacidade: a combinação de todas as forças, qualidades e recursos disponíveis a um indivíduo, organização, comunidade ou sociedade, para gerenciar e reduzir os riscos de desastre e ampliar a resiliência (UNISDR, 2017). É o oposto da vulnerabilidade (UNISDR, 2017).

CEMADEN: Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), adota uma estrutura técnico-científica especializada, desenvolvendo capacidade científica, tecnológica e de inovação para continuamente aperfeiçoar os alertas de desastres naturais. O objetivo principal da Instituição é realizar o monitoramento e emitir alertas de desastres naturais que subsidiem salvaguardar vidas e diminuir a vulnerabilidade social, ambiental e econômica decorrente desses eventos. (www.cemaden.gov.br/apresentação/).

CENAD: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – órgão coordenado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional, cabe ao Cenad consolidar as informações sobre riscos no País, tais como mapas de áreas de risco de deslizamentos e inundações, além dos dados relativos à ocorrência de desastres naturais e tecnológicos e os danos associados. O gerenciamento destas informações possibilita ao Centro apoiar estados e municípios nas ações preparação para desastres junto às comunidades mais vulneráveis. (www.mi.gov.br/defesa-civil/cenad/apresentacao).

Cenário de risco: área de risco cujos atuais indicadores de chuva efetiva a colocam em situação de iminência de deflagração de um dado tipo de processo do meio físico, nas próximas horas.

Chuva antecedente: volume de chuva efetiva existente no solo em decorrência das chuvas incidentes antes da série de chuvas atual. Calculada a partir da chuva total no período antecedente (usualmente, nessa contabilização, no mínimo, deve-se considerar os vinte e quatro dias anteriores, para o caso da meia vida de 72 horas, e de 12 horas para o caso da meia vida de 1,5 horas), deduzida da parcela relativa à meia vida adotada.

Chuva efetiva: é a soma da chuva incidente na última hora em relação do momento atual (tomada integralmente, sem aplicação de redutor) e o somatório de todas as chuvas antecedentes de até uma hora antes do momento atual, as quais são multiplicadas por um coeficiente de redução (decorrente das meias vidas adotadas).

Chuva total: somatório do volume de chuva observada durante a série de chuvas atual, sobre o qual não incide meia vida. Caso disponível, a chuva total poderá ser acrescida da parcela referente à previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 h), igualmente sem incidência de meia vida. Na presente versão deste Manual, a parcela referente às previsões de chuva de curtíssimo prazo ainda não será utilizada.

Contingência: situação que é simultaneamente provável e indeterminada quanto ao momento exato do seu acontecimento, porém, que é relevante ou perigosa a tal ponto que se deva estar muito bem preparado em termos do que deve ser prontamente executado, e em que sequência, quando de sua constatação (como é o caso dos diferentes cenários de risco de desastres naturais).

CPRM: sigla do Serviço Geológico do Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que tem como objetivo gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável do Brasil (http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Missao%2C-Valores-e-Principios-19).

Curva cobra: representação gráfica da evolução temporal dos índices de chuva efetiva da série de chuvas atual. Pelo posicionamento do valor instantâneo dos índices de chuva efetiva de curto prazo e de longo prazo, em relação à LPM, LPA, LPMA e LC. Pode-se acompanhar graficamente o aumento ou a diminuição da probabilidade da série de chuvas atual deflagrar ou não um dado tipo de desastre natural.

- D -

Danos do acidente ou desastre: ocorrem durante e imediatamente depois do acidente ou desastre. Os dando são usualmente medidos em unidades físicas (por exemplo, metros quadrados de casas, quilômetros de rodovias etc.), e descrevem as quantidades parciais ou totais de ativos fixos destruídos, de serviços básicos interrompidos e de danos a fontes de subsistência, na área afetada (UNISDR, 2017).

Desabrigado: desalojado ou pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo provido pelo Sistema.

Desalojado: pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave decorrentes do acidente ou desastre, e que, não necessariamente, carece de abrigo provido pelo Sistema.

Desastre: termo genérico que designa tanto os desastres de pequena escala (DPE) como os de desastres de grande escala (DGE), definidos a seguir.

Desastres Naturais: ocorrem quando fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos (Tominaga, 2009). São conceituados pela UN-ISDR (2009) como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

Desastre de pequena escala: um tipo de evento que afeta uma comunidade, superando sua resiliência, e cuja assistência demande a conjugação de capacidades dos níveis municipal e estadual.

Desastre de grande escala: um tipo de evento que afeta uma comunidade, superando sua resiliência, e cuja assistência demande a conjugação de capacidades dos níveis municipal, estadual, nacional e, eventualmente, internacional.

Deslizamento: são movimentos caracterizados por velocidade alta, que se desenvolve comumente em encostas com declividade e amplitude média a alta e segundo superfície de ruptura planar (translacional), circular (rotacional) ou em cunha (acompanhando planos de fragilidade estrutural dos maciços terrosos ou rochosos). É geralmente deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade ou com elevados índices pluviométricos acumulados, condicionados por fatores predisponentes intrínsecos aos terrenos. O processo é também denominado escorregamento. (IPT. 2014. Nota Técnica Explicativa: Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. São Paulo).

Deslizamento planar: tipo de escorregamento que ocorre em uma superfície relativamente plana e associada a solos mais rasos; planar (translacional). (Adaptado de cemaden.gov.br/deslizamentos/).

Deslizamento rotacional a superfície de ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) com movimento rotatório em materiais superficiais homogêneos; circular (rotacional) (Adaptado de cemaden.gov.br/deslizamentos/).

Diretamente afetados: pessoas que, em decorrência do evento registrado: (i) sofreram lesões, doenças ou outros problemas de saúde durante o evento ou em curto prazo depois deste; e/ou (ii) foram evacuados, deslocados, relocados; e/ou (iii) sofreram perdas diretas em seus meios de subsistência e/ou em seus bens econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais.

- E -

Estado de calamidade pública: situação anormal, provocada por acidentes ou desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes, reconhecida legalmente pelo poder público.

Estágio operacional das ações de prevenção de desastres naturais: estágios da Defesa Civil Municipal correlacionados às linhas de referência e aos níveis de alertas transmitidas pelo Cemaden e/ou Defesa Civil Estadual.

Evento: termo genérico que designa tanto os acidentes como os desastres.

Enxurrada: escoamento superficial concentrado, brusco, de alta energia de transporte e com grande potencial destrutivo, o qual pode estar associado ao domínio fluvial (calha do rio) ou às condições inadequadas de drenagem pluvial urbana. Processo normalmente associado a bacias pequenas, em relevo acidentado.

- F -

Fluxo de detritos: trata-se de processo causado pela gravidade e pelo fluxo concentrado de água, caracterizado por massa fluida de sedimentos e de água que contém alta concentração de sólidos (variando de 10% a 50%). Ao mesmo tempo em que transporta grande volume de sedimentos, podem conter matacões e troncos, de modo que possui grande energia destrutiva e causa enormes prejuízos às edificações e à vida humana. É o mais destrutivo dentre os movimentos de massa.

- I -

Impactos do acidente ou desastre: é somatório dos efeitos totais do acidente ou desastre, incluindo tanto os efeitos negativos (por exemplo, perdas econômicas) como os efeitos positivos (por exemplo,

ganhos econômicos), avaliados nas componentes de impactos econômicos, humanos e ambientais, incluindo óbitos, lesões, doenças e outros efeitos negativos sobre o bem-estar físico, mental e social dos afetados (UNISDR, 2017).

Índice: número resultante da divisão entre dois valores de qualquer medida ou gradação (como chuva de 10 mm/h, densidade do material mobilizado de 1,5 t/m^3, 10 % das áreas de risco atingidas etc.).

Índice de chuva: índice escolhido para expressar a intensidade de chuva em um dado intervalo de tempo (quantidade precipitada dividida pelo tempo de duração da chuva), de modo que seja melhorada a separabilidade entre as chuvas efetivas que causam movimentos de massa e as que não os deflagram. São exemplos de índices de chuva: chuva total acumulada de 24 horas, chuva total acumulada de 72 horas, chuva efetiva com meia vida de 1,5 horas, chuva efetiva com meia-vida de 72 horas etc.

Indiretamente afetados: pessoas que, em decorrência do evento registrado sofreram consequências: (i) que não aquelas dos diretamente afetados; (ii) decorrentes de rupturas ou de alterações na economia, em infraestruturas críticas, em serviços básicos, no comércio ou trabalho; e (iii) sociais, na saúde ou psicológicas, ao longo do tempo.

Inundação: Submersão, pela elevação gradual do nível do curso d'água, de áreas externas aos limites normais (calha) deste curso d'água, as quais normalmente não se encontram submersas.

- L -

Limiar: o mesmo que Linha Crítica para Eventos (LC).

Linha Crítica de Eventos ou Linha de Máxima Probabilidade de Eventos (LC): linha que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se prevê eventos de deslizamento planar, deslizamento rotacional e de fluxo de detritos; popularmente designada como limiar.

Linhas de referência para alertas: denominação geral do conjunto de linhas que inclui a Linha Crítica de Eventos (LC), a Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (LPMA), a Linha de Probabilidade Alta de Eventos (LPA) e a Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (LPM).

Linha de Alta Probabilidade de Eventos (LPA): linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início às ações preparatórias para a evacuação de moradores das áreas em risco (abrangendo, por exemplo, a verificação de rotas de evacuação, a inspeção de pontos de encontro, a abertura e liberação de abrigos etc.).

Linha de Muito Alta Probabilidade de Eventos (LPMA): linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início à evacuação dos moradores das áreas em risco.

Linha de Moderada Probabilidade de Eventos (LPM): linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início à eventual mobilização de equipes adicionais necessárias às ações de monitoramento e de provável evacuação de moradores de áreas em risco.

- M -

Meia-vida: Tempo para que o volume das chuvas antecedentes, em um dado instante, seja reduzido à metade.

Monitoramento: acompanhamento e avaliação de dados e informações obtidas de aparelhagem técnica, equipamentos e/ou de pessoas.

Movimentos de massa: termo genérico que designa o conjunto dos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos, rastejos (deslizamentos planares lentos, conforme definido no Manual de Mapeamento e Avaliação de Risco, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.), e queda de blocos, dentre outros processos do meio físico que mobilizam os solos e rochas.

- O -

Ocorrência: atendimento a demandas, situações ou eventos não classificáveis como situação de emergência ou como calamidade pública.

- P -

Plano de contingência: documento que define quem são os responsáveis pela execução das várias ações (dentre instituições municipais, estaduais e/ou federais), quais as ações necessárias (ações de prevenção, preparação, mitigação, resposta e/ou de recuperação emergencial) e quando executá-las (em quantas fases e sequência de realização e de acionamento dos múltiplos atores dos diferentes níveis federativos), visando intervenções precisas, com rapidez e coordenação, diante de um potencial acidente ou desastre que possa pôr em risco os bens e/ou a vida da população de uma dada área em risco. O Plano de Contingência deve, portanto, ser específico para os diferentes cenários de risco (incluindo a eventual superposição de diferentes acidentes ou desastres), pois, cada qual exigirá procedimentos diferenciados.

Previsão: prognóstico do momento de início e/ou da evolução de um dado processo, baseado no diagnóstico (e suas tendências futuras) das condições deflagradoras, da vulnerabilidade e da mitigação disponível (infraestruturas de proteção) para um dado momento e local.

Previsão de clima: informação prognóstica da evolução esperada para o comportamento da atmosfera em longo prazo (Nasa, 2017), em uma dada área, tipicamente envolvendo períodos de 30 anos ou mais.

Previsão de risco de desastre natural: informação prognóstica sobre a probabilidade de se atingir níveis historicamente associados à deflagração de um dado tipo de acidente ou desastre, em face da evolução das condições meteorológica e hidrológica, em um dado momento e local (com suas características físicas e de uso do solo atuais).

Previsão de risco geohidrológico: informação que é elaborada por órgão público com competência específica, contendo a probabilidade de elaboração e de transmissão de alertas de risco geohidrológico (movimentos de massa, inundação gradual e/ou enxurrada), para um dado local, no período a que se refere.

Previsão de tempo: informação prognóstica da evolução esperada para o comportamento da atmosfera em curto prazo (Nasa, 2017). Distinguem-se as previsões de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 h - previsão de chuva de curtíssimo prazo, por meio de radar meteorológico), as de curto prazo (de 6 a 12 horas até 1 semana), as subsazonais (15 a 45 dias) e as sazonais (3 meses).

Processos do meio físico: sucessão de fenômenos que ocorrem em um determinado tempo, em um dado contexto de meio físico e socioeconomia, e cujas alterações, impostas tanto pelas intervenções antrópicas (desmatamento, corte ou aterro etc.) como pela dinâmica natural (eventos meteorológicos extremos), podem gerar ameaças (deslizamentos, inundações graduais, enxurradas etc.) ou alterar sua magnitude, frequência etc. (modificado de Oliveira, 1995).

- Q -

Queda de bloco: Movimento geralmente abrupto de blocos e matacões rochosos, que se desprendem de encostas íngremes, paredões rochosos ou falésias.

- R -

Rastejo: movimento lento e intermitente, podendo evoluir por etapas ao longo de vários anos. O deslocamento lento da massa possibilita detectar previamente a presença de feições de instabilização, como trincas no solo, degraus de abatimento, deformações na superfície e surgências d'água na base da encosta.

Resiliência: a habilidade de um indivíduo, sistema, comunidade ou sociedade exposta de resistir, absorver, acomodar, adaptar, transformar e recuperar-se dos efeitos de uma ameaça, de maneira pronta e eficiente, incluindo a preservação e a restauração de estruturas e de funções básicas essenciais ao gerenciamento do risco (UNISDR, 2017).

- S -

Sem Alertas (Cessar): Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual está abaixo da Linha de Probabilidade Moderada (LPM), indicando baixa probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Normalidade nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

Sistema de Alerta Antecipado (SAA): Consiste em um sistema integrado de monitoramento, predição (qualitativa) e previsão (quantitativa) de ameaças; com processos e sistemas informatizados para avaliação e comunicação do risco dos acidentes e dos desastres e de atividades de preparação que capacitam indivíduos, comunidades, governos, setor produtivo e outros a tomarem ações no tempo certo, de modo a reduzir o risco de desastres, antecipando-se às referidas ameaças. SAAs eficazes devem incluir os quatro seguintes elementos chave interdependentes: (1) conhecimento do risco de eventos, através da sistemática coleta de dados e da avaliação do risco de acidentes e desastres; (2) detecção, monitoramento, análise e previsão de ameaças e suas possíveis consequências; (3) comunicação e divulgação tanto de avisos precisos e talhados ao uso operacional, como de informações associadas sobre a probabilidade da ameaça e de seus impactos potenciais, através de fontes oficiais, em mensagens validadas pela autoridade competente e fornecidas com a antecipação necessária, em meios apropriados; (4) preparação, em todos os níveis, para responder aos avisos recebidos.

Série de chuvas: intervalo de tempo delimitado por período de 24 horas, anterior e posterior, sem chuva.

Série de chuvas atual: intervalo de tempo subsequente a um período de 24 horas sem chuvas e durante o qual a chuva ainda não cessou por período igual ou superior a 24 horas.

Situação de emergência: situação anormal, provocada por acidentes ou desastres, causando danos (superáveis) à comunidade afetada, reconhecida legalmente pelo poder público.

Suscetibilidade: predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico.

- T -

Tombamento: Tipo de movimento de massa em queda livre de fragmentos rochosos (de volumes variáveis), que se desprendem de taludes íngremes. (Adaptado de cemaden.gov.br/deslizamentos/).

- V –

Vulnerabilidade: as condições que aumentam a suscetibilidade aos impactos da ameaça, sendo determinada por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, e que afetam um indivíduo, uma comunidade, os bens ou os diversos sistemas (UNISDR, 2017).

APÊNDICES E ANEXO

APÊNDICES:

Apêndice A: **Breve resumo dos Métodos de Cálculo de Limiares**

Apêndice B: **Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 1 - Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de Lascas de Rocha) e de Eventos Tipo 2 (Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais)**

Apêndice C: **Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 3 - Fluxo de detritos**

Apêndice D: **Modelo de Alerta**

Apêndice E: **Manual de Acesso ao Mapa Interativo do Cemaden**

Apêndice F: **Ações de Prevenção**

ANEXO:

Anexo A: **Indícios Precursores de Eventos**

APÊNDICE A: BREVE RESUMO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE LIMIARES

A seguir, são descritos os principais métodos para cálculo de limiares para processos monitorados pela chuva. O **Quadro A1** sintetiza as características dos métodos descritos.

1. Método Cemaden

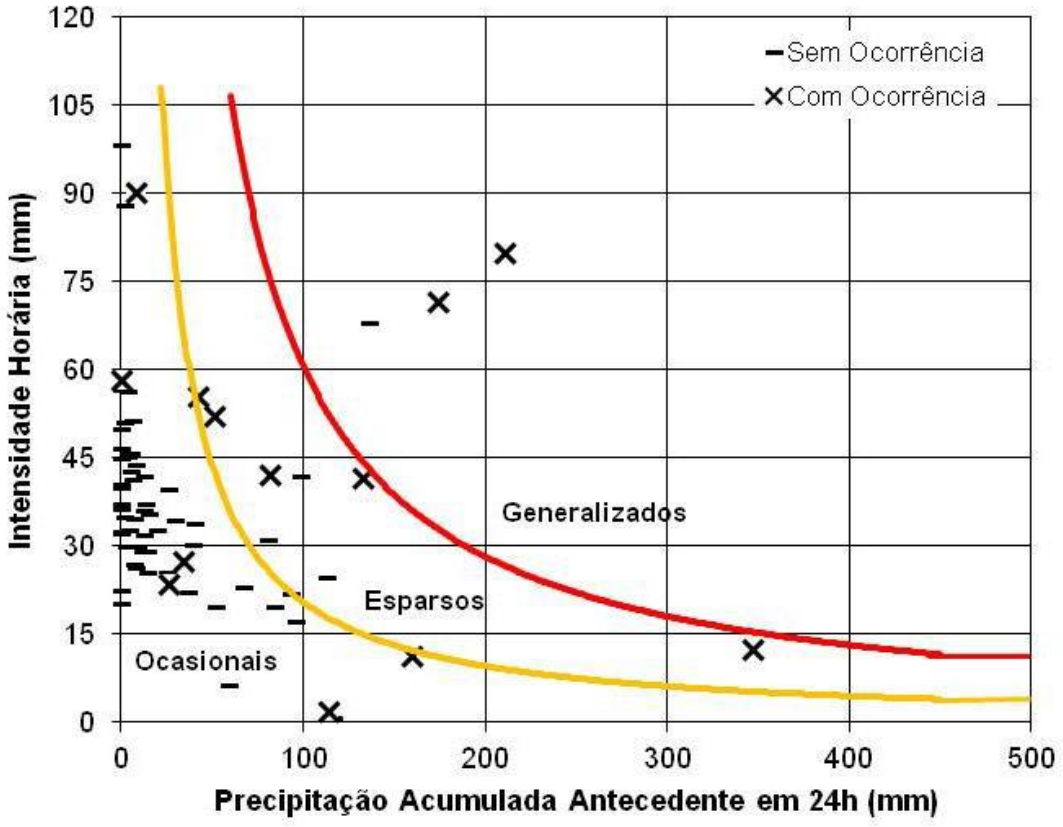
O limiar de chuva em relação aos eventos é estabelecido para um conjunto de índices de intensidade de chuva (intervalos de 1, 3, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, uma semana, um e dois meses), com base no histórico de chuvas com eventos, para cada municipalidade.

Os limiares são utilizados simultaneamente, sendo aplicado o que ocorrer primeiro.

2. Método DRM-RJ

O Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) utiliza o índice de chuvas acumuladas em 24 horas (eixo horizontal) e a intensidade de chuva horária (eixo vertical). O histórico de eventos é representado para as categorias de eventos esparsos e eventos generalizados, para os quais são estabelecidos limiares (**Figura A1**). Os valores são distintos conforme sejam os municípios.

Figura A1: Estabelecimento do limiar pelo Método DRM-RJ



Fonte: DRM-RJ, 2017.

Quadro A1: Descrição dos métodos para cálculo dos limiares de movimentos de massa.

Nome do método		Descrição	Indicadores	Ponto forte	Ponto fraco	Aplicabilidade ao Brasil no estágio atual
Modelo de intensidade de chuva x chuva acumulada	Método Cemaden	Estabelece vários limiares embasados no histórico de eventos.	① Chuvas acumuladas de 1 h, 3 h, 24 h, 48 h, 72 h e de 2 meses.	• Como avaliam as chuvas com e sem eventos somente pelo índice de chuva, a organização dos dados é simples. • Indicado para deslizamento translacional e fluxo de detritos.	• Como não está definido procedimento para uso dos diferentes limiares, a interpretação é subjetiva, tanto entre equipes como entre instituições.	Utilizado atualmente. A decisão na aplicação do limiar é subjetiva; por isso ocorre diferença de julgamentos entre especialistas.
	Método DRM	Estabelece o limiar para eventos esparsos e generalizados, com base no histórico de eventos.	① Intensidade de chuva horária. ② Chuva acumulada de 24 horas.		• Como estabelece o limiar tratando vários índices como processos independentes, o limiar é baixo e o coeficiente de erro da previsão é alto.	
	Método da Diretriz (Métodos A e B)	Combinam os índices de curto e de longo prazo com meia vida de 1, 2 ou 3 dias para expressar a chuva efetiva e assim estabelecer o limiar.	① Intensidade de chuva horária. ② Chuva efetiva com meia vida de 1, 2 ou 3 dias (Método A) e chuva efetiva até a hora anterior ao evento com meia vida de 1, 2 ou 3 dias (Método B).	• Facilidade de organização dos dados de chuva. • Indicado para fluxo de detritos.	• A distinção entre as chuvas com evento e sem evento não é precisa.	-
Modelo da chuva efetiva	Método Compartilhado	Combina índice de meia vida de 1,5 horas e de 72 horas para o cálculo da chuva efetiva, como proposto por Yano.	① Chuva efetiva com meia vida de 1,5 horas. ② Chuva efetiva com meia vida de 72 horas.	• Por usar a chuva efetiva, foi eliminada a divergência entre chuva contínua e a chuva torrencial intermitente. A chuva efetiva pode ser o indicador para o cancelamento do alerta. • Pelos resultados estudados, é aplicável a áreas distintas. • Indicado para deslizamento planar e fluxo de detritos.	• O limiar e as linhas de apoio do tipo y = ax + b apresentam subjetividade no traçado.	É viável utilizar as séries de dados de chuva no Brasil. Viável também o ajuste com a variação dos períodos de meia vida.
Modelo Tanque	Método do Modelo Tanque	Utiliza modelo teórico de tanque de três estágios para representar o escoamento superficial e a percolação (subsuperficial). Os eventos são previstos pelo Índice de Água no Solo (volume total de água armazenada nos tanques), à luz do histórico de eventos.	① Volume do 1º tanque. ② Volume do 2º tanque. ③ Soma dos volumes de ① e de ②. ④ Volume total dos três tanques (Índice de Água no Solo - IAS).	• Aplicável a qualquer topografia, estabelecendo a constante do Modelo de Tanque pela retroanálise do histórico de eventos. • Considerado preciso para a previsão de eventos localizados, mesmo em condições geológicas distintas. • Indicado para deslizamento rotacional, planar e fluxo de detritos.	• Necessita que as constantes do tanque sejam bem estabelecidas. Em caso de escassez de dados, fica difícil calculá-las.	No Brasil, a série de dados de escoamento é insuficiente, de modo que o estabelecimento das constantes é considerado difícil.
Modelo RBFN	Método Unificado (MLIT/JMA)	É evolução do Método Compartilhado. A precisão decorre do estabelecimento de limiar correlacionando chuva de probabilidade conhecida e eventos, do uso de Índice de Água no Solo (do Modelo Tanque) e de dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo.	① Chuva acumulada em 60 minutos (uma hora). ② Índice de Água no Solo (IAS).	• Alta precisão do limiar. • Viável a indicação da probabilidade do evento. • Indicado para deslizamento rotacional, planar e fluxo de detritos.	• Complexo, por não permitir visualização dos resultados em gráfico. • Necessidade de revisão a cada hora, com os dados atualizados. • Para a elaboração do alerta, é necessária a análise da previsão de chuva de curtíssimo prazo e/ou de curto prazo (modelos meteorológicos regionais).	Por usar o modelo RBFN, a análise torna-se complexa. Por necessitar de chuva futura por região alvo (exemplo: malha de 5 x 5 km), no momento, é de difícil adoção no Brasil.
Modelo de Correlação Múltipla	Método de Araki *et al.* (1997)	Utiliza fórmula de correlação múltipla, agregando indicadores para vários fatores relacionados aos eventos.	Combinação de fatores topográficos, geológicos e de índices de chuva.	• Viável o estabelecimento do limiar para áreas amplas (uma ou mais encostas ou vales). • Indicado para deslizamento planar e fluxo de detritos.	• Necessita de muitos trabalhos preliminares de topografia e de investigação geotécnica. • Difícil visualizar o grau de risco, pois não há limiar único nem resultado em gráfico.	Pela insuficiência de mapas topográficos e geológicos de detalhe e indisponibilidade de previsão de chuva de curtíssimo prazo, a adoção é considerada difícil, no presente momento.

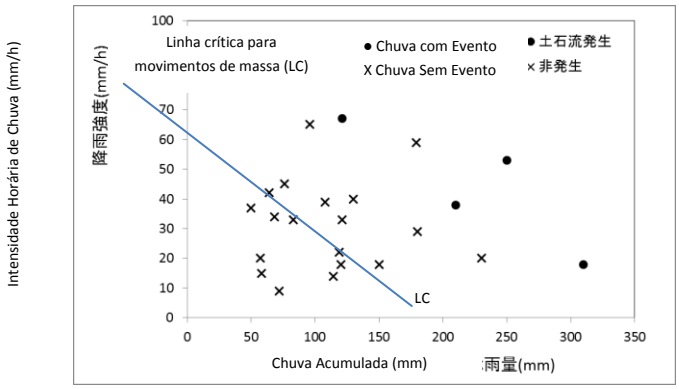
3. Método da Diretriz

Em geral, assume-se que os movimentos de massa estão associados a uma elevada quantidade de chuva, porém, mesmo um pequeno volume de chuva pode desencadear os eventos, a depender da intensidade desta no tempo e/ou do momento em que ele ocorra.

Este método dá atenção a este aspecto, plotando a chuva acumulada (eixo horizontal) contra a intensidade horária de chuva (eixo vertical), em um gráfico XY das chuvas com e sem evento, a partir do qual é traçado limiar (linha crítica - LC) entre as chuvas com e sem eventos.

Porém, os índices utilizados não são tão eficazes em separar adequadamente as chuvas com e sem eventos, conforme ilustrado na **Figura A2**.

Figura A2: Gráfico de estabelecimento do limiar pelo Método da Diretriz



4. Método Compartilhado

Este método utiliza o mesmo raciocínio do Método da Diretriz (Método da Intensidade Horária em relação à Chuva Acumulada). Porém, ele foi aperfeiçoado para melhorar a separabilidade das chuvas com e sem evento.

O Método Compartilhado assume que somente parte da chuva acumulada antecedente deve ser incluída no cálculo da chuva efetiva (e não todo o volume, como ocorre no Método da Diretriz). Assim, a chuva efetiva é calculada pela soma da chuva atual e do remanescente da chuva acumulada antecedente, mediante aplicação de um redutor, de acordo com o tempo decorrido desde a chuva antecedente em questão (este fator é a meia vida). Quanto mais antiga a chuva antecedente, menor será sua influência no valor da chuva efetiva, tanto para os índices de longo como de curto prazo.

A **Figura A3** ilustra o critério para definição de uma série de chuvas e o conceito de chuva antecedente. Na **Figura A4** é ilustrado o conceito do tempo de meia vida da água no solo.

Figura A3: Representação esquemática dos conceitos de série de chuvas e de chuva antecedente

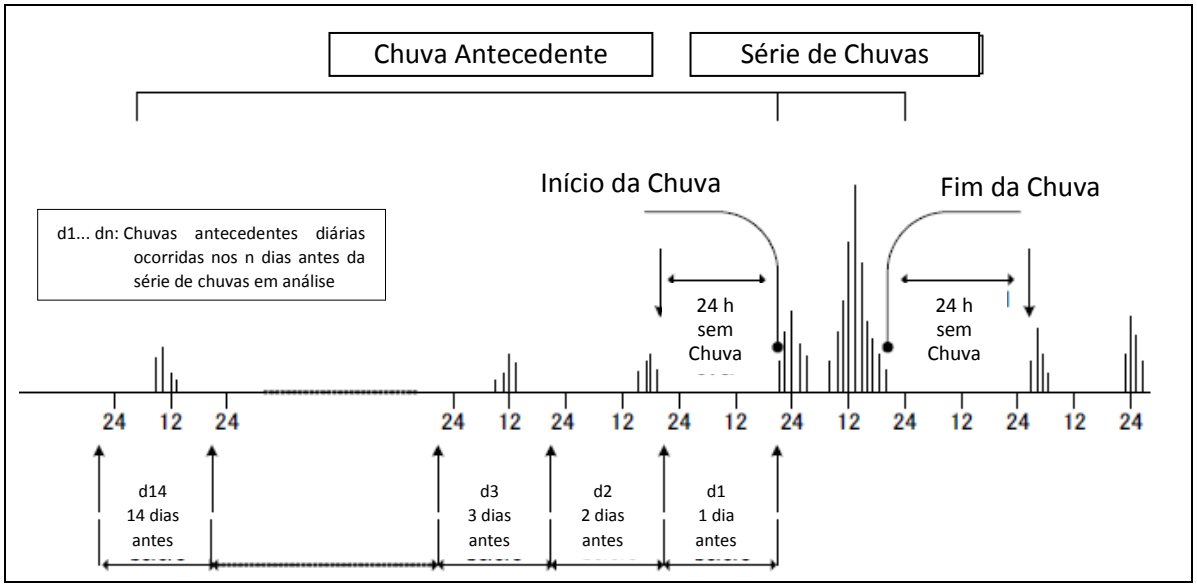
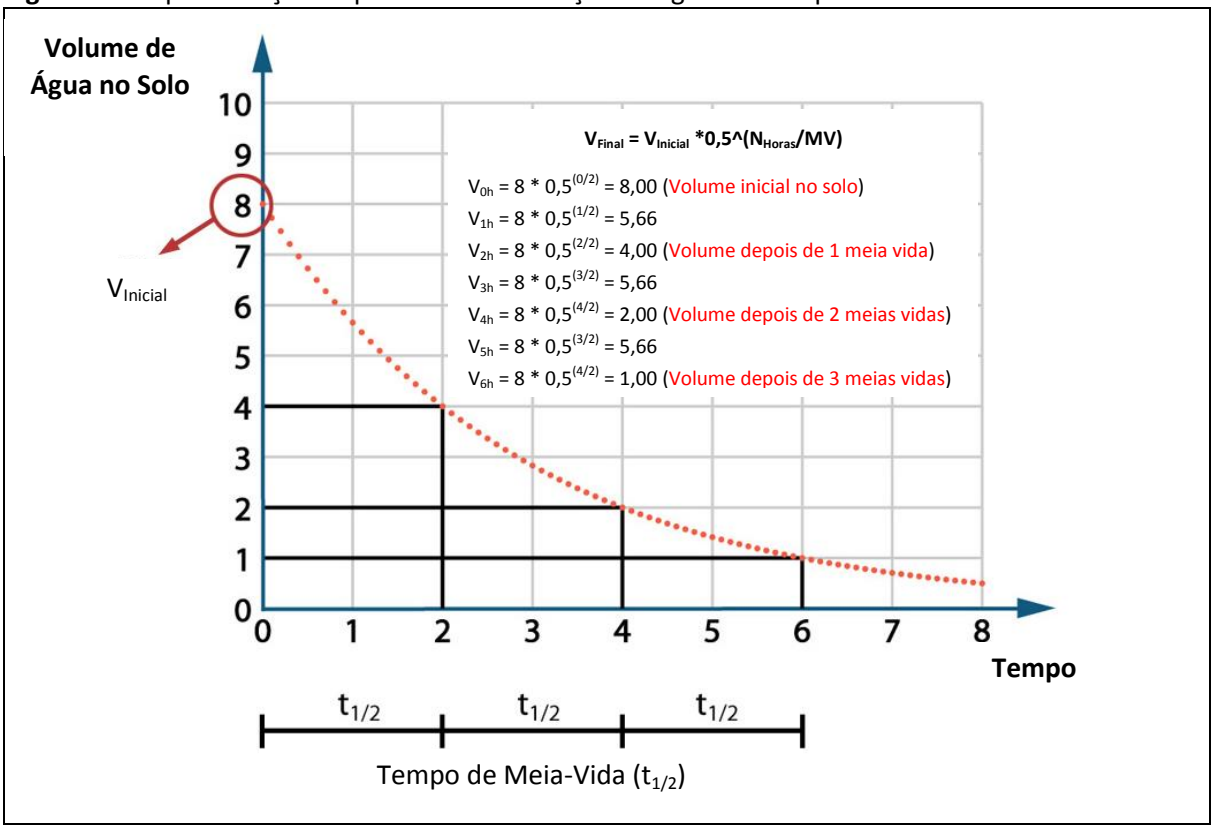


Figura A4: Representação esquemática da variação da água no solo para meia-vida de 2 horas



Nas análises efetuadas no Japão, os valores de meia-vida para os que melhor distinguiram a possibilidade de eventos foram, para a chuva efetiva de longo prazo, de 72 horas e, para a chuva efetiva de curto prazo, de 1,5 horas.

Depois de calculados os índices da chuva efetiva de longo prazo (eixo horizontal) e de curto prazo (eixo vertical) para cada série de chuvas, estes índices são plotados em um gráfico XY, distinguindo-se cada série de chuvas com e sem evento, da mesma forma que efeituado para o Método da Diretriz.

5. Método do Modelo Tanque

O modelo tanque enquadra-se como um método hidrológico de análise por escoamento. Nele assume-se um modelo teórico de tanques multiestágios, de um, dois ou três estágios, cujas saídas simulam as condições de fluxo na encosta e no vale. O volume total armazenado nos três tanques é denominado de Índice de Água no Solo (IAS).

Para cada um dos estágios do tanque, é observada a variação do volume total de água que infiltra, que é armazenada ou que escoa. Esses fenômenos são representados pelas saídas nas laterais e no fundo dos estágios dos tanques. O posicionamento (altura em relação à base do tanque) e a variação do tamanho das saídas representam as heterogeneidades do escoamento superficial e da infiltração para cada perfil de solo e região.

No cálculo do limiar e das linhas de apoio são utilizados os volumes totais retidos nos estágios dos tanques. Usualmente assume-se que, quanto maior o valor do IAS, maior é a probabilidade de acidentes ou desastres. Porém, para um mesmo valor elevado de IAS, a probabilidade de evento tende a ser maior em uma região de poucas chuvas do que em uma região de muitas chuvas, ficando difícil julgar o risco somente pelo valor do IAS. Por isso, é que se utiliza uma forma indireta de julgamento, comparando-se o valor do IAS calculado para a chuva atual com o valor do IAS calculado para as chuvas críticas do passado que deflagraram acidentes ou desastres.

Assumindo-se que o volume total armazenado nos estágios do tanque teórico possa ser utilizado como limiar para os eventos, em uma situação real, no momento exato em que o volume do tanque teórico ultrapassar aquele limiar, configura-se a probabilidade de deflagração do processo monitorado.

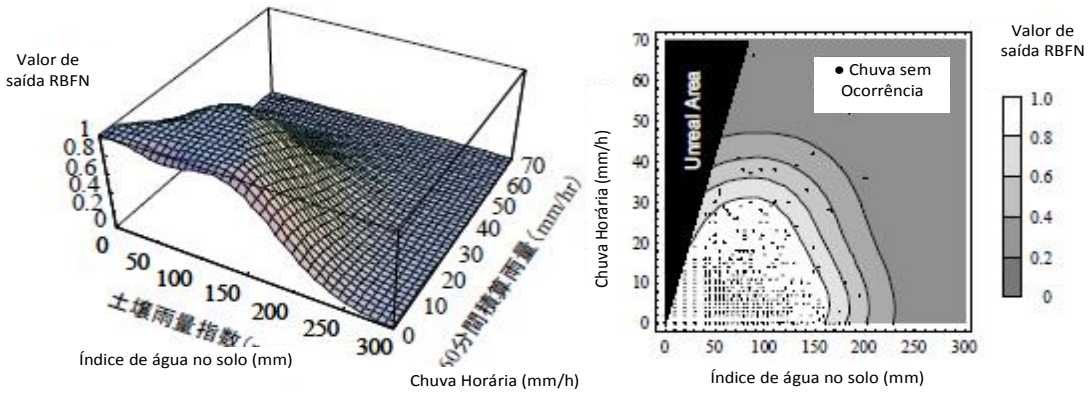
No Japão, o Índice de Água no Solo (IAS) é utilizado para a previsão do risco e para a decisão de transmissão do "alerta de movimentos de massa", o qual, naquele País, é divulgado de modo associado ao "alerta de chuva intensa" (este embasado apenas na previsão de chuva de curtíssimo prazo). De acordo com estudos realizados, o Índice de Água no Solo tem boa precisão para a previsão de eventos.

6. Método RBFN

É o método aperfeiçoado do Método Compartilhado. Nele, foi possível vincular o limiar a uma dada probabilidade de evento, por meio da correlação entre a distribuição de probabilidade das chuvas sem eventos, por intermédio do valor de saída das funções de rede neural de base radial (RBFN), e do histórico de chuvas com evento (**Figura A5**).

Além da distribuição de probabilidade das chuvas sem eventos (eixo z), o Método RBFN ainda utiliza o Índice de Água no Solo - IAS do Modelo Tanque (eixo x) e a chuva acumulada de 60 minutos (eixo y). Ressalte-se que, no Japão, a base para o cálculo destes dois últimos índices são as previsões de chuva de curtíssimo prazo (radar meteorológico), tecnologia ainda não disponível no Brasil.

Figura A5: Estabelecimento do limiar pelo Método da Análise RBFN



Exemplo de representação tridimensional

Exemplo de representação bidimensional

7. Método da análise de correlação múltipla

Os métodos anteriores fazem a previsão de eventos por meio da análise do escoamento ou do comportamento do índice de chuva, porém, sempre utilizando apenas a chuva como parâmetro de entrada. O método de análise de correlação múltipla, por sua vez, visando uma previsão mais precisa, também considera as condições de topografia e de geologia. Esses parâmetros (chuva, topografia e geologia) recebem pesos relativos diferenciados, em uma fórmula que avalia a probabilidade de evento ou de não-evento.

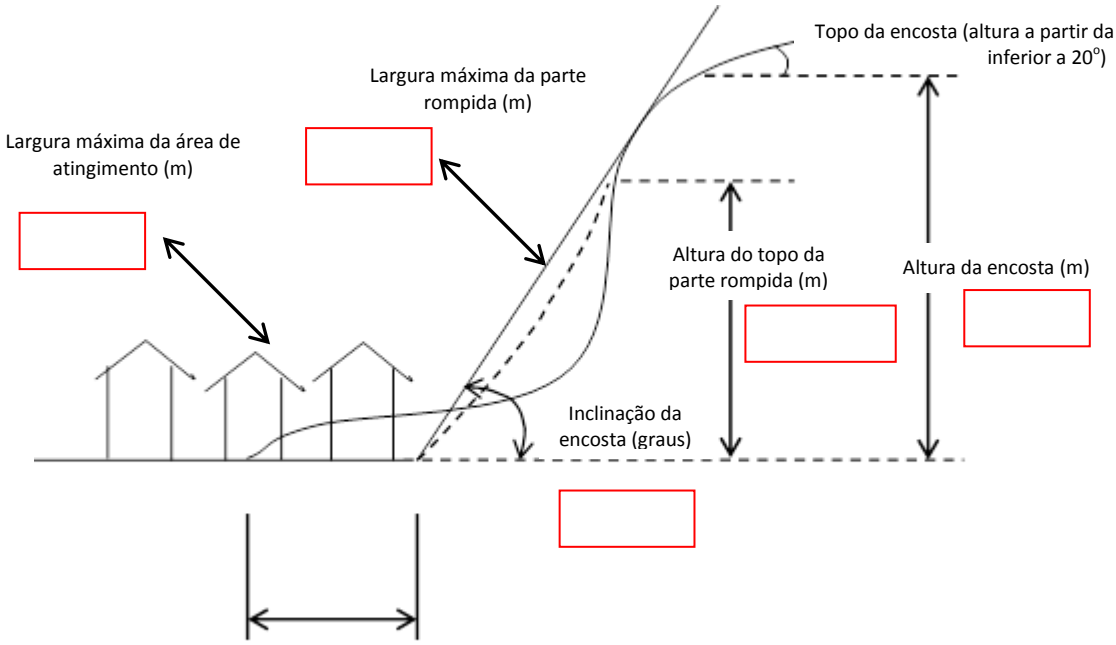
Ao utilizar dados topográficos e geológicos da região em risco, é possível aumentar a precisão da previsão de evento. Entretanto, isto é altamente dependente da quantidade de dados disponíveis (mapas topográficos em escala adequada, investigações do subsolo e instrumentações geotécnicas etc.), bem como é difícil visualizar o grau de risco, uma vez que não é possível plotar um limiar no gráfico XY, como efetuado nos métodos anteriores.

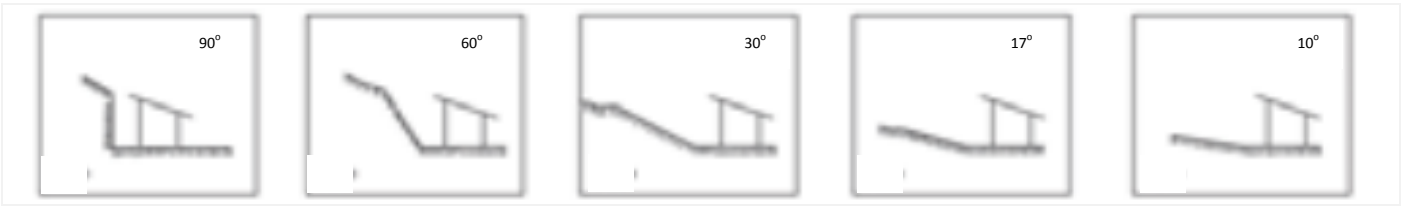
APÊNDICE B: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 1 (QUEDAS, TOMBAMENTOS E ROLAMENTOS DE BLOCOS OU DE LASCAS DE ROCHA) E DE EVENTOS TIPO 2 (DESLIZAMENTOS PLANARES OU DESLIZAMENTOS ROTACIONAIS)

<table>
<tr><td colspan="2">Nome do Município:</td><td colspan="4">Data do Relatório: ...../...../.....</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Dados do evento</td><td colspan="5">Indique o tipo de evento, assinalando somente um dos tipos abaixo:
( ) TIPO 1 - Quedas, tombamentos e rolamentos de blocos ou de lascas de rocha ( ) TIPO 2 - Deslizamento planar ou Deslizamento rotacional</td></tr>
<tr><td colspan="5">Local do evento (endereço completo): .....
.....
Coordenadas: Latitude: .....
Longitude: .....</td></tr>
<tr><td>Ordem de predominância do material movimentado</td><td colspan="4">( ) Solo ( ) Rocha ( ) Troncos ou árvores ( ) Entulhos ( ) Outros
(0 - Ausente. 1 - Menor. 5 - Maior.)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Área fonte dos materiais movimentados: ( ) Base da encosta ( ) Meia encosta ( ) Topo da encosta</td></tr>
<tr><td colspan="3">Data do evento: ...../...../.....</td><td colspan="2">Horário do evento: .....h..... min</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dados da Porção Afetada da Encosta</td><td colspan="2">Situação 1 - Encosta Natural
( ) Mata ( ) Vegetação rasteira ( ) Outros</td><td colspan="3">Situação 2 - Encosta Antropizada
( ) Corte ( ) Aterro ( ) Lixo ( ) Obras de contenção</td></tr>
<tr><td colspan="2">Há registro de desastre anterior nesta encosta?</td><td colspan="3">( ) Não ( ) Sim Data: ...../...../.....
( ) Fonte documentada ( ) Informação verbal</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Descrição dos Danos Materiais</td><td colspan="5">Nº de edificações residenciais + não residenciais destruídas (Parcialmente/Totalmente destruídas)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Posição das edificações destruídas</td><td colspan="3">Padrão construtivo das edificações destruídas</td></tr>
<tr><td>Alvenaria</td><td>Misto</td><td>Madeira</td></tr>
<tr><td>Topo da Encosta</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td>Meio da Encosta</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td>Base da Encosta</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descrição adicional: (danos materiais não expressos acima, tais como: danos a rodovias, pontes, redes de água, redes de esgoto etc.): .....
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Descrição de Perdas Humanas</td><td colspan="5">Números de Pessoas Afetadas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mortos: ..... Desaparecidos: .....</td><td colspan="3">Feridos: ..... Desabrigados: .....</td></tr>
<tr><td colspan="2">Quantidade total de mortos + desaparecidos: em edificações residenciais e não residenciais
( ) Dentro da edificação (Andar: .....)
( ) Fora da edificação</td><td colspan="3">Quantidade total de mortos + desaparecidos: portadores de necessidades especiais
( ) Pessoas portadoras de necessidades especiais
( ) Pessoas não portadoras de necessidades especiais</td></tr>
<tr><td colspan="5">Nº de mortos + desaparecidos (Edificações Residenciais + Não-Residenciais)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Posição das edificações destruídas</td><td colspan="4">Padrão etário dos mortos + desaparecidos</td></tr>
<tr><td>Crianças
(0 > idade ≥ 12)</td><td>Jovens
(12 > idade ≥ 24)</td><td>Adultos
(24 > idade ≥ 60)</td><td>Idosos
(Idade > 60)</td></tr>
<tr><td>Topo da Encosta</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Meio da Encosta</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Base da Encosta</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Descrição adicional: (perdas humanas não expressas acima) .....
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
</table>

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município. Página 1/2

Dados do evento:





Referência para o ângulo de inclinação de encosta (medido com a horizontal)

Foto - Panorâmica da área fonte e de atingimento	Foto - Detalhe da área fonte
Foto - Detalhe da área de atingimento	Foto - Detalhe de indício precursor

Inserir fotos representativas de cada cenário. Caso existam mais fotos representativas, favor anexá-las ao formulário.

APÊNDICE C: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 3 (FLUXO DE DETRITOS)

<table>
<tr><td colspan="2">Nome do Município:</td><td colspan="4">Data do Relatório: ...../...../.....</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Dados do evento</td><td colspan="5">Tipo de movimentos de massa: TIPO 3 - Fluxo de detritos.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Local do evento (endereço completo): .....
.....
.....
Nome do curso d'água: .....
Coordenadas: Latitude: .....
Longitude: .....</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ordem de predominância do material movimentado ( ) Solo ( ) Rocha ( ) Troncos ou árvores ( ) Entulhos ( ) Outros
(0 - Ausente. 1 - Menor. 5 - Maior.)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Área fonte dos materiais movimentados: ( ) Base da encosta ( ) Meia encosta ( ) Topo da encosta</td></tr>
<tr><td colspan="3">Data do evento: ...../...../.....</td><td colspan="2">Horário do evento: .....h..... min</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Dados do curso d'água afetado</td><td colspan="5">Largura média do curso d'água: ..... metros</td></tr>
<tr><td colspan="5">( ) Curso d'água natural ( ) Curso d'água retificado ( ) Curso d'água canalizado</td></tr>
<tr><td colspan="5">( ) Vale próximo à encosta ( ) Vale distante da encosta</td></tr>
<tr><td colspan="3">Há registro de desastre anterior neste vale?</td><td colspan="2">( ) Não. ( ) Sim. Data: ...../...../.....
( ) Fonte documentada. ( ) Informação verbal.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Descrição dos Danos Materiais</td><td colspan="5">Nº de edificações residenciais + não residenciais destruídas (Parcialmente/Totalmente destruídas)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Posição das edificações destruídas</td><td colspan="4">Padrão construtivo das edificações destruídas</td></tr>
<tr><td>Alvenaria</td><td>Misto</td><td colspan="2">Madeira</td></tr>
<tr><td>Edificações na encosta</td><td>/</td><td>/</td><td colspan="2">≤/</td></tr>
<tr><td>Edificações no vale</td><td>/</td><td>/</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descrição adicional: (danos materiais não expressos acima, tais como: danos a rodovias, pontes, redes de água, redes de esgoto etc.): .....
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Descrição de Perdas Humanas</td><td colspan="5">Números de Pessoas Afetadas</td></tr>
<tr><td colspan="3">Mortos: ..... Desaparecidos: .....</td><td colspan="2">Mortos: ..... Desaparecidos: .....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Quantidade total de mortos + desaparecidos: em edificações residenciais e não residenciais
( ) Na edificação (Andar: .....)
( ) Fora da edificação</td><td colspan="2">Quantidade total de mortos + desaparecidos: portadores de necessidades especiais
( ) Pessoas portadoras de necessidades especiais
( ) Pessoas não portadoras de necessidades especiais</td></tr>
<tr><td colspan="5">Nº de mortos + desaparecidos (Edificações Residenciais e Não Residenciais)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Posição das edificações</td><td colspan="4">Padrão etário dos mortos + desaparecidos</td></tr>
<tr><td>Crianças
(0 > idade ≥ 12)</td><td>Jovens
(12 > idade ≥ 24)</td><td>Adultos
(24 > idade ≥ 60)</td><td>Idosos
(Idade > 60)</td></tr>
<tr><td>Edificações na encosta</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Edificações no vale</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Descrição adicional: (perdas humanas não expressas acima) .....
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
</table>

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município. Página 1/2

Dados do evento:

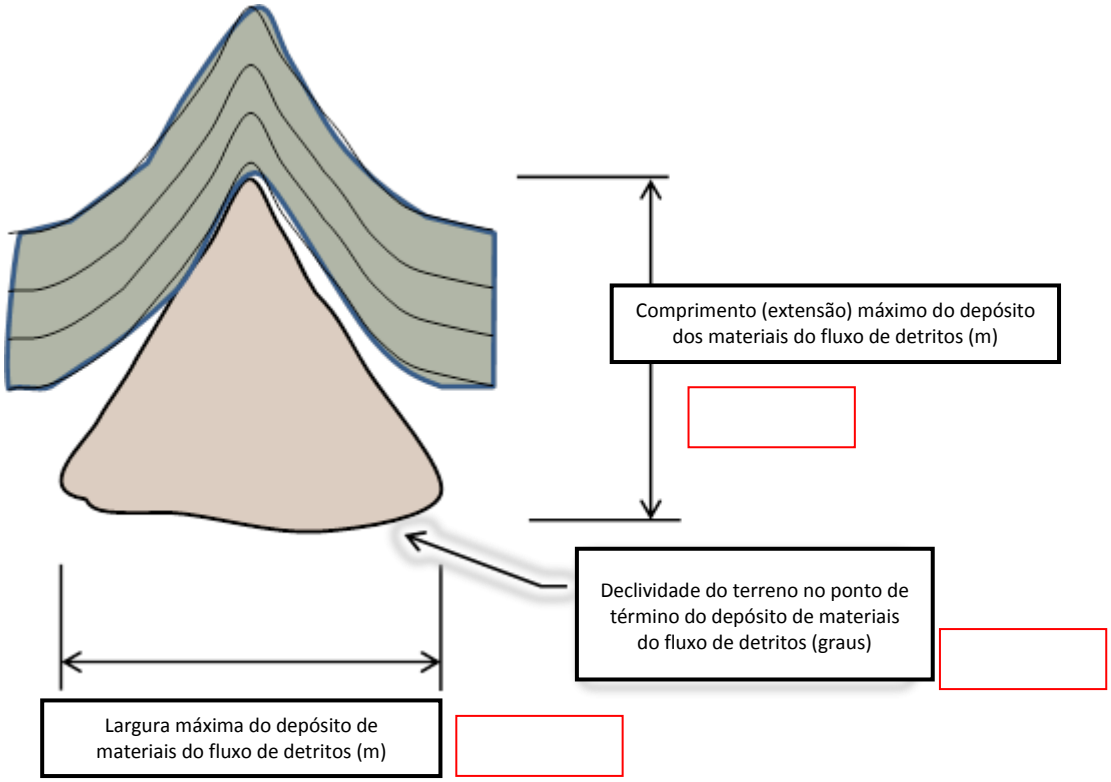


Foto - Panorâmica da área fonte e de atingimento	Foto - Detalhe da área fonte
Foto - Detalhe da área de atingimento	Foto - Detalhe de indício precursor

Inserir fotos representativas de cada cenário. Caso existam mais fotos representativas, favor anexá-las ao formulário.

APÊNDICE D: MODELO DE ALERTA DETALHADO

1/2 (frente)

Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

ALERTA: 0035/2016

DATA: 23/02/2016 **HORA**: 10:35

ATUALIZAÇÃO: 2

ABRANGÊNCIA DO ALERTA:
ESTADO: RJ
MUNICÍPIO: Nova Friburgo
BLOCO: Norte

PROCESSO ALERTADO: Deslizamento planar e fluxo de detritos.

NÍVEL DO ALERTA: Muito Alto.

DESCRIÇÃO DE ALERTA:
Eventos podem ser deflagrados a partir da próxima hora.

ESTAÇÃO QUE EXCEDEU O LIMIAR: Centro Fluminense

RECOMENDAÇÕES À DEFESA CIVIL:
Proceder conforme o Plano de Contingência do Município para o cenário alertado.

ORGANIZAÇÃO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO: Cemaden
Telefone: 55 (12) 3205-
Endereço eletrônico: operacao@cemaden.gov.br

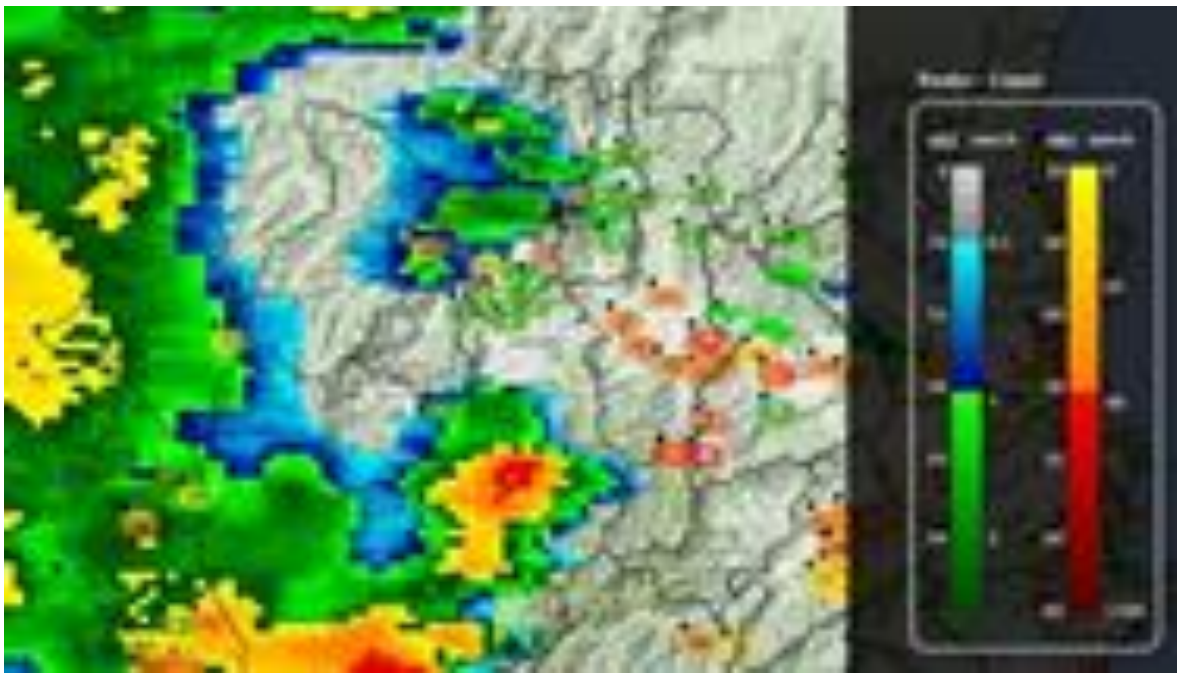
PREVISÃO DE TEMPO:
É esperado que a chuva prossiga forte no Norte do estado do Rio de Janeiro, nas próximas 6 horas.

PARA INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE O TEMPO:
CPTEC http://tempo.cptec.inpe.br/tempo/in
CIRAM http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php
Cemaden http://www.Cemaden.gov.br/mapainterativo/#

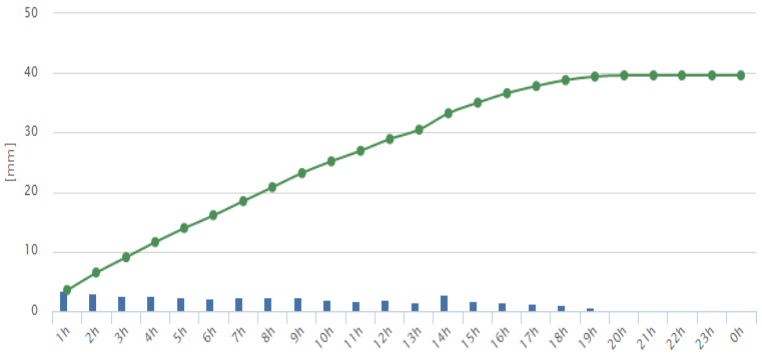
SITUAÇÃO EM ÁREAS VIZINHAS

DATA DA TRANSMISSÃO DO ALERTA	HORA	ATUALIZAÇÃO	ABRANGÊNCIA DO ALERTA	NÍVEL DO ALERTA
21/2/2016	22:16	1	Nova Friburgo – Bloco Norte	Alto
21/2/2016	23:08	1	Petrópolis	Alto
22/2/2016	10:35	2	Nova Friburgo – Bloco Norte	Muito Alto

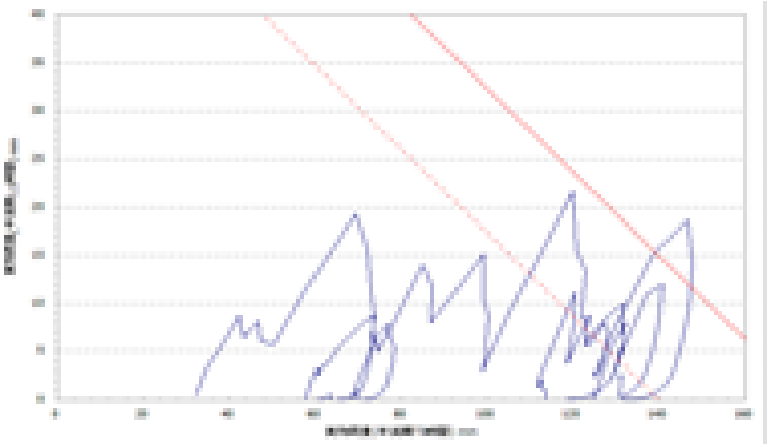
IMAGENS DE RADAR



CHUVA ACUMULADA



CURVA COBRA

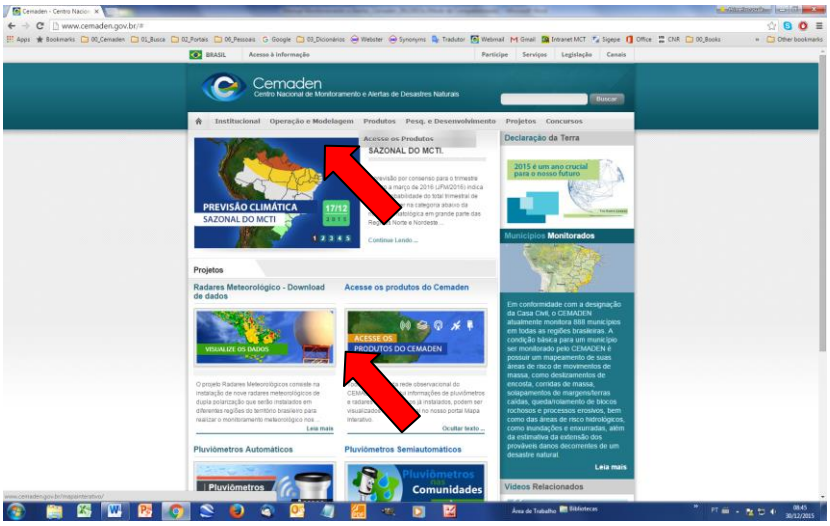


APÊNDICE E: MANUAL DE ACESSO AO MAPA INTERATIVO DO CEMADEN

1. Acesso

O usuário poderá interagir com o Mapa Interativo através de uma interface gráfica amigável, na qual os ícones de *Menu* de Camadas possibilitam a navegação pelas várias funcionalidades disponibilizadas. Uma vez acessada a página do Cemaden (www.cemaden.gov.br), clica-se sobre o ícone referente à aba "Produtos" e em "Acesse os produtos", mostrada na **Figura E1**. Outra opção é, na página principal, clicar sobre a janela de notícias referente ao Mapa Interativo.

Figura E1: Opções de acesso do Mapa Interativo



No Mapa Interativo aparecerá em uma nova aba, como mostrado na **Figura E2**. Como padrão inicial, as camadas ativas serão os radares do Cemaden, os limites estaduais e a localização do Cemaden. Porém, existem várias outras camadas disponíveis, organizadas por grupos, com diversas funcionalidades para ajudar o usuário a obter informações do município ou estado desejado, conforme descrito nos itens a seguir.

Figura E2: Aba do Mapa Interativo

Fonte: http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/.

2. Como utilizar

O acesso às várias funcionalidades é feito por intermédio dos ícones do *Menu* de Camadas (**Figura E3)**. Há três conjuntos principais de camadas, conforme sua finalidade:

a) Customização do Mapa Interativo: as opções de "camadas diversas", "camadas ativas" e "legendas" são utilizadas para deixar o Mapa Interativo com o aspecto que cada usuário deseja;

b) Camadas de dados: permitem o acesso aos dados dos "Radares Meteorológicos", dos "Satélites", das "Estações" (Pluviômetros Automáticos e Estações Hidrológicas), bem como ao "*Download* de dados" necessários;

c) Opções de ajuda: contém os tutoriais de ajuda referentes aos tópicos das "Camadas Padrão", "Camada Pluviômetro", "Camada Radar" e "Camada Satélite".

Nos itens subsequentes, cada uma das funcionalidades do Menu de Camadas será descrita em detalhe.

Os formatos de data (mm/dd/aaaa) e de hora (hh/mm/ss PM ou hh/mm/ss AM) no Mapa Interativo seguem o padrão americano. Da mesma forma, o horário utilizado é o GMT, ou seja, deve-se somar 3 horas ao horário mostrado para se obter o horário oficial de Brasília (ou 2 horas quando da vigência do horário de verão).

➢ Camadas diversas

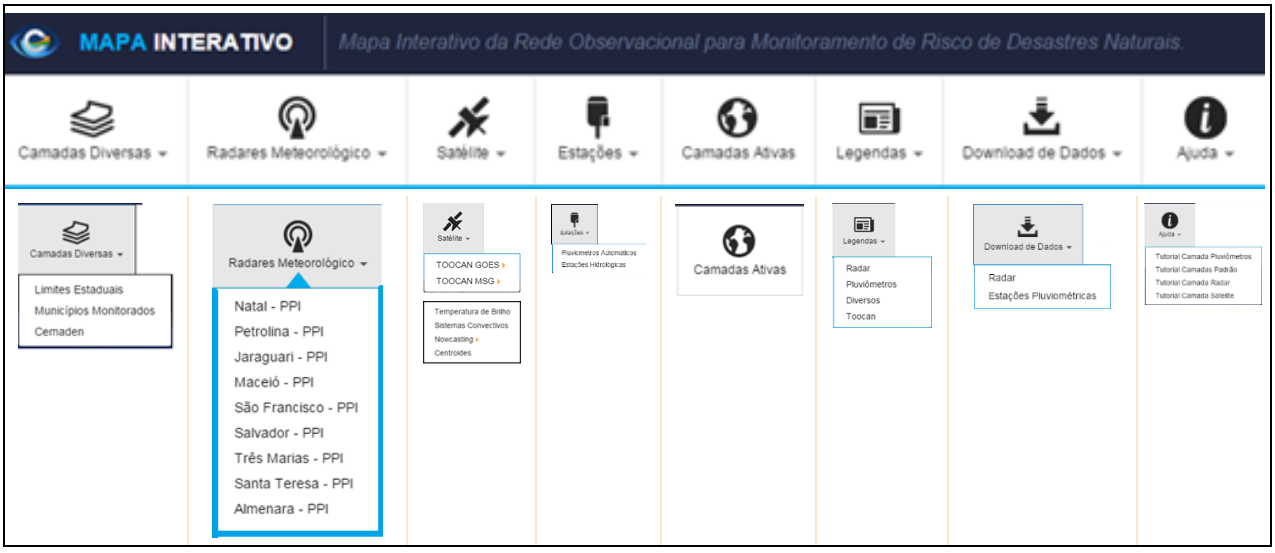
Referem-se à indicação dos limites administrativos que se deseja que sejam exibidos durante a utilização do Mapa Interativo:

a) **Limites estaduais**: é o limite dos estados brasileiros inserido sobre o mapa base.

b) **Municípios monitorados**: insere sobre o mapa base o limite de todos os municípios monitorados pelo Cemaden.

c) **Cemaden**: insere sobre o mapa base a localização das unidades do Cemaden no Brasil.

Figura E3: Detalhes do *Menu* de camadas do Mapa Interativo



➢ Radares meteorológicos

Uma vez acessada a camada Radar Meteorológico é possível selecionar as informações referentes a cada um dos radares da rede Cemaden. Atualmente, o Cemaden já possui nove radares instalados, sendo prevista a instalação de mais doze nos próximos anos (**Tabela E1**).

Tabela E1: Relação de radares meteorológicos do Cemaden

Região	Município/Estado	Sigla	Status	
			Operacional	Previsto
Norte	-	-	-	-
Nordeste	Teresina (PI)		-	X
	Natal (RN)	NT1	X	-
	Imperatriz (MA)	-	-	X
	Patos (PB)	-	-	X
	Petrolina (PE)	PE1	X	-
	Maceió (AL)	MC1	X	-
	Bom Jesus (PI)	-	-	X
	Salvador (BA)	SV1	X	-
	Lençóis (BA)	-	-	X
	Luís Eduardo Magalhães (BA)	-	-	X
Centro-Oeste	Jaraguari (MS)	JG1	X	-
Sudeste	Almenara (MG)	AN1	X	-
	São Francisco (MG)	SF1	X	-
	Três Marias (MG)	TM1	X	-
	Santa Teresa (ES)	ST1	X	-
	Prata (MG)	-	-	X
	São Carlos (SP)	-	-	X
	São José dos Campos (SP)	-	-	X
	Iporanga (SP)	-		
Sul	Chapecó (SC)	-	-	X
	Porto Alegre (RS)	-	-	X

Quando se clica sobre um determinado radar meteorológico, é mostrado o seu raio de abrangência, sendo possível verificar se o município de interesse é ou não abrangido pelo referido radar. Além dessa informação, também é mostrada uma legenda na forma de palheta de cores que associa a refletividade do radar à taxa de chuva estimada para as localidades abrangidas.

No momento, somente os radares localizados nos municípios de Natal, Petrolina, Maceió e São Francisco contam com círculos concêntricos indicativos de distância (de 20 em 20 km), no Mapa Interativo.

A atualização das imagens do radar não é imediata; ao clicar sobre o radar desejado, deve-se aguardar até cerca de 5 minutos para que a atualização se complete.

Com as informações do radar meteorológico é possível acompanhar os sistemas atmosféricos que estão se dirigindo e ou atuando sobre o município monitorado.

- **Satélite**

O ícone de seleção dos produtos de satélite dá acesso aos dados dos seguintes satélites:

a) GOES (do inglês, *Geostationary Operational Environmental Satellite*), da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos (NOAA);

b) MSG (do inglês, *Meteosat Second Generation*), da Agência Espacial Europeia (ESA).

Os produtos do TOOCAN (*Tracking of Organized Convection Algorithm using a tridimensional segmentatioN*) podem ser gerados a partir da imagem infravermelha dos satélites GOES ou do MSG. Esse algoritmo tem como objetivo identificar, rastrear e prever em três dimensões as células precipitantes. Assim, o algoritmo realiza a separação entre a parte convectiva e a estratiforme dos sistemas convectivos de mesoescala (MCS) e utiliza um modelo linear de crescimento e de dissipação destes núcleos, exibindo a evolução simétrica das superfícies de nuvens frias dos MCS. Esse algoritmo e as imagens infravermelhas dos satélites têm garantido a prévia detecção dos

sistemas convectivos no estágio inicial (crescimento) e, posteriormente, dos estágios de dissipação (Fiolleau e Roca, 2013).

São disponíveis os seguintes produtos TOOCAN:

a) **Temperatura de brilho**: A temperatura do topo das nuvens mais frias é realçada, sendo representados apenas os topos mais frios, os quais normalmente estão associados a núcleos convectivos. A temperatura dos topos, mostrada na legenda, varia entre 190 a 235 K. Para converter a temperatura de Kelvin para graus Celsius, deve-se subtrair 273 do valor original em Kelvin;

b) **Sistema convectivo**: A partir de um limiar de temperatura de brilho previamente escolhido, é determinado o número de núcleos convectivos detectados pela segmentação do TOOCAN (indicados em diferentes cores), os seus centroides (apresentados em preto) e a direção para a que esses núcleos se deslocam;

c) **Previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 30, 60, 90 e 120 minutos):** opções para a análise da tendência de crescimento ou de dissipação dos núcleos convectivos detectados, bem como de sua direção;

d) **Centroides:** apresentam informações sobre os núcleos convectivos detectados, tais como tamanho (km²), tamanho do núcleo frio (km²), temperatura mínima (K), duração (h), taxa de evolução (km²/h), velocidade (m/s), latitude, longitude e fração convectiva (%).

- **Estações**

O ícone Estações, do *Menu* de Camadas, permite acesso aos dados dos pluviômetros automáticos e das estações hidrológicas.

O pluviômetro automático é um equipamento usado para recolher, medir e transmitir automaticamente a informação sobre a quantidade de chuva precipitada durante um determinado tempo em um determinado local.

A estação hidrológica tem como finalidade medir o nível da água em um determinado ponto de um rio, bem como medir a quantidade de chuva ali precipitada. Ambas as informações são igualmente transmitidas de modo automático para o Cemaden.

Ambos os equipamentos, pluviômetro automático e estação hidrológica, estão cada qual associados a uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD).

Pluviômetros automáticos

Ao acessar a camada "Pluviômetros Automáticos", a localização dos pluviômetros disponíveis é mostrada para todo o Brasil, bem como suas respectivas taxas de chuva acumulada nas últimas 24 horas. Da mesma forma, a legenda relativa à pluviometria é mostrada, com os valores das faixas de chuva associados à escala de cores (**Figura E4)**.

Para melhor visualizar o município desejado, às vezes, é necessário ampliar ou diminuir a escala do Mapa Interativo. Isto se faz com o auxílio de um *box* contendo os ícones para ampliação do *zoom* (zoom in), diminuição do *zoom* (*zoom out*) e para carregamento da escala inicial do Mapa Interativo (**Figura E5**).

Figura E4: Legenda da camada pluviômetro automático

Figura E5: Ferramentas de zoom

No Mapa Interativo, ao clicar-se sobre uma determinada estação, abrir-se-á uma nova aba com os dados de chuva acumulada para a estação selecionada, incluindo:

a) Gráfico de chuva acumulada nas últimas 4 horas (mm/10 minutos);

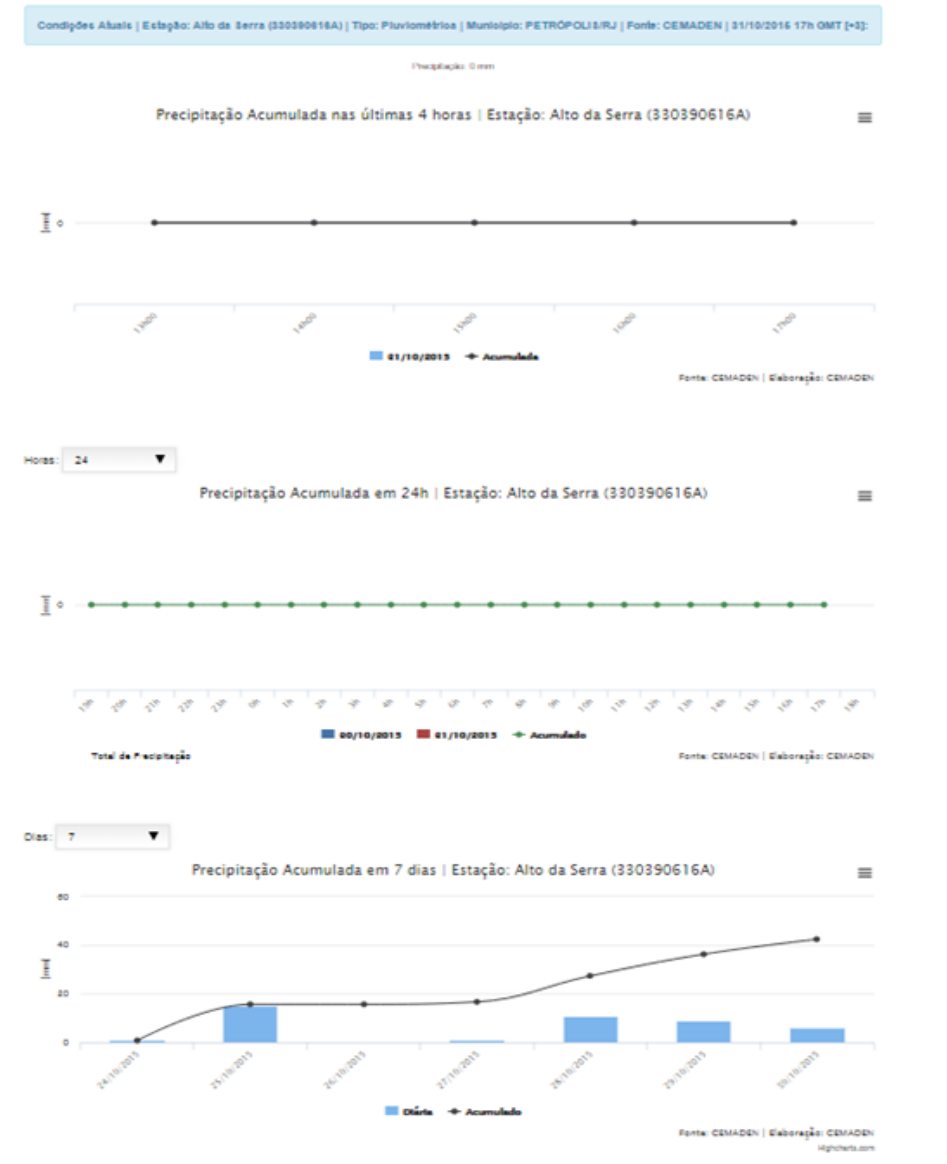
b) Gráfico de chuva acumulada nas últimas 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90 ou 96 horas (mm/hora);

c) Gráfico de chuva acumulada nos últimos 7, 14, 21, 28 ou 35 dias (mm/dia);

d) Tabela de chuva acumulada nos últimos 10 minutos, e 1, 6, 24, 72 e 96 horas.

Na **Figura E6a** estão mostrados os gráficos para a estação de Alto da Serra, do município de Petrópolis/RJ, enquanto que na **Figura E6b** está apresentada a tabela de chuva acumulada para todos os pluviômetros do Município de Petrópolis/RJ. Ainda pelos dados da **Figura E6b**, é possível checar dados de estações próximas, bem como distinguir aquelas que não estão temporariamente enviando dados, pois requerem manutenção.

Figura E6: Chuva acumulada de pluviômetros do Município de Petrópolis, RJ



(a)

UF	Cidade	Nome	Data	Último	1	6	24	72	96	Nível de Acumulado (mm/24h)	Gráficos	Tabelas
	petrópolis											
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada do Brejal	03/08/15 16:00	0								
RJ	PETRÓPOLIS	Correas										
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada do Cantagalo	19/12/15 17:00	0				0	0.63			
RJ	PETRÓPOLIS	Vale do Cuiabá2	19/12/15 19:00	0				0	0			
RJ	PETRÓPOLIS	Saldanha Marinho	06/12/14 12:10	0.4								
RJ	PETRÓPOLIS	Independência2	09/08/15 17:00	0								
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada Petrópolis/Teresópolis	22/12/15 05:00	0		0	19.85	55.09	55.69			
RJ	PETRÓPOLIS	Morin	22/12/15 05:00	0		0	5.2	30.66	30.66			
RJ	PETRÓPOLIS	Vale do Cuiabá	22/12/15 06:00	0	0	0	2.57	26.61	26.61			
RJ	PETRÓPOLIS	Independência	22/12/15 06:00	0	0	0	2.17	6.72	6.72			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Parana/Quitandinha	22/12/15 06:00	0	0	0	1.58	6.91	6.91			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Araruama/Quitandinha	22/12/15 05:20	0		0.99	1.19	8.39	8.79			
RJ	PETRÓPOLIS	Vila Constância	22/12/15 06:00	0	0	0	0.6	25.63	25.63			
RJ	PETRÓPOLIS	Alto da Serra	22/12/15 06:00	0	0	0.2	0.4	7.69	7.69			
RJ	PETRÓPOLIS	Mosela	22/12/15 06:00	0	0	0.2	0.2	23.64	23.64			
RJ	PETRÓPOLIS	Itaipava2	22/12/15 06:00	0	0	0	0	40.67	40.67			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Amazonas/Quitandinha	22/12/15 06:00	0	0	0	0	0	0			
RJ	PETRÓPOLIS	Araras	22/12/15 06:00	0	0	0	0	58.43	58.43			
RJ	PETRÓPOLIS	Itaipava	21/12/15 15:00	0			0	58.54	58.54			
RJ	PETRÓPOLIS	CIEP Brizolão137	22/12/15 06:00	0	0	0	0	30.49	30.49			
RJ	PETRÓPOLIS	Pedro do Rio	22/12/15 06:00	0	0	0	0	10.04	10.04			
RJ	PETRÓPOLIS	Alto da Serra	22/12/15 05:00	0		0	0	10.04	10.04			
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada da Cachoeira	22/12/15 06:00	0	0	0	0	21.15	21.15			
RJ	PETRÓPOLIS	Araras 2	22/12/15 06:00	0	0	0	0	57.57	57.77			
RJ	PETRÓPOLIS	CIEP Brizolão 281	22/12/15 06:00	0	0	0	0	2.18	2.18			
RJ	PETRÓPOLIS	Vila Rica	22/12/15 06:00	0	0	0	0	25.85	25.85			
RJ	PETRÓPOLIS	Nogueira	22/12/15 06:00	0	0	0	0	49.93	49.93			

(b)

Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

Estações hidrológicas

Ao acessar a camada “Estações hidrológicas”, a localização das estações hidrológicas é mostrada para todo o Brasil, bem como suas respectivas taxas de chuva acumulada nas últimas 24 horas. Da mesma forma, a legenda relativa à pluviometria é mostrada, com os valores das faixas de chuva associados à escala de cores (**Figura E7)**. As opções de *zoom* (**Figura E8)** são igualmente aplicáveis. Clicando sobre a estação hidrológica desejada, será apresentada uma nova aba, com os seguintes conteúdos:

a) Gráfico da chuva acumulada nas últimas horas (1, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84 ou 96) (**Figura E7a**);

b) Gráfico do nível de água no curso d’água nas últimas horas (1, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84 ou 96) (**Figura E7b**);

c) Imagens do leito do rio a montante da estação (**Figura E8**). Na maioria das vezes, nestas imagens, também se pode distinguir a margem do curso d’água.

Os dados de nível d’água no rio e a foto são atualizados a intervalos de 10 em minutos (enquanto persistir a chuva continua) ou de hora em hora (caso ocorra o fim da chuva). A foto tem como finalidade auxiliar o monitoramento das margens do rio e permitir a visualização da onda de propagação de cheia passando pela estação hidrológica.

Figura E7: (a) Chuva acumulada nas últimas 24 horas, e
(b) nível do rio nas últimas 24 h, na estação hidrológica de Rio Negrinho, SC

Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

Figura E8: Foto da câmara da estação hidrológica de Rio Negrinho, SC

Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

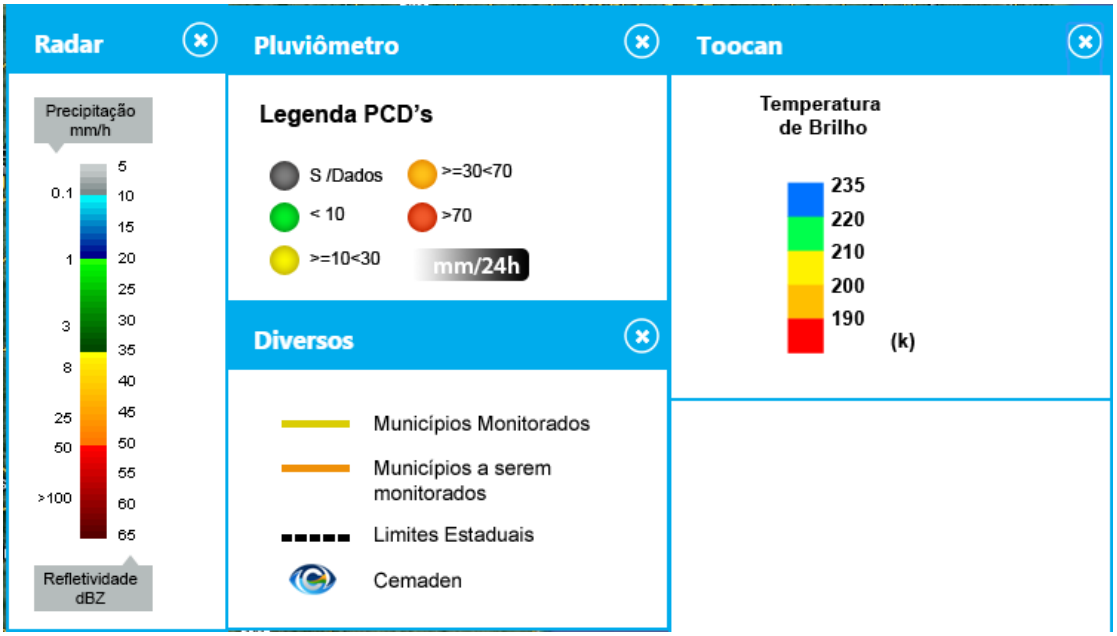
- **Camadas Ativas**

O ícone “camadas ativas” é acionado somente quando se deseja exibir a relação das camadas que estão ativas (sendo visualizadas) no momento. A partir desse menu, pode-se efetuar a desativação de camadas que não tenham utilidade na busca de dados para o município de interesse e ou que não estejam em uso no momento, as quais, por consequência, deixarão de ser exibidas no Mapa Interativo, até posterior ativação.

➢ **Legendas**

A partir do menu de camada das “Legendas” pode-se acessar as legendas referentes ao radar meteorológico, estações (pluviômetros), satélite (Toocan), além da legenda das camadas diversas (**Figura E9**).

Figura E9: Camadas da aba Legenda



Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

➢ ***Downloads* de Dados**

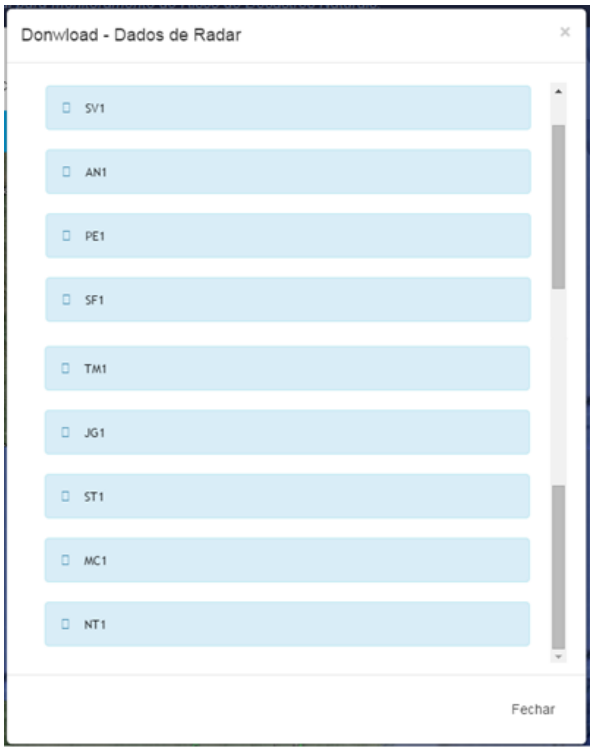
Por meio da camada de “Downloads de dados”, podem-se obter os arquivos de dados dos pluviômetros automáticos e dos radares meteorológicos do Cemaden.

a) No caso dos dados de radar, ao acionar o ícone radar, abre-se uma nova caixa de diálogo na qual é necessário indicar a sigla do radar desejado (**Figura E10**);

b) Para os dados de pluviômetros, por sua vez, um conjunto de informações deve ser fornecido para que a coleta seja efetuada (**Figura E11**); são elas: (i) estado; (ii) mês; (iii) ano; (iv) nome do solicitante; (v) endereço eletrônico do solicitante. Depois de digitado corretamente o código alfanumérico informado e acionado o ícone “download”, uma mensagem eletrônica será transmitida ao solicitante com o *link* para acesso aos dados solicitados.

Cabe ainda comentar que, não para fins de monitoramento, mas de pesquisa científica, os dados podem ainda ser obtidos de instituições parceiras por intermédio dos *WebServices* (WS) desenvolvidos para disponibilização dos dados da rede de Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) do Cemaden e redes parceiras (**Quadros E1 a E9**). Trata-se de uma forma mais simples e prática, na qual o usuário cadastrado efetua a busca e obtém o dado diretamente a partir da linha de comando do seu software preferido de navegação na rede mundial de computadores (tais como o *Internet Explorer* ou o *Google Chrome*).

Figura E10: Tela de opções de radares disponíveis para downloads de dados



Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

Figura E11: Tela de informações para downloads de dados de pluviômetro

Fonte: Mapa interativo do Cemaden.

- **Ajuda**

Nesta aba, o usuário poderá acessar vários tutoriais sobre como utilizar as camadas de visualização de dados de radar, satélite, pluviômetros e estações hidrológicas.

Cada um dos tutoriais apresenta animações que abordam de modo rápido os tópicos-chave para o uso das principais funcionalidades do Mapa Interativo.

Quadro E1: Dados para montagem de busca de dados via Webservice

Item	Descrição
Webservice	Identificação do tipo de Webservice para a consulta (**Quadro 18**)
Chave	Chave de acesso para identificação do usuário
Inicio	Início do período a ser consultado (no formato AAAAMMDDHHMM)
Fim	Fim do período a ser consultado (no formato AAAAMMDDHHMM)
Rede	Identificação da rede (**Quadro 19**)
Município	Código do IBGE para identificação do município
UF	Unidade Federativa referente à localização das PCDs (letras maiúsculas)
Tipo_PCD	Identificação do tipo da estação (PCD) que se deseja consultar (**Quadro 20**)
Sensor	Identificação do sensor caso se deseje consultar valores de um sensor específico (**Quadro 21 a 25**)
Exemplos de Busca	http://150.163.255.246:19393/dados_rede?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11& inicio=201412050000&fim=201412051000&uf=SP http://150.163.255.246:19393/dados_rede?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11& inicio=201412050000&fim=201412050500&uf=MG&tipo_pcd=1
	http://150.163.255.246:19393/dados_pcd?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11& inicio=201412050000&fim=201412050500&codigo=310620013A

Quadro E2: Tipo de Webservice

ID	Tipo de Consulta	Máximo Período para Consulta
PCD	Uma PCD das redes parceiras (http://150.163.255.246:19393/dados_pcd)	31 dias
Rede	Todas as PCDs das redes parceiras (http://150.163.255.246:19393/dados_rede)	24 horas

Quadro E3: Redes parceiras

ID	Instituição	Sigla
3	Instituto Nacional de Meteorologia	INMET
9	Instituto Estadual do Ambiente	INEA
10	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos	CEARA/FUNCEME
11	Cemaden	Cemaden
12	SIMEPAR	SIMEPAR

Quadro E4: Tipos de estação a ser investigada

ID	Descrição	ID	Descrição
1	Pluviométrica	6	Telemétrica
2	Meteorológica	7	Pesquisa
3	Hidrológica	8	Hidrometeorológica
4	Agrometeorológica	9	Fluviométrica
5	Acqua		

Quadro E5: Sensores da Rede INMET

ID Sensor	Descrição	Frequência	ID Sensor	Descrição	Frequência
10	chuva	Horária	130	tempo_seco_min	Horária
40	bateria	Horária	140	tempo_seco_max	Horária
50	temperatura_interna	Horária	150	pressao_atmosferica	Horária
60	temperatura_ar	Horária	160	pressao_atmosferica_max	Horária
70	temperatura_ar_max	Horária	170	pressao_atmosferica_min	Horária
80	temperatura_ar_min	Horária	180	velocidade_vento	Horária
90	umidade_relativa	Horária	190	direcao_vento	Horária
100	umidade_relativa_max	Horária	200	velocidade_vento_max	Horária
110	umidade_relativa_min	Horária	210	radiacao_solar	Horária
120	tempo_seco	Horária			

Quadro E6: Sensores da Rede INEA

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	chuva	15 min
20	nível	15 min

Quadro E7: Sensores da Rede Funceme

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	Chuva	Diária

Quadro E8: Sensores da Rede Simepar

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	Chuva	Horária

Quadro E9: Sensores da Rede Cemaden

		Tipo de Estação				
ID Sensor	Descrição	Frequência	Pluviométrica	Hidrológica	Agrometeorológica	Acqua
10	chuva	H*				
20	nível	H				
60	temperatura_ar	H				
90	umidade_relativa	H				
180	velocidade_vento	H				
190	direcao_vento	H				
210	radiacao_solar	H				
240	intensidade_precipitacao	H*				
260	nivel_min	H				
270	nivel_max	H				
280	saldo_radiacao	H				
290	temperatura_solo_nivel1	H				
300	temperatura_solo_nivel2	H				
310	temperatura_solo_nivel3	H				
320	temperatura_solo_nivel4	H				
330	umidade_solo_nivel1	H				
340	umidade_solo_nivel2	H				
350	umidade_solo_nivel3	H				
360	umidade_solo_nivel4	H				
370	temperatura_ar_max	D				
380	temperatura_ar_min	D				
390	umidade_relativa_max	D				
400	umidade_relativa_min	D				
410	velocidade_vento_max	D				
420	direcao_vento_na_velocidade_max	D				
430	direcao_vento_predominante	D				
440	temperatura_solo_nivel1_max	D				
450	temperatura_solo_nivel1_min	D				
460	temperatura_solo_nivel2_max	D				
470	temperatura_solo_nivel2_min	D				
480	temperatura_solo_nivel3_max	D				
490	temperatura_solo_nivel3_min	D				
500	temperatura_solo_nivel4_max	D				
510	temperatura_solo_nivel4_min	D				
520	umidade_solo_nivel1_max	D				
530	umidade_solo_nivel1_min	D				
540	umidade_solo_nivel2_max	D				
550	umidade_solo_nivel2_min	D				
560	umidade_solo_nivel3_max	D				
570	umidade_solo_nivel3_min	D				
580	umidade_solo_nivel4_max	D				
590	umidade_solo_nivel4_min	D				
600	precipitacao_acumulada	D				

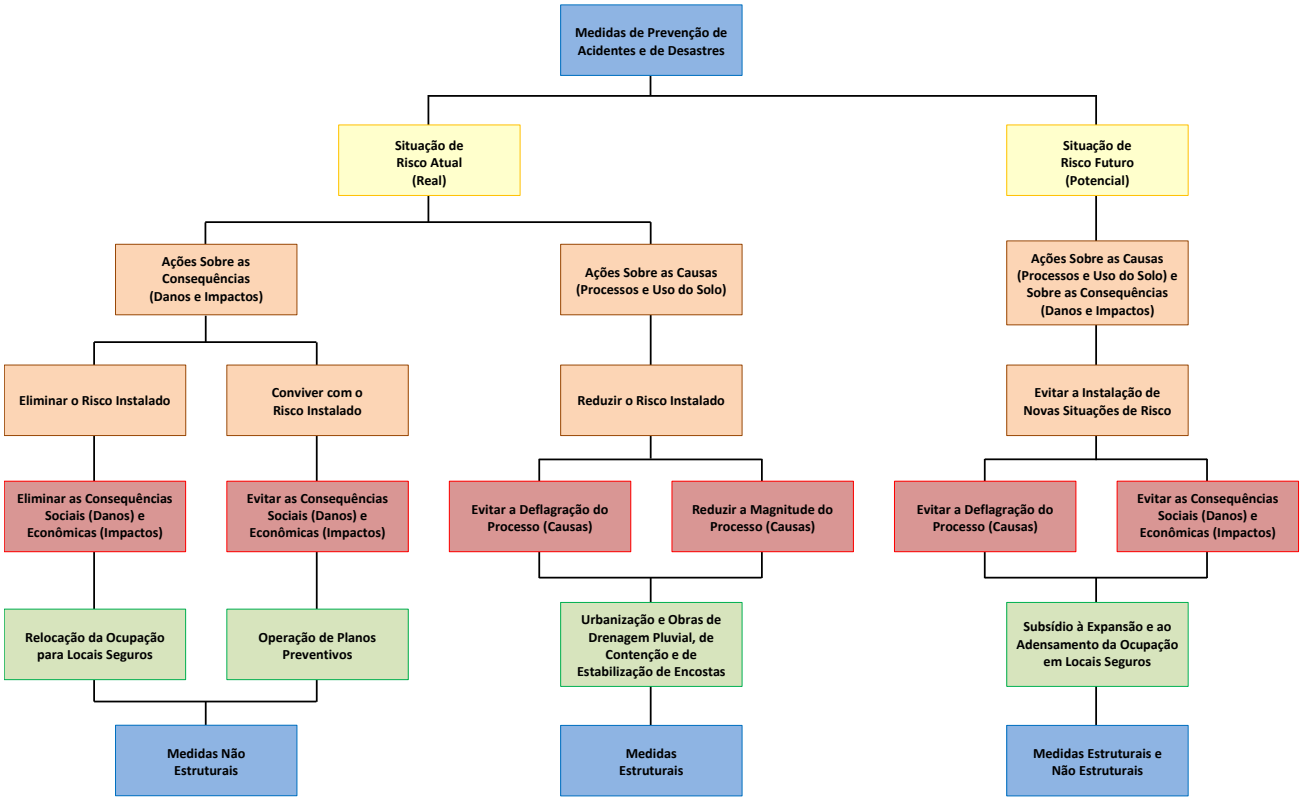
Legenda: H - Horária
D - Diária
H* - Horária quando **não** está chovendo, caso contrário, a cada 10 min

APÊNDICE F: AÇÕES DE PREVENÇÃO

A prevenção é fundamental para o gerenciamento de áreas de risco, pois nessa fase é possível minimizar ou evitar perdas em decorrência dos acidentes e desastres.

As atividades de prevenção de desastres naturais envolvem medidas que possibilitam a proteção da população e de seus bens, compreendendo a formulação de métodos, de técnicas e de ações contra acidentes, e de ações de segurança e de proteção da população (**Figura F1**). Essas medidas são comumente classificadas como estruturais, quando envolvem a aplicação de soluções de engenharia, e não-estruturais quando relacionadas às políticas urbanas, ao planejamento urbano, à legislação, aos planos de defesa civil e à educação aplicada à redução do risco.

Figura F1: Medidas estruturais e não-estruturais de prevenção de acidentes e desastres naturais



Fonte: Modificado de Cerri, 1993.

Em relação às medidas não estruturais citadas na **Figura F1**, é importante destacar os aspectos de educação aplicada[21] à percepção de risco, a qual, no contexto do monitoramento e alerta, deve priorizar os seguintes aspectos, em sua atuação junto às Defesas Civis Municipais e junto à população das áreas de risco:

a) Entendimento dos processos:

   i. Quanto aos tipos: deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos, queda de blocos ou de lascas de rocha etc.;

   ii. Quanto às suas causas: meio físico (solo, declividade etc.); chuva, umidade e poro pressão no solo; e ações antrópicas;

   iii. Contextos de ocorrência: área fonte, área de atingimento;

[21] Educação aplicada: entendida como aquela que acontece no contexto formal (sistemas de ensino público ou privado), não formal (ONGs) e informal (mídias), visando à transmissão de conhecimentos, à mobilização e à participação, com emprego de conceitos de aprendizagem significativa, ou seja, de aprendizagem ancorada em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, seja ele um agente da DCM e ou morador da área de risco.

iv. Limitações de conhecimento (temporal, espacial, de monitoramento, incertezas etc.);

b) Entendimento do risco:

i. Aspectos múltiplos: físicos (ex.: força x resistência), aspectos de vulnerabilidade (ex.: idade, escolaridade), econômicos (ex.: impactos diretos e indiretos), sociais (ex.: por que surgem e por que permanecem?), jurídicos (ex.: quais são as responsabilidades de cada um?);

ii. Contextos: relação do indivíduo, do profissional, da comunidade e do poder público com o risco;

c) Entendimento da gestão compartilhada:

i. Ações: prevenção, mitigação, preparação para resposta, resposta, recuperação;

ii. Focos: precisão dos limiares, antecipação dos alertas e dos alarmes, clareza das mensagens e aplicabilidade operacional (dos alertas, alarmes, aviso, boletins etc.), custos otimizados, sinergia, melhoria contínua;

iii. Atores, suas funções e suas responsabilidades: União, estados, municípios, comunidades e indivíduos.

Os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais e os fluxos de detritos são processos que têm causas naturais e causas antrópicas, sendo estas últimas decorrentes de incorretas práticas de uso e ocupação do solo, e hábitos do dia-a-dia da população das áreas de risco. Dentre tais práticas, destacam-se:

a) Execução de cortes de grande amplitude e ou inclinação e de aterros lançados na encosta;

b) Concentração de águas pluviais;

c) Lançamentos e ou infiltração de esgotos e de águas servidas;

d) Sobrecarga de edificações de grande porte construídas na encosta;

e) Vazamentos de redes de água e de reservatórios enterrados;

f) Desmatamento e ou plantio de vegetação inadequada na encosta;

g) Lançamento irregular de lixo (resíduos de construção e demolição - RCD e ou de resíduo sólido municipal - RSM) na encosta.

É importante que as secretarias municipais que cuidam do cadastro e do banco de dados relativos às áreas de risco gerem informações e indicadores que subsidiem a elaboração dos planos de contingência, dos planos de obras e do plano de educação aplicada à prevenção e à capacitação da população e dos integrantes dos Núcleos Comunitários de Prevenção e Defesa Civil (NUPDECs).

A seguir, são destacados alguns procedimentos que devem ser combatidos nas áreas de risco. Recomenda-se a leitura de cartilhas elaboradas por órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais) e por Organizações Não-Governamentais (ONGs) são boas fontes de consulta em termos de boas-práticas.

1. Práticas que conduzem ao aumento do risco de movimentos de massa

1.1 Cortes e aterros para construção de moradias

A escavação do solo em terrenos inclinados, formando taludes de corte e de aterro, é uma prática muito comum, concebida para formar patamares onde são construídas edificações ou os acessos viários (**Figura F2**). A execução destes cortes, na maioria das vezes, traz como consequência o descalçamento de trechos da encosta, reduzindo ou mesmo eliminando o efeito das forças que mantêm o equilíbrio e a estabilidade das encostas (empuxo passivo). Outro problema é a exposição do perfil de solo, que ficará sujeito à ação das gotas de chuva e ao escoamento das águas pluviais, muitas vezes sofrendo erosão e ou propiciando a infiltração das águas que, por sua vez, aumentam o peso das camadas de solo e promovem a redução da sua estabilidade.

Os aterros lançados nas encostas são altamente suscetíveis a deslizamentos (**Figura F3**), sobretudo quando efetuados sem a prévia limpeza de vegetação e de resíduos sobre o solo. Outro agravante é a ausência de compactação e de estruturas de drenagem pluvial, o que os tornam muitos suscetíveis à erosão e à infiltração das águas, com as consequências já destacadas.

Figura F2: Vista de corte em encosta de área de risco

Foto: Oliveira, 2005.

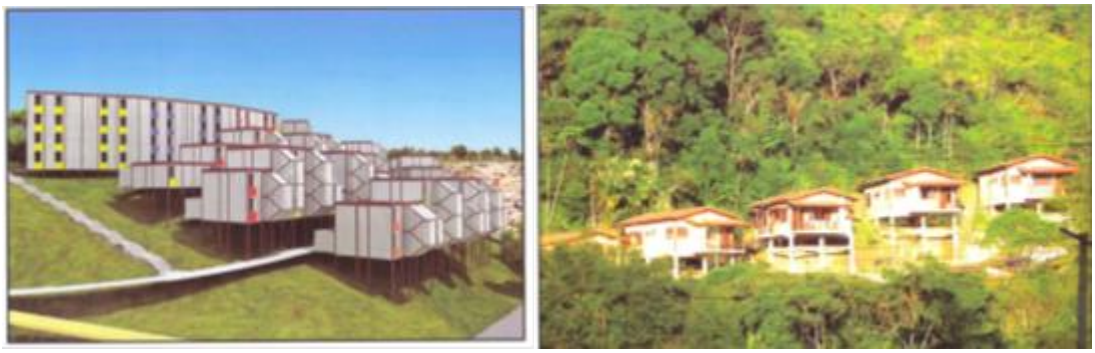
Figura F3: Vista de aterro lançado em encosta de área de risco

Foto: Oliveira, 2005.

1.2 Padrão construtivo inadequado às condições da encosta

As edificações em terrenos suscetíveis a movimentos de massa resultam em diferentes níveis de criticidade, dependendo diretamente das diferentes formas e padrões de construção utilizados. O mais indicado é que não sejam executados cortes ou aterros, adotando-se o formato de palafitas erigidas sobre colunas cravadas na superfície, evitando-se o contato com o solo (**Figura F4**).

Figura F4: Padrão construtivo em encostas com alta declividade



Fonte: Santos, 2012.

Outro aspecto associado é o porte excessivo da edificação, que pode acarretar sobrecargas significativas e diminuir a estabilidade da encosta, potencializando a movimentação dos terrenos. Nesse quesito, o poder público deve promover ações de fiscalização que impeçam a ampliação de edificações existentes (**Figura F5**).

FiguraF5: Vista de edificações multipavimentos em área de risco

Foto: Andrade, 2015.

Por outro lado, moradias sem lajes de cobertura e barracos de madeira são altamente vulneráveis a queda de material das áreas mais elevadas, pois podem ser severamente afetadas mesmo quando atingidas por pequeno volume de terra e ou de detritos mobilizados, devendo ser objeto de especial atenção de agentes da defesa civil.

Conforme Matozinhos (2014), a NBR 15575 “Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - desempenho”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especifica a resistência a impacto que a parede de uma habitação deve possuir, informação relevante à prevenção de risco no contexto das áreas de risco de movimentos de massa.

1.3 Presença de água na encosta

Evitar a infiltração da água no solo da encosta deve ser uma preocupação constante nas áreas de risco, qualquer que seja a origem da água. Por outro lado, o escoamento concentrado também é um problema, sobretudo se ocorrer sobre o solo nu ou se não estiver associado a estruturas de dissipação da energia. Como regra geral, em hipótese alguma a água deve ser infiltrada ou lançada encosta abaixo.

A água da chuva é alvo prioritário. Nesse sentido, a água proveniente dos telhados deve ser tratada adequadamente, por meio do uso de calhas. Quintais e demais superfícies dos terrenos devem se impermeabilizados, ao máximo; as áreas externas às moradias (calçadas, ruas, caminhos escadas etc.) também devem receber igual atenção. Toda essa água pluvial deve ser direcionada para drenos revestidos, sendo conduzida de forma disciplinada.

Um fator geralmente negligenciado pelo poder público é a correta drenagem da água pluvial do sistema viário e da água de nascentes na região da encosta. Os moradores devem ser estimulados a manter tais sistemas drenagem (sejam aqueles de suas residências e os comunitários ou públicos) permanentemente limpos, de modo a possibilitar a livre passagem da água. Em encostas com lençol freático raso, pode ser avaliada a necessidade da drenagem profunda de tais áreas, ou seja, que sejam instalados sistemas de drenagem que promovam o rebaixamento do nível freático nestas regiões, de modo que a estabilidade do solo possa ser ampliada.

Importante ainda considerar as ações de manutenção e de periódica inspeção (operações caça-vazamentos) na rede pública de abastecimento de água, uma vez que mesmo a água oriunda de pequenos vazamentos pode configurar um fator bastante efetivo na deflagração de eventos (**Figura F6**). Reservatórios enterrados devem ser evitados, pelos motivos expostos.

Mesmo cuidado deve receber o afastamento do esgoto sanitário (**Figura F7**) e das águas servidas (descartadas da cozinha e da lavanderia).

Figura F6: Vazamento em rede de água em talude de corte

Foto: Mendes, 2013.

Figura F7: Vazamento de fossa em talude

Foto: .

Encostas secas são mais estáveis. É fundamental entender o prejuízo da água no solo da encosta. Em primeiro lugar a água aumenta o peso da encosta; o peso do solo úmido pode aumentar em mais de 50%, dependendo do tipo de material. Em segundo lugar, a água, por ser um lubrificante natural, diminui a coesão do solo, tornando-o mais propenso a se movimentar. Em terceiro lugar, em seu percurso através do solo e no seu sentido natural de sair da encosta, a água exerce uma força sobre o solo[22], a qual diminui a resistência da encosta (os deslizamentos rotacionais são fortemente influenciados por este fator).

1.4 Lançamento irregular de lixo na encosta

As áreas de risco devem contar com coleta periódica de resíduo sólido municipal (RSM) e de resíduos de construção e demolição (RCD), que garantam a correta destinação destes materiais.

Os RSMs acumulados nas encostas são problemáticos (**Figura F8**), com relação à movimentação de massa, pelas seguintes causas:

a) São heterogêneos, tanto em termos de composição (restos de alimentos, plástico, madeira, cimento, vidro, telhas etc.), tamanho (pedaços pequenos, médios e grandes) e formato (blocos, lascas etc.);

b) Depois da decomposição da matéria orgânica que contêm, dão origem a materiais de maior plasticidade e de menor resistência à movimentação;

c) Em geral, apresentam baixa coesão, sendo facilmente desagregados e deslocados por gravidade nas áreas em declive;

d) Formam um plano de descontinuidade inclinado com o solo da encosta que pode funcionar como superfície de deslizamento planar, sobretudo depois da decomposição parcial dos materiais descartados.

No caso dos RCDs, pelo elevado conteúdo em argamassa, cerâmica e concreto, têm peso elevado, aumentando a sobrecarga sobre a encosta. Da mesma forma que os RSM, apresentam alta porosidade, favorecendo o acúmulo de umidade que tanto eleva o seu peso como contribui para a desestabilização do material, em períodos críticos de chuva.

A dificuldade de acesso de caminhões compactadores de RSM e ou de caminhões poliguindaste para RCD deve ser superada por o uso de modelos de pequeno e médio porte. A coleta deve ser abrangente e com frequência mínima de três vezes por semana, de maneira a evitar que a população seja induzida ao lançamento irregular. Da mesma forma, o serviço de coleta deve ser porta a porta, tanto para resíduos úmidos (orgânicos) como para resíduos secos (recicláveis), se necessário, com o auxílio de gari comunitário, porém, evitando-se a colocação de contentores de grande porte, exceto para o caso dos RCDs, cujas caçambas de coletas devem preferencialmente em um ponto de entrega voluntária.

[22] Metodologia de gerenciamento da estabilidade de encosta na comunidade (MoSSaiC): tradução de *management of slope stability in communities*, da língua inglesa.

Figura F8: Depósito de resíduos em encosta íngreme

Foto: Mendes, 2014.

Antigos pontos de lançamento irregular de resíduos devem ser removidos. Situações de maior complexidade que impeçam a remoção imediata devem ser atentamente monitoradas pelas Defesas Civis Municipais, em especial nos casos em que existam ocupações e viário em posição de jusante, ao longo da área de atingimento no caso de uma potencial movimentação destes depósitos.

Nas áreas de risco é importante especial atenção quanto a:

a) qualidade dos serviços de limpeza urbana e de coleta de resíduos oferecidos, tendo em vista que estas áreas da cidade estão entre aquelas onde estes serviços são mais necessários;

b) sinalização e comunicação orientativa quanto aos pontos de descarte;

c) programas educativos aplicados à correta destinação dos resíduos, incluindo ações participativas para limpeza periódica de terrenos, pelos moradores e pelo poder público;

d) fiscalização do despejo irregular de lixo e de entulho.

1.5 Desmatamento e plantio de vegetação incorreta na encosta

No geral, a vegetação confere proteção ao solo, por impedir o impacto direto das gotas de chuva, por diminuir a velocidade do escoamento superficial, bem como por proporcionar maior estabilidade ao solo, em função da malha de raízes e devido ao efeito da evapotranspiração das folhas, que retira água do solo da encosta. Onde a vegetação é removida, aumenta a incidência de deslizamentos planares (**Figura F9**) na encosta.

Figura F9: Deslizamentos planares associados a áreas desmatadas

Foto: Mendes, 2014.

Contudo, o plantio de espécies vegetais nas áreas de risco deve ser planejado adequadamente. Grama em taludes de corte e de aterro, arbustos em áreas de alta declividade ou margem de nascentes e de córregos podem ser boas iniciativas para se evitar a degradação e a fragilização do solo. No entanto, existem espécies que podem ter efeitos indesejáveis, como é o caso das bananeiras e de outras espécies que possuem folhas que funcionam como

funil (**Figura 55**) ou que possuem bulbos subterrâneos. Quando a bananeira está viva, elas concentram a água da chuva; quando são cortadas ou morrem, a decomposição de seus bulbos gera macroporos que se tornam caminhos preferenciais para a entrada de grandes quantidades de água no solo da encosta, o que, por sua vez, pode desencadear o deslizamento planar.

Figura F10: Indícios precursores e deslizamento planar associado ao plantio de bananeiras nas encostas

Foto: Mendes, 2014.

Deve-se tomar cuidado com o plantio de árvores de maior porte nas encostas, sobretudo naquelas sujeitas a ventos fortes, pois, no caso de queda da árvore, independentemente do dano direto que isto possa causar, tem-se um novo ponto de fraqueza em termos de erosão e ou de entrada de água no solo da encosta.

Em particular, quanto ao tipo de vegetação a implantar na encosta (árvores, arbustos ou gramíneas), deve-se avaliar o tipo de raiz que o vegetal possui, dando-se preferência àquelas espécies com raízes mais profundas (do tipo pivotante ou aprumada), em detrimento daquelas com raízes mais superficiais (do tipo fascicular ou em cabeleira).

2. Reconhecimento de sinais de ameaças

As feições de instabilidade nos terrenos, nas edificações e na vegetação da encosta são os sinais mais importantes do risco de movimentos de massa. Estes indícios serão mais úteis quanto mais lentos forem os processos de movimentação, cujo desencadeamento e evolução possam ser monitorados. Dentre as feições indicativas de instabilidade, destacam-se:

a) Cicatrizes de antigos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos e rastejo, bem como vestígios de desprendimento e queda de solo ou de rocha, em encostas ou em vales, conforme seja o caso;

b) Degraus de abatimento no solo ou no leito da rua;

c) Trincas ou rachaduras nas paredes, pisos e teto das edificações;

d) Inclinação de edificações, estruturas, árvores, postes e muros;

e) Embarrigamento de muros e de paredes;

f) Presença de blocos ou de lascas de rocha solta e ou instável;

g) Sinais de umidade ou de surgência d'água na base de talude ou barranco, em paredes ou em muros.

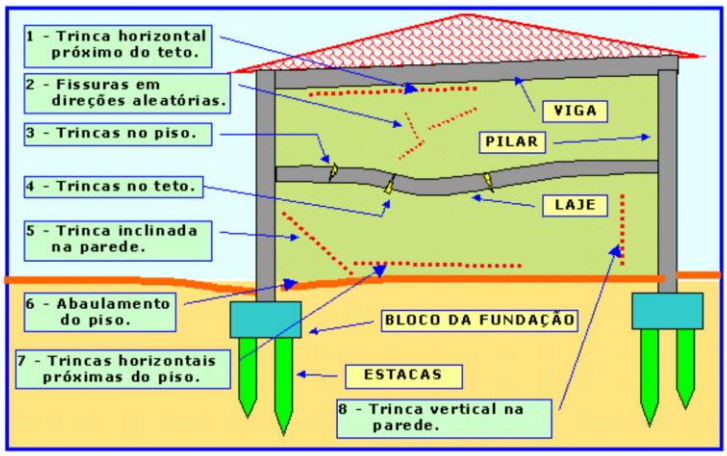
A seguir são destacados os sinais mais significativos de instabilidade que podem ser observados nas áreas de risco.

2.1 Trincas em edificações

Trinca é a abertura na parede, teto ou piso da edificação, ocasionada pelo deslocamento do solo. Tecnicamente, distinguem-se as microfissuras (com abertura inferior a 0,05 mm); fissuras (com abertura de 0,05 até 0,5 mm) e trincas (com abertura entre 0,5 e 1,0 mm) (Corsini, 2010). Aberturas acima dessa dimensão (ou seja, acima de 1,0 mm) são popularmente chamadas de rachaduras.

As trincas podem ser decorrentes de deficiência construtiva da edificação ou de forças externas, como é o caso dos movimentos de massa. Portanto, suas causas nem sempre são de diagnóstico simples (**Figuras F11 e F12**), uma vez que uma mesma causa (deslocamento do solo, por exemplo) pode gerar diversas configurações de trincas (efeitos) e uma mesma configuração de trinca (efeitos) pode ser indicativa de diferentes causas (deficiência construtiva ou de movimentação do solo, por exemplo).

Figura F11: Alguns tipos de trincas e suas causas mais comuns



1. Trinca horizontal próxima do teto: pode ser devida ao adensamento[23] da argamassa de assentamento dos tijolos ou falta de amarração da parede com a viga superior.
2. Fissuras em direções aleatórias: podem ser devido à falta de aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento, retração da alvenaria ou falta de aderência da argamassa à parede.
3. Trincas no piso: podem ser produzidas por vibrações de motores, excesso de peso sobre a laje[24] ou fraqueza da laje. Quando a trinca também atinge a parte inferior do piso, é grave.
4. Trincas no teto: podem ser causadas pelo recalque[25] da laje, falta de resistência da laje ou excesso de peso sobre a laje. Pode ser grave.
5. Trinca inclinada na parede: é sintoma de recalques. Um dos lados da fundação[26] não aguentou ou não está aguentando o peso e afundou ou está afundando. Geralmente é grave.
6. Abaulamento[27] do piso: pode ser causado por recalque das estruturas, por expansão do subsolo ou colapso do revestimento. Quando causados por recalque, são acompanhados por trincas inclinadas nas paredes.
7. Trincas horizontais próximas do piso: podem ser causadas pelo recalque do baldrame[28] ou mesmo pela subida da umidade pelas paredes, por causa do colapso ou falta de impermeabilização do baldrame.
8. Trinca vertical na parede: é causada, geralmente pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural, como pilar ou outra parede que nasce naquele ponto, do outro lado da parede.

Fonte: Watanabe, 2004.

Figura F12: Trincas devidas ao recalque diferenciado, causado por: (i) consolidação diferencial de aterro; (ii) movimentação do aterro; (iii) rebaixamento do lençol freático, em face de obra no terreno à esquerda do edifício

[23] Adensamento: Redução do volume do material, por meio de compressão natural ou por sobrecarga, que faz com que as partículas se posicionem de forma mais compacta, reduzindo o volume de vazios e consequentemente o volume total. Quando o material está saturado, o adensamento se dá pela perda de água.

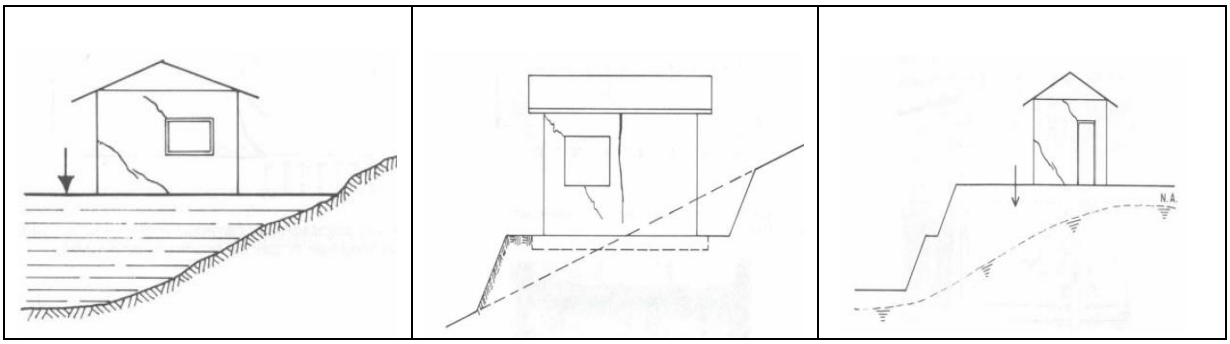
[24] Laje: Obra contínua de concreto armado, a qual constitui piso, assoalho intermediário, ou teto de um compartimento ou edificação.

[25] Recalque: Designação do fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (alicerce).

[26] Fundação Parte de uma construção destinada a distribuir as cargas sobre o terreno; alicerce.

[27] Abaulamento: com forma de baú; convexo (mais elevado no meio que nas bordas); curvo; arqueado.

[28] Baldrame: Viga de concreto armado ou de madeira que corre sobre fundação ou alicerce de qualquer tipo. O termo é ainda utilizado como designação genérica dos alicerces de alvenaria.



Fonte: Thomas, 1989.

Nas áreas de risco, as trincas causadas por recalques de fundação são as mais preocupantes, especialmente aquelas em posição diagonal (**Figura F13**) ou radial que estejam ativas e se movimentando. As mais graves são as que se formam em elementos estruturais (lajes, vigas, pilares ou alvenaria estrutural).

Deformações em terrenos podem ainda ser percebidas quando surgem os seguintes indícios precursores nas edificações da encosta:

a) Rangidos ou estalos na edificação;

b) Folgas visíveis em portas ou janelas; quadros de portas ou janelas fora de prumo; portas ou janelas que emperram ou apresentam dificuldades para abrir ou para fechar;

c) Novas rachaduras ou elevações incomuns no solo, piso, calçada ou rua;

d) Afastamento do solo em relação às fundações, ou seja, aumento do vão entre eles;

e) Inclinação, rachaduras e ou movimento de estruturas auxiliares (tais como calçadas e pátios), em relação à edificação principal;

f) Inclinação ou rachaduras em pisos e em fundações de concreto;

g) Rompimento de tubulações de água e outras redes subterrâneas.

Trincas com espessura superior a 1,0 mm (aproximadamente a espessura de uma unha) devem ser monitoradas, especialmente nas estações chuvosas. O uso de uma régua fissurômetro é indicado para o monitoramento, com frequência diária ou de algumas horas de intervalo. Outra forma simples para se avaliar a estabilidade ou aumento da trinca, é o preenchimento de sua abertura com gesso; se houver rachadura no gesso, isso indicará que a trinca estará aumentando e, portanto, que há continuidade da movimentação do solo e ou da edificação.

Figura F13: Vista de trinca inclinada em moradia

Foto: Acervo IG, 2008.

2.2 Degraus de abatimento no solo da encosta

A identificação precisa do tipo de processo que está em análise é fundamental na escolha do método de monitoramento, pois cada qual apresenta características, dinâmicas e mecanismos deflagradores diferentes. Dessa maneira, é indicado apoio de profissional especializado.

Os degraus de abatimento (ou trincas de tração) encontrados na superfície do solo são os sinais mais evidentes da movimentação gradual dos terrenos (**Figura F14**). Esses são vestígios inegáveis de que o processo que pode evoluir de modo repentino e com grande energia.

No caso dos rastejos, extensômetros de solo (horizontais), sensores de inclinação e inclinômetros são os dispositivos indicados para o monitoramento. Na ausência dos equipamentos citados, métodos mais simples podem ser utilizados provisoriamente, como, por exemplo, a implantação de estacas e o periódico monitoramento do distanciamento entre elas, por meio de teodolitos ou das chamadas trenas eletrônicas. A estação total robotizada (ETR) e respectivos prismas de reflexão são aplicáveis somente em situações muito particulares. Sensores de umidade do solo e piezômetros para a medição do nível d'água subterrânea podem ser adicionalmente utilizados para coleta de dados complementares à análise.

A infiltração da água das chuvas nas trincas de tração no solo pode acelerar a evolução do processo. Quando possível, recomenda-se que elas sejam cobertas com lona ou totalmente preenchidas com solo argiloso compactado ou outro material que as impermeabilize.

Figura F14: Vista de degraus de abatimento no solo da encosta

Foto: Acervo IG, 2008.

2.3 Cicatrizes e depósitos de antigos eventos

No Brasil, os movimentos de massa mais comumente observados correspondem aos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos e quedas de blocos e de lascas de rocha. O reconhecimento desses tipos de processos geralmente é possível através da identificação de suas cicatrizes e ou de seus depósitos correspondentes.

Os deslizamentos planares (incluindo os em cunha) (**Figura F15**) têm profundidades pequenas, geralmente de até 3 metros ou pouco mais. Por outro lado, sua área fonte pode ter dimensões que variam de poucos metros quadrados até dezenas de metros quadrados, de modo que geram diferentes volumes finais de material movimentado.

Figura F15: Vista de cicatriz de deslizamento planar em área de risco

Foto: Oliveira, 2005.

Os deslizamentos rotacionais (também chamados de circulares) apresentam profundidades significativas em relação à sua extensão (ambas na área fonte). Outras características marcantes são a superfície de ruptura em formato côncavo (ou seja, menos elevada no meio que nas bordas), trincas de tração nas porções superiores da encosta e ligeiro soerguimento e compressão do material na base do deslizamento, causado pelos esforços aplicados pela própria massa em movimento. Dimensões de várias dezenas de metros quadrados (área de atingimento) são frequentes. Por serem de desenvolvimento lento, normalmente, vários indícios de sua evolução sendo perceptíveis, sendo clássica a presença de postes e ou árvores inclinadas (as quais constituem indícios precursores de que o processo já se desenvolve há anos). O fato de esse processo ser deflagrado pelo comportamento do lençol freático é um aspecto a ser observado quando da caracterização do evento recém-ocorrido.

Os fluxos de detritos são movimentos rápidos e de alta energia, nos quais solo e fragmentos de tamanhos diversos (sobretudo de rochas e de vegetação) escoam com grande velocidade encosta abaixo, em direção ao canal principal da drenagem, mobilizando grande quantidade de material. Por seu elevado poder destrutivo, esse processo representa uma séria ameaça à população, como ilustram vários casos no Brasil (Reis, 2010).

As cicatrizes e os depósitos são feições que permitem identificar os processos ocorridos no passado. A partir deles, é possível coletar informações sobre a origem, a geometria e as dimensões dos eventos. A observação dos depósitos de materiais acumulados na base e ao longo da encosta permite estimar a quantidade mobilizada e as áreas de atingimento dos processos.

As cicatrizes e os depósitos podem ser encontrados em vários estágios, desde recentes até muito antigos, sendo comum a presença de processos erosivos associados. Os relativamente antigos podem ser recobertos por vegetação, o que, muitas vezes, dificulta a sua identificação e caracterização.

A observação de cicatrizes e de depósitos de antigos eventos é essencial para se entender o grau de risco a eventos nos diferentes contextos geológicos e de uso e ocupação do solo. Assim, o periódico mapeamento destas feições é uma medida extremamente importante para o avanço do gerenciamento das áreas de risco, ainda, esta é uma atividade que pode se constituir em oportunidade para o periódico envolvimento da comunidade de modo participativo, com grande potencial para ampliar a percepção do risco.

A coleta destes dados, além de aplicação direta nos mapeamentos, também auxilia o cálculo e a calibração de limiares e de modelos utilizados para a previsão de eventos para uma dada encosta, município ou região, além de ter potencial para atividades de educação aplicada à percepção de risco.

Considerando a variedade de processos, de causas e de mecanismos deflagradores dos movimentos de massa, os laudos de caracterização detalhada e análise destes aspectos é uma tarefa na qual as DCEs e DCMs devem contar com o apoio de especialistas em geodinâmica.

ANEXO A: INDÍCIOS PRECURSORES DE EVENTOS

Processo	Indícios Precursores do Processo	Explicações
Deslizamento Planar	Formam-se trincas ou degraus na encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto faz com que a coesão do solo se reduza e surjam trincas e degraus ao longo das partes enfraquecidas da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Inicia-se a queda de pequenas pedras e/ou de pedregulhos da encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto faz com que a coesão do solo se reduza e que ocorra a queda de fragmentos e pedregulhos ao longo das partes enfraquecidas da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Ouvem-se estranhos ruídos da encosta, tremores e ruídos de solo.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e um bloco desta começa a se deslocar causando o estrondo. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Ocorre abaulamento da encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e faz com que surja abaulamento da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	A água da fonte, normalmente límpida, torna-se turva.	Trata-se de fenômeno vinculado ao surgimento de um novo caminho preferencial de escoamento da água subterrânea e/ou ao aumento da erosão causada pelo maior volume de água que escoa pelo subsolo. A ampliação das cavidades no interior da encosta pode acarretar sua instabilidade.
	Ocorre repentino aumento, redução ou completa secagem da água da nascente.	Idem ao anterior.
Fluxo de Detritos	Há deslizamento na encosta e/ou fluxo de detritos nas proximidades.	Em casos onde as encostas, córregos, relevos, geologia e os volumes de chuvas sejam semelhantes, quando houver deslizamento e/ou fluxo de detritos em uma encosta, há grande possibilidade de que ocorram os mesmos fenômenos nas encostas ou vales vizinhos.
	Ouvem-se sons de estalos da ruptura de árvores e de fluxo de matacões.	Trata-se de fenômeno no qual se ouvem sons da quebra de árvores e/ou o choque entre matacões, devido ao fluxo de detritos no montante do córrego.
	A água do córrego torna-se repentinamente turva e/ou transporta troncos e fragmentos de árvores.	Trata-se de fenômeno no qual, devido ao evento de fluxo de detritos no montante do córrego, há entrada de sedimentos e de troncos que para ali escoaram. Há elevada possibilidade de as áreas de jusante serem atingidas pelo fluxo de detritos.
	Apesar das chuvas persistentes, o nível da água no córrego se reduz repentinamente.	Trata-se de fenômeno no qual ocorre o represamento da água devido a deslizamentos a montante no córrego, provocando a obstrução do leito e a formação de uma barragem natural. Há grande possibilidade de fluxo de detritos quando da ruptura dessa barragem natural.
	Ocorrem estrondos estranhos nas encostas.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea na parte interna da encosta ao longo das margens do córrego. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e um bloco desta começa a se deslocar causando o estrondo. Há elevada possibilidade de deslizamento planar que pode ocasionar fluxo de detritos.
	Notam-se a odores estranhos (odor de terra, de algo queimando, de ácido, de vegetação etc.).	É possível que já tenha ocorrido deslizamento planar a montante no córrego e que os odores tenham sido gerados pelos choques entre matacões, areia e troncos que fluem para jusante.
	Há deslizamento de encosta e/ou queda de blocos ou de lascas de rocha nas proximidades da margem do córrego.	As encostas às margens do córrego são suscetíveis a deslizamentos. No caso de deslizamentos em grande escala, estes e transformarão em estopim para o fluxo de detritos.
	O nível do córrego não diminui apesar da redução no volume de chuva.	Trata-se de fenômeno que pode significar um novo suprimento de água para o córrego ou ainda a excessiva surgência de água do subsolo. Pode se transformar em estopim para fluxo de detritos.
Deslizamento Rotacional	Ocorrem vibrações ou tremores do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente e causam vibrações ou tremores.
	Ocorrem vibrações ou tremores da casa.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente e causam deformações no solo, os quais, por sua vez, geram vibrações ou tremores e ruídos nas estruturas.
	Ouvem-se sons de ruptura de raízes na encosta.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando a ruptura de raízes e gerando os ruídos correspondentes.
	Ocorrem vibrações das superfícies do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando vibrações na superfície do solo.
	Ouvem-se ruídos de atritos dos galhos de árvores (sem que haja ventania).	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando atritos entre os galhos das árvores.
	Origem e ampliação de trincas ou degraus na encosta.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando ou ampliando trincas e degraus no solo da encosta.
	Ocorrem irregularidades na superfície do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando irregularidades na superfície do solo da encosta.
	Ocorrem fissuras, trincas no muro e pressão para o lado externo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando fissuras e/ou trincas no muro, além de pressioná-lo para o lado externo.
	Ocorrem fissuras, rachaduras e trincas em rodovias pavimentadas e em túneis.	Trata-se de fenômenos que surgem em rodovias pavimentadas e em túneis afetados por grandes blocos de solo que se deslocam.
	Ocorre tração ou afrouxamento de cabos elétricos nos postes.	Trata-se de fenômeno no qual, devido à movimentação de grandes blocos de solo, ocorre desnivelamento entre o bloco que se desloca e as partes adjacentes do terreno, causando tração ou afrouxamento de cabos elétricos entre os postes.
	Ocorre deformação de edificações (dificuldades no fechamento das portas, folgas entre as paredes).	Trata-se de fenômeno no qual os grandes blocos de solo que se deslocam causam deformações e desnivelamento no solo nas partes adjacentes do terreno, ocasionando a deformação nas edificações.
	Surgimento de anormalidades em pontes.	Trata-se de fenômeno no qual os grandes blocos que se deslocam e causam desnivelamentos em pontes.
	Ocorre queda de blocos ou de lascas de rocha e pequenos desmoronamentos na encosta.	Trata-se de fenômeno que ocorre nas partes terminais do deslizamento rotacional na encosta, com quedas de rochas e pequenos desmoronamentos.
	Alterações abruptas no nível d'água subterrânea (descida ou elevação repentina).	Trata-se de fenômeno vinculado ao surgimento de um novo caminho preferencial de escoamento da água no interior do solo e/ou ao aumento da erosão causada pelo maior volume de água que escoa pelo subsolo. A ampliação das cavidades no interior da encosta pode acarretar sua instabilidade.
	Turvamento da água subterrânea.	Idem ao anterior.
	Alterações no volume de vazão da água de nascentes (secagem ou aumento repentino).	Idem ao anterior.
	Aparece turbidez na água de nascentes.	Idem ao anterior.
	Surgimento de novas de nascentes.	Trata-se de fenômeno que pode ser interpretado como decorrente da repentina elevação do nível d'água subterrânea no interior da encosta. Isto aumenta a pressão da água no interior da encosta e eleva a força de deslizamento.

Fonte: Gerência de Planejamento de Controle de Erosão/Departamento de Controle das Erosões (2005).

A série "Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres – Projeto GIDES" reúne os manuais elaborados no âmbito da cooperação técnica firmada entre o Governo do Brasil e o Governo do Japão, por meio da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e do Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão.
Os Manuais tratam de temas relacionados ao Projeto Gides com o objetivo de auxiliar técnicos e gestores públicos federais, estaduais e municipais na gestão integrada dos riscos de desastres de sedimentos de massa.

Os Manuais e as instituições responsáveis pela sua elaboração são os seguintes:

- Volume 1 - Manual Técnico para Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Serviço Geológico do Brasil/Ministério de Minas e Energia;
- Volume 2 - Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimento de Massa – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações;
- Volume 3 - Manual Técnico para Planos de Contingência para Desastres de Movimento de Massa – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil/Ministério da Integração Nacional;
- Volume 4 - Manual Técnico para Intervenções Estruturais para Fluxo de Detritos - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil/Ministério da Integração Nacional;
- Volume 5 - Manual Técnico para Plano de Intervenção de Ruptura de Encosta – Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano/Ministério das Cidades.
- Volume 6 - Manual Técnico para Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano/Ministério das Cidades;

Este volume corresponde ao "Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa" e tem como objetivo principal propor aperfeiçoamentos para as ações de monitoramento, previsão, alerta e alarme de movimentos de massa atualmente executadas. O Manual foi concebido para ser uma ferramenta de apoio técnico e normativo ao Sistema de Alerta Antecipado, em todos os seus níveis, de modo a facilitar o trabalho das pessoas e das organizações que direta ou indiretamente participam da prevenção e da resposta a situações de risco de movimentos de massa.
Este Manual está dividido em quatro capítulos que abordam os seguintes aspectos: 1) aspectos introdutórios e de contextualização do Sistema de Alerta Antecipado, seus objetivos e ações necessárias ao seu fortalecimento; 2) procedimentos para cálculo de limiar de eventos monitorados pela chuva; 3) protocolo para elaboração, transmissão e uso de alertas; e 4) recursos para melhoria de ações de monitoramento, elaboração e transmissão de alertas.

DEFESA CIVIL BRASIL
CPRM Serviço Geológico do Brasil
Cemaden Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
JICA
MINISTÉRIO DAS CIDADES
GOVERNO FEDERAL