

INCIDÊNCIA DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÕES EM MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELO PLANO NACIONAL DE GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES NATURAIS

THE INCIDENCE OF SUSCEPTIBLE AREAS TO GRAVITATIONAL MASS MOVEMENTS AND FLOODS IN MUNICIPALITIES COVERED BY THE NATIONAL PLAN FOR RISK MANAGEMENT AND RESPONSE TO NATURAL DISASTERS

SANDRA FERNANDES DA SILVA

Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Belo Horizonte, MG, Brasil

E-mail: sandra.silva@cprm.gov.br

OMAR YAZBEK BITAR

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT e

Pesquisador DT2 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

E-mail: omar@ipt.br

RESUMO ABSTRACT

Este artigo sintetiza resultados dos trabalhos de mapeamento de áreas suscetíveis executados no âmbito do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, lançado em agosto de 2012, em atendimento a diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, editada pela Lei Federal 12.608/2012. O objetivo geral é estabelecer as bases tecnológicas para desenvolvimento contínuo de um modelo de produção de cartas de suscetibilidade a processos que podem gerar desastres naturais, visando subsidiar o planejamento territorial e a prevenção de desastres. Desenvolveram-se métodos apropriados para o mapeamento de suscetibilidades a deslizamento, inundação, corrida de massa e enxurrada. Os métodos se fundamentam na análise de dados disponíveis e verificação de campo. A aplicação dos métodos resultou na composição de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Inicialmente aplicados em municípios das regiões Sul e Sudeste, os métodos desenvolvidos foram posteriormente utilizados também nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte, cujos resultados são comparados e discutidos de forma breve. Os resultados gerais obtidos se referem a mapeamentos realizados entre 2012 e abril de 2015 em 279 municípios, distribuídos em vinte estados. Enfatizam-se os

This article summarizes results of susceptible areas mapping under the National Plan for Risk Management and Disaster Response, launched in August 2012, in compliance with the guidelines of the National Policy on Protection and Civil Defense, issued by Federal Law 12,608 / 2012. The overall objective is to establish the technological basis for continued development of a production model of susceptibility maps to processes that can generate natural disasters, in order to support the territorial planning and disaster prevention. Suitable methods have been developed for mapping susceptibility to landslide, flood, debris flow and a sudden flood. The methods are based on analysis of available data and field verification. The application of the methods resulted in the composition of susceptibility maps to gravitational mass movements and floods. Initially applied in municipalities in the South and Southeast, the methods developed were later also used in the Northeast, Midwest and North, whose results are compared and discussed briefly. The overall results obtained refer to mappings carried out between 2012 and April 2015 in 279 municipalities, distributed in twenty states. Emphasis is developed basic procedures and results. In general, the application of the methods developed show good results in different regions.

procedimentos básicos desenvolvidos e os resultados obtidos. De uma maneira geral, a aplicação dos métodos desenvolvidos mostra bons resultados nas distintas regiões. Algumas dificuldades específicas foram encontradas em relação às aplicações em municípios da região Norte, particularmente em razão da ausência de dados básicos compatíveis com a escala de trabalho e dos tipos de modelos digitais de elevação empregados. Salienta-se, no presente artigo, a incidência das distintas classes de suscetibilidade (alta, média e baixa), consideradas em relação a deslizamentos, inundações, corridas de massa e enxurradas. No caso de corridas de massa e enxurradas, a incidência é destacada em relação às bacias de drenagem com alta suscetibilidade a esses dois processos.

Palavras-chave: suscetibilidade; carta de suscetibilidade; prevenção de desastres naturais; planejamento territorial.

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento de áreas suscetíveis a processos geodinâmicos que podem gerar desastres naturais no País atende diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), conforme estabelecidas pela Lei Federal 12.608/2012 (Brasil 2012). Entre outros aspectos relacionados ao tema, a PNPDEC objetiva a identificação e avaliação das suscetibilidades, para evitar ou reduzir a ocorrência de desastres, incluindo as ações de mapeamento, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente. A Lei determina, ainda, a criação de um cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

Por sua vez, o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais - PNGRRDN (Brasil 2013), divulgado em agosto de 2012 no sentido de atender diretrizes para a implementação da PNPDEC, contemplando 821 municípios do cadastro nacional criado pela PNPDEC, prevê a elaboração de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações em 286 desses municípios, sob a coordenação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os 286 municípios foram selecionados em âmbito

Some specific difficulties were encountered in relation to applications in municipalities in the northern region, particularly due to the lack of basic data compatible with the geographic scale and types of digital elevation models employed. It is noted the incidence of the different susceptibility classes (high, medium and low), considered in relation to landslides, floods, debris flows and sudden floods. In the case of debris flows and sudden floods, the incidence is highlighted in relation to drainage areas with high susceptibility to these two processes.

Keywords: susceptibility; susceptibility map; prevention of natural disasters; territorial planning.

governamental, com participação de diferentes órgãos setoriais, em razão do histórico de eventos associados a desastres e de outros fatores relacionados com tendências de expansão urbana e de crescimento populacional. Dessa forma, a CPRM iniciou os trabalhos de mapeamento de áreas suscetíveis e elaboração de cartas de suscetibilidade desses 286 municípios ainda em 2012.

Até abril de 2015, os trabalhos de mapeamento e elaboração de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações contemplaram 279 municípios, distribuídos em vinte estados. Parte dos resultados obtidos com a execução dos mapeamentos é apresentada e discutida no presente artigo.

Para o desenvolvimento de métodos apropriados à elaboração das cartas de suscetibilidade demandadas, na escala geográfica de referência (1:25.000), a CPRM estabeleceu parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), visando mapear inicialmente municípios situados nas regiões Sul e Sudeste do País. Os métodos desenvolvidos foram posteriormente utilizados pela CPRM também nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte. As premissas básicas adotadas para o desenvolvimento dos métodos e elaboração das cartas compreenderam os seguintes aspectos: aplicabilidade nacional, com as adaptações necessárias a cada região; comparabilidade entre os municípios mapeados, com certa

padronização dos produtos cartográficos gerados; e objetividade no atendimento às diretrizes da PNPDEC e às ações do PNGRRDN, disponibilizando quanto antes os resultados aos municípios, de modo a subsidiar as ações de prevenção de desastres e de planejamento territorial.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do mapeamento realizado é o de estabelecer as bases tecnológicas para o desenvolvimento contínuo de um modelo de produção de cartas de suscetibilidade a processos que podem gerar desastres naturais, de modo a subsidiar o planejamento territorial e a prevenção de desastres naturais.

Em termos específicos, busca-se efetuar a análise, classificação e zoneamento das suscetibilidades a movimentos gravitacionais de massa e inundações, especialmente em áreas não ocupadas, gerando dados e produtos em Sistema de Informação Geográfica (SIG) e cartas sínteses em linguagem acessível. Destaca-se, neste artigo, o panorama sobre a incidência de áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações, corridas de massa e enxurradas, nos municípios considerados, em relação à área municipal e à área urbanizada.

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A acepção do termo *suscetibilidade* adotada para fins de mapeamento relaciona-se à predisposição ou propensão dos terrenos à geração e desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico numa dada área (Fell et al. 2008, Julião et al. 2009, Sobreira & Souza 2012, Diniz 2012, Coutinho 2013, Bressani & Costa 2013, Ministério das Cidades 2013).

Para o desenvolvimento dos métodos e execução do mapeamento, utilizaram-se diversos outros trabalhos de referência, como o guia para zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco a deslizamentos (Fell et al. 2008), elaborado pelo Comitê Técnico de Deslizamentos e Taludes Construídos (*Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes-JTC-1*). Esse Comitê é formado por profissionais e pesquisadores da *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)*, *International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG)* e *International*

Society for Rock Mechanics (ISRM) e o guia foi traduzido para o português pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) e Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), conforme Macedo & Bressani (2013). De acordo com o guia, o mapeamento de suscetibilidade não deve ser confundido com o de perigo e tampouco com o de risco, os quais são objeto de outros tipos de estudos, estes realizados em escalas geográficas de detalhe.

Os procedimentos gerais desenvolvidos para o mapeamento de áreas suscetíveis estão ilustrados na figura 1. Outros dados e informações sobre os métodos empregados no mapeamento podem ser encontrados em Bitar (2014) e Bitar & Silva (2015). Para análise da suscetibilidade, integram-se, em especial, dados referentes a fatores predisponentes de natureza geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica, resultando em uma classificação relativa dos terrenos em termos de suscetibilidade (alta, média e baixa) e zoneamento territorial segundo domínios homogêneos, representando a maior ou menor propensão ao processo analisado. Os distintos zoneamentos obtidos são integrados para a edição de uma carta síntese de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações de cada município, conforme ilustrado na figura 2. Outros elementos de interesse, como feições associadas a processos do meio físico, são também incluídos na carta síntese.

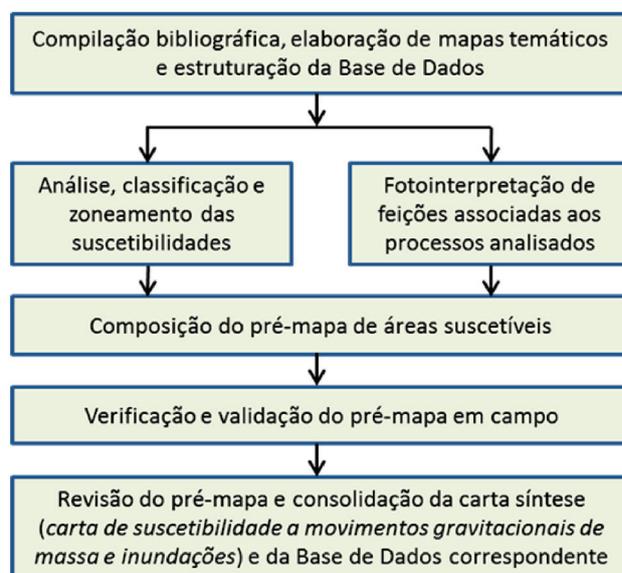


Figura 1 - Procedimentos gerais. Fonte: Bitar (2014).

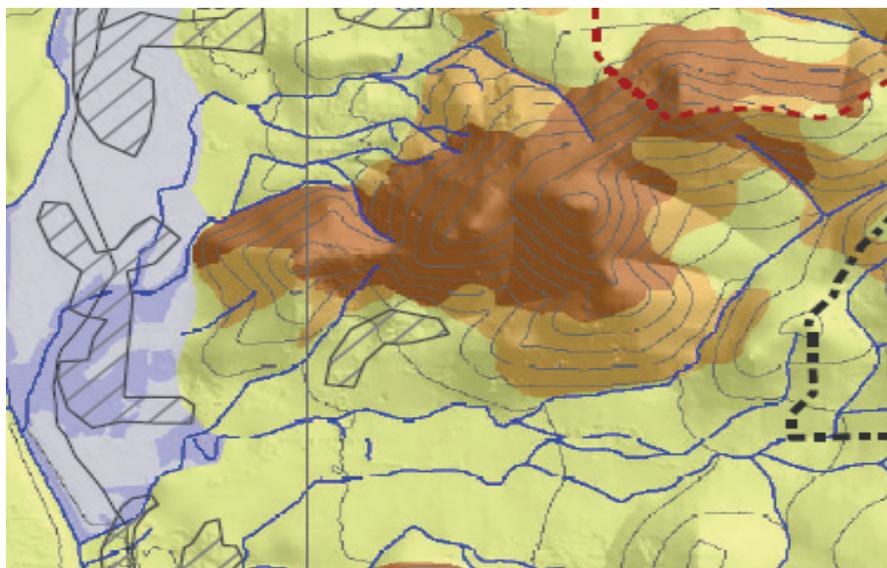


Figura 2 - Trecho de uma carta de suscetibilidade, distinguindo-se: áreas suscetíveis a deslizamentos (tons em marrom), inundações (tons em azul), corridas de massa e enxurradas (linha preta tracejada), enxurradas (linha vermelha tracejada) e áreas urbanizadas (polígonos com hachuras). Fonte: IPT.

Para a análise, classificação e zoneamento da suscetibilidade a deslizamentos, os trabalhos se fundamentam em métodos estatísticos, conforme discutido em Stabile et al. (2013), a partir de estudos em áreas piloto representativas das características geológico-geomorfológicas regionais, efetuados por meio da extração e análise de cicatrizes detectadas em imagens de eventos pré-territos relevantes, em áreas preferencialmente não ocupadas e frequentemente com cobertura vegetal. Integraram-se, em especial, dados referentes a fatores predisponentes de natureza geomorfológica (declividade), geológica (densidade de lineamentos estruturais, compreendendo fraturas, juntas, zonas de falhas e outras descontinuidades) e hidrológico-pedológica (curvatura de encosta). O resultado obtido compreende uma classificação relativa em termos de suscetibilidade (classes: baixa, média e alta) e a representação do zoneamento correspondente segundo domínios homogêneos, conforme a maior ou menor propensão à geração e desenvolvimento do processo analisado.

No caso de inundação e alagamento, fenômenos marcados respectivamente pela elevação gradual do nível d'água de rios e córregos e pela acumulação de água em razão de deficiências e/ou insuficiências no sistema de drenagem dos terrenos, os fatores considerados se subdividem

em regionais e locais. Regionalmente, analisam-se parâmetros das bacias de drenagem contribuintes, segundo modelos de análise morfométrica usualmente empregados em estudos de bacias hidrográficas. Localmente, enfatiza-se a delimitação de áreas suscetíveis por meio de modelo específico de análise, denominado HAND (*Height Above Nearest Drainage*, conforme Rennó et al. 2008), que considera a morfologia do terreno e sua posição em relação ao curso d'água. O resultado final para inundação é dado pela análise combinada dos resultados parciais das análises regional e local, cujo zoneamento de suscetibilidade (classes: baixa, média e alta) é recortado em relação ao padrão de relevo definido pelo conjunto de planícies atuais (aluviais e/ou costeiras, conforme o caso) e terraços antigos (aluviais ou marinhos, conforme o caso), no contexto do território municipal mapeado. Tem-se em conta, ainda, no caso de municípios litorâneos, para fins de definição de alturas de inundação associadas a cada classe de suscetibilidade, possíveis influências no nível de oscilação das marés.

No caso de corrida de massa e enxurrada, conforme explicitado em Corsi et al. (2015), adotaram-se, principalmente, com base em literatura técnica específica e retroanálises de casos históricos no País, parâmetros morfométricos da bacia

de drenagem (amplitude topográfica e área), padrão de relevo predominante (serras e/ou morros) e presença de zonas enquadradas na classe de alta suscetibilidade a deslizamento, conforme previamente mapeadas, para fins de delimitação das bacias de drenagem mais suscetíveis à geração desses fenômenos. Para esses dois processos, apontam-se as bacias de drenagem na classe de alta suscetibilidade, separadas em duas situações básicas: bacia de drenagem com alta suscetibilidade a corrida de massa e enxurrada; e bacia de drenagem com alta suscetibilidade a enxurrada, fundamentando-se no pressuposto de que onde tende a ocorrer corrida de massa pode também ocorrer enxurrada, mas o inverso não encontra correspondência nos casos históricos levantados.

Na carta de suscetibilidade elaborada se distinguem a ocorrência e distribuição dos polígonos referentes aos diferentes graus ou classes de suscetibilidade (baixa, média e alta) aos processos de deslizamento e de inundação/alagamento. No caso de corrida de massa e enxurrada, apontam-se apenas as bacias de drenagem consideradas como de alta suscetibilidade à geração e desenvolvimento desses dois tipos de processos. Entre vários insumos utilizados, os modelos digitais de elevação empregados na análise dos processos são geralmente aqueles disponíveis, podendo, em algumas situações específicas, ser construídos em prol de uma maior qualidade nos resultados.

Os zoneamentos contidos na versão preliminar da carta de suscetibilidade gerada (informalmente denominada de pré-mapa) são, enfim, conferidos por meio de trabalhos de verificação e validação de campo. Para os trabalhos de campo, a utilização de mapas temáticos previamente disponíveis (como o de geologia, ainda que simplificado) ou construídos especialmente no âmbito do mapeamento (como os de hipsometria, declividade, padrões de relevo, relevo sombreado e outros), mostra-se essencial no sentido de auxiliar na identificação da presença e da tipologia dos fatores condicionantes relativos aos processos considerados nas análises de suscetibilidade

e sua correspondência com os zoneamentos obtidos. Outros elementos mapeados à parte também são utilizados na verificação de campo, como as feições associadas a processos do meio físico, incluindo cicatriz de deslizamento, depósito de talus em pé de encosta, campo de blocos rochosos, paredão/lajeado/costão rochoso e área alagada, entre outras extraídas previamente por meio de trabalhos de fotointerpretação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintetizam-se, a seguir, os resultados obtidos em relação a municípios mapeados no âmbito do PNGRRDN até abril de 2015. Os trabalhos de mapeamento e elaboração de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações contemplaram, até essa data, 279 municípios, distribuídos em vinte estados (figura 3). A relação dos municípios mapeados encontra-se na tabela 1, de acordo com a Unidade da Federação (UF). As cartas estão disponíveis para acesso em sua íntegra no site da CPRM (www.cprm.gov.br).

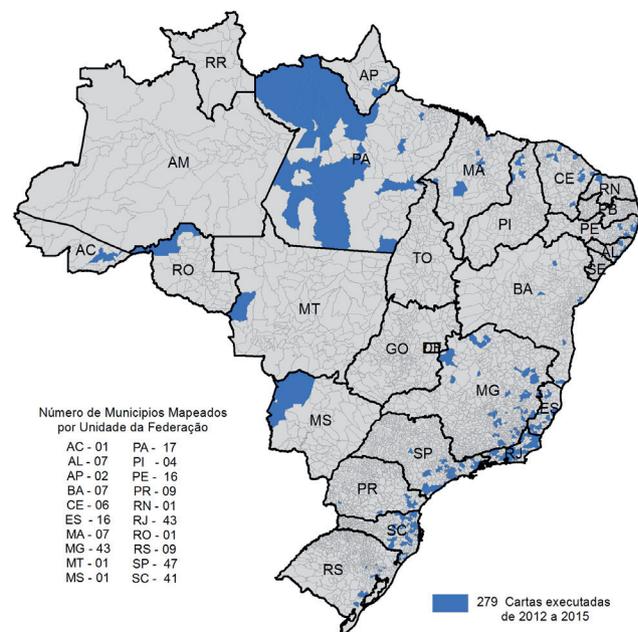


Figura 3 - Municípios mapeados no território nacional, até abril de 2015.

Tabela 1 - Relação de municípios mapeados até abril de 2015, de acordo com a Unidade da Federação (UF) correspondente.

UF	Município
AC	Rio Branco
AL	Branquinha, Coruripe, Maceió, Marechal Deodoro, Murici, Paripueira e União dos Palmares
AP	Macapá e Santana
BA	Candeias, Camacan, Lajedinho, Lauro de Freitas, Nova Viçosa, Salvador e Senhor do Bonfim
CE	Amontada, Caucaia, Jaguaruana, Lavras da Mangabeira, Morada Nova e Sobral
ES	Água Doce do Norte, Alegre, Aracruz, Bom Jesus do Norte, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Guaçuí, Laranja da Terra, Marechal Floriano, Mimoso do Sul, Nova Venécia, Rio Novo do Sul, Santa Leopoldina, Vargem Alta, Vila Velha e Vitória
MA	Bacabal, Grajaú, Imperatriz, Pedreiras, São Luís, Trizidela do Vale e Vitória do Mearim
MG	Além Paraíba, Barbacena, Belo Horizonte, Betim, Caraiá, Carangola, Caratinga, Cataguases, Chalé, Chapada do Norte, Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Contagem, Diogo de Vasconcelos, Ervália, Ewbank da Câmara, Frei Inocência, Governador Valadares, Ibirité, Januária, Juiz de Fora, João Monlevade, Lajinha, Lagoa Grande, Manhuaçu, Manhumirim, Mantena, Matias Barbosa, Montes Claros, Muriaé, Mutum, Nova Lima, Novo Cruzeiro, Ouro Preto, Periquito, Pirapora, Sabará, Sabinópolis, Santa Luzia, Teófilo Otoni, Timóteo, Unai e Visconde do Rio Branco
MT	Comodoro
MS	Corumbá
PA	Alenquer, Almeirim, Altamira, Baião, Belém, Gurupá, Itaituba, Marabá, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Prainha, Porto de Moz, Rurópolis, Santana do Araguaia, Santarém e São João do Araguaia
PE	Abreu e Lima, Água Preta, Barra de Guabiraba, Cabo de Santo Agostinho, Catende, Camaragibe, Caruaru, Escada, Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Quipapá, Palmares, Paulista, Recife e Vitória de Santo Antão
PI	Barras, Campo Maior, Esperantina e Teresina
PR	Almirante Tamandaré, Capitão Leônidas Marques, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Morretes, Pinhais, Rio Branco do Sul, São José dos Pinhais e União da Vitória
RJ	Angra dos Reis, Aperibé, Areal, Barra Mansa, Barra do Piraí, Belford Roxo, Bom Jardim, Bom Jesus do Itabapoana, Cachoeiras de Macacu, Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Duque de Caxias, Engenheiro Paulo de Frontin, Guapimirim, Itaboraí, Itaperuna, Laje do Muriaé, Macaé, Mangaratiba, Magé, Mendes, Mesquita, Miracema, Nilópolis, Niterói, Nova Friburgo, Nova Iguaçu, Paracambi, Parati, Petrópolis, Piraí, Porciúncula, Rio Bonito, Santa Maria Madalena, Santo Antônio de Pádua, São Francisco de Itabapoana, São Gonçalo, São João de Meriti, São José do Vale do Rio Preto, Sapucaia, Sumidouro, Teresópolis e Valença
RN	Mossoró
RO	Porto Velho
RS	Alto Feliz, Capão do Leão, Dom Pedrito, Eldorado do Sul, Estrela, Igrejinha, Novo Hamburgo, Porto Alegre e São Lourenço do Sul
SC	Alfredo Wagner, Antonio Carlos, Anitápolis, Araranguá, Balneário Camboriú, Blumenau, Botuverá, Brusque, Camboriú, Corupá, Criciúma, Florianópolis, Gaspar, Garuva, Itajaí, Itapema, Ituporanga, Ilhota, Jacinto Machado, Jaraguá do Sul, Joinville, José Boiteux, Lages, Luiz Alves, Mafra, Navegantes, Nova Trento, Nova Veneza, Palhoça, Ponte Alta, Presidente Getúlio, Rio Fortuna, Rio do Campo, Rio Negrinho, Rodeio, São José, Taió, Timbó, Timbé do Sul, Urubici e Vidal Ramos
SP	Bauru, Cajati, Caieiras, Campinas, Carapicuíba, Campo Limpo Paulista, Campos do Jordão, Cubatão, Cunha, Diadema, Eldorado, Embu-Guaçu, Francisco Morato, Guararema, Guaratinguetá, Guarujá, Guarulhos, Iguape, Ilhabela, Itapeverica da Serra, Itapetininga, Itapevi, Itaquaquecetuba, Itu, Jacupiranga, Jundiá, Mauá, Mairiporã, Osasco, Pariquera-Açu, Peruíbe, Praia Grande, Registro, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santana de Parnaíba, Santo André, Santos, São Bernardo do Campo, São José dos Campos, São Luís do Paraitinga, São Paulo, São Vicente, Sorocaba, Sumaré, Taboão da Serra e Ubatuba

Obs.: dados referentes aos 279 municípios mapeados entre 2012 e abril/2015. Fonte: CPRM.

De uma maneira geral, observa-se que os métodos desenvolvidos para o mapeamento de suscetibilidades apresentam boa aplicabilidade nacional, propiciando a obtenção de resultados compatíveis com as realidades verificadas em campo. Para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do País, os zoneamentos de suscetibilidade a deslizamento, inundação/alagamento, corrida de massa e enxurrada apresentam conformidade variável entre 90 e 95% quando comparados às situações constatadas em campo. Dessa forma, pequenos ajustes mostram-se sempre necessários para o aprimoramento dos resultados, sempre com apoio de atividades de campo, sobretudo em áreas nas quais se reconhecem características geológicas e geomorfológicas peculiares e diretamente associadas aos fenômenos estudados.

No que se refere às aplicações efetuadas na região Norte, a principal dificuldade no emprego dos métodos desenvolvidos deve-se à ausência de dados e informações básicas, em escala geográfica compatível com a escala de trabalho, para alimentação dos modelos de análise que fornecem o pré-mapa utilizado nas etapas de verificação e validação de campo. Essas dificuldades acabaram ensejando a realização de algumas adaptações e complementações na aplicação dos métodos, variáveis de acordo com a região e o processo específico analisado.

Para o mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamento, verifica-se que o método de análise utilizado encontra algumas limitações em sua aplicação a locais com densa cobertura vegetal, conforme se observa, por exemplo, em vários municípios do Estado do Amazonas. Essa condição, presente também em boa parte da região Norte, tende a mascarar as características morfológicas dos terrenos e os principais fatores condicionantes a obter, como declividade, densidade de lineamentos estruturais e curvatura de encosta, informações estas que sustentam a base da modelagem estatística adotada para o mapeamento da suscetibilidade a deslizamento (e cujo produto é fundamental também para a delimitação de bacias suscetíveis a corrida de massa e enxurrada).

A aplicação do método, com as informações atualmente disponíveis para esta região, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) de baixa resolução, os quais se configuram, de fato, em

Modelos Digitais de Superfície (MDSs), resulta na obtenção de um produto com muitas incertezas. Esse aspecto não inviabiliza a aplicação do método, porém, devido a essas incertezas, expressas geralmente nos resultados da modelagem em termos do zoneamento apresentado no pré-mapa, o processo de validação torna-se muito mais trabalhoso, assim como as etapas necessárias para a correção do modelo digital gerado. Somam-se a isso as dificuldades de acesso aos terrenos da região que devem ser verificados durante os trabalhos de campo, estes imprescindíveis para complementação de dados e validação do zoneamento obtido em pré-mapa.

No caso de inundação/alagamento, o processo de análise segue o mesmo comportamento observado no mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamento. Ocorrem limitações de aplicação especialmente na região Norte, devido à ausência de informações básicas compatíveis com a escala de trabalho, bem como de Modelos Digitais de Terrenos (MDTs) em escala de detalhe e resolução maior. Os produtos elaborados a partir de informações derivadas de sensores óticos apontam, com frequência, incorreções relativas à falsa representação da morfologia dos terrenos em áreas de planícies e terraços fluviais.

Outro aspecto limitante na aplicação do método para obtenção da suscetibilidade a inundação na região Norte é o regime hidrológico, com características muito diferenciadas do restante do País, sobretudo em municípios situados nas áreas mais baixas da bacia hidrográfica do rio Amazonas, próximos à calha principal de drenagem. Para essa condição específica, ante a realização de testes diversos, verificou-se que a obtenção da suscetibilidade com utilização apenas do modelo HAND mostra um resultado mais coerente, validado pelas informações sobre alturas de inundações locais, recuperadas de registros históricos (marcações em réguas linimétricas e/ou informações reportadas por moradores). Cabe salientar que, por vezes, nas distintas regiões do País, em razão dos métodos adotados e uso do modelo HAND, o resultado obtido pode refletir muito mais o fenômeno do alagamento do que a inundação gradual propriamente dita.

Portanto, para obtenção de um produto mais adequado às características da região Norte, tanto

em relação aos métodos para deslizamento quanto para inundação/alagamento, faz-se necessário obter, como informação de base na modelagem estatística, MDEs que possam representar com maior exatidão a variação das condições morfológicas e topográficas dos terrenos. Isso se espera conseguir com a disponibilização de MDTs, elaborados preferencialmente a partir de levantamentos aéreos efetuados com o emprego de Radar/Banda P, os quais propiciam a aquisição de imagens por meio de dispositivos mais eficientes quanto à penetração da massa vegetal e reflexão a partir da superfície real do terreno. Por outro lado, vale salientar os bons resultados obtidos na região Nordeste, mesmo com a utilização de MDSs, favorecidos, nesse aspecto, pela presença de cobertura vegetal frequentemente com baixa densidade ou mesmo ausente em extensas áreas nos municípios mapeados.

Os resultados obtidos acerca da incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações referem-se às classes de suscetibilidade (alta, média e baixa) existentes na área municipal e na área municipal urbanizada. Salienta-se, que para o caso dos municípios da Região Amazônica, em função de suas grandes extensões territoriais e escassez de vias de acesso, os levantamentos de campo ocorreram nas áreas municipais urbanizadas e em *buffers* com variação entre 15 e 40 km, definidos a partir dos limites municipais. Não se incluem nessa situação os municípios de Belém e São João do Araguaia, os quais tiveram levantamento de informação de suscetibilidades elaborado para suas extensões municipais completas. As variações dos *buffers* foram determinadas em função de informações como: taxa de crescimento baseada em informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – www.ibge.gov.br), envolvendo população, infraestrutura, importância para o estado, e outros aspectos; ocorrência de áreas restritivas, como unidades de conservação da natureza; e a própria extensão territorial da área urbana.

Em relação a corridas de massa e enxurradas, devido às condições de baixas amplitudes topográficas registradas nos municípios inicialmente selecionados na região Norte, que não atendem as condições básicas necessárias para geração desses processos, não foi possível aferir a aplicabilidade do método para este fim. Deve-se, contudo, para todas as regiões, observar o cuidado necessário em relação a eventuais verificações e validações baseadas apenas em eventos recém-ocorridos, os quais devem ser muito bem caracterizados por meio de vistorias especializadas e detalhadas em campo, pois se pode, muitas vezes, confundir alguns aspectos e indicadores comumente relacionados ao fenômeno da enxurrada com outros mais tipicamente associados a uma verdadeira corrida de massa.

Dentre o conjunto de produtos e resultados obtidos a partir da elaboração das cartas de suscetibilidade municipais, ressalta-se a incidência de áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações, corridas de massa e enxurradas, em relação à área municipal (urbanizada e rural) e à área municipal urbanizada. No caso de corridas de massa e enxurradas, a incidência é destacada em relação às bacias de drenagem suscetíveis aos dois processos.

Diversas análises podem ser efetuadas com base nos dados dos primeiros 279 municípios mapeados. Tendo em vista, por exemplo, a incidência territorial de média e alta suscetibilidade a deslizamentos e os valores percentuais correspondentes, nota-se que o estado do RJ apresenta maior média em relação à área municipal (64,31% do território situado em áreas de média e alta suscetibilidade a deslizamentos), ante a média geral em todos os estados (19,28%). Quanto à área urbanizada, MG se destaca (38,33% do território urbanizado situado em áreas de média e alta suscetibilidade a deslizamentos) ante a média geral em todos os estados (10,15%) (tabela 2).

Tabela 2 - Incidência de classes de suscetibilidade a deslizamentos, segundo a abrangência territorial e a Unidade da Federação (UF) correspondente.

Abrangência	UF	Classe de suscetibilidade a deslizamentos					
		Alta		Média		Baixa	
		km ² média	% média	km ² média	% média	km ² média	% média
Área Municipal	AC	0,00	0,00	205,74	11,99	1.509,53	88,00
	AL	48,30	13,39	4,92	1,04	355,52	85,58
	AP	0,00	0,00	1,57	0,10	743,75	86,34
	BA	37,75	5,88	62,74	12,58	551,00	81,55
	CE	28,27	1,83	30,71	2,04	1.460,98	96,13
	ES	137,40	23,71	130,87	18,95	348,93	57,34
	MA	12,41	0,25	309,10	12,10	1.669,97	87,65
	MG	254,55	29,80	192,04	27,75	613,87	42,45
	MT	14,49	1,03	51,96	3,69	1.340,93	95,27
	MS	75,93	3,03	215,28	8,60	2.210,68	88,36
	PA	16,68	0,84	121,41	4,95	1.870,59	88,52
	PE	44,38	14,44	29,33	10,67	225,51	74,89
	PI	19,65	1,30	10,77	0,79	1.396,15	97,91
	PR	93,70	12,71	29,65	4,80	318,59	82,89
	RJ	135,35	24,81	191,93	39,50	170,65	35,57
	RN	0,00	0,00	2,45	0,12	2.096,99	99,88
	RO	0,00	0,00	3,32	0,10	3.005,44	93,21
	RS	17,08	12,24	16,00	7,19	253,63	80,07
	SC	112,46	31,94	34,66	7,84	272,10	80,57
	SP	76,18	15,39	80,55	18,24	299,96	66,37
Total		56,23	9,63	86,25	9,65	1.035,74	80,43
Área Municipal Urbanizada	AC	0,00	0,00	7,73	13,71	48,64	86,29
	AL	3,59	5,88	1,27	1,93	11,52	92,19
	AP	0,00	0,00	0,00	0,00	44,86	99,94
	BA	1,11	1,21	6,25	9,77	30,31	88,33
	CE	0,00	0,00	0,00	0,00	17,22	100,00
	ES	0,31	3,02	1,23	7,36	17,40	78,64
	MA	0,59	14,25	29,85	19,13	11,27	66,62
	MG	1,83	13,65	3,75	24,68	21,20	61,67
	MT	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	100,00
	MS	0,37	1,23	2,32	7,74	27,28	91,02
	PA	0,04	0,69	0,11	1,41	20,81	86,19
	PE	0,86	2,38	4,43	5,08	30,17	92,53
	PI	0,00	0,00	0,04	0,02	47,56	99,98
	PR	0,54	0,17	11,96	13,38	54,31	75,85
	RJ	0,57	3,43	4,66	26,21	20,85	77,24
	RN	0,00	0,00	0,00	0,00	47,08	100,00
	RO	0,00	0,00	0,00	0,00	90,36	100,00
	RS	0,24	2,10	2,83	2,01	36,50	95,89
	SC	1,59	5,84	1,04	5,11	28,00	88,00
	SP	0,85	2,33	4,06	9,30	61,04	88,37
Total		0,62	2,81	4,08	7,34	33,61	88,44

Obs.: dados referentes aos 279 municípios mapeados entre 2012 e abril/2015.

Fonte: CPRM.

No que diz respeito à incidência de média e alta suscetibilidade a inundações, tendo em conta o relevo de planícies e terraços sujeito a esses processos, MS se destaca em relação à área municipal (60,14% do território situado em áreas de média e

alta suscetibilidade a inundações), ante a média geral (19,88%). Quanto à área urbanizada, RJ se destaca (37,17% do território situado em áreas de média e alta suscetibilidade a inundações) ante a média geral em todos os estados (18,78%) (tabela 3).

Tabela 3 - Incidência de classes de suscetibilidade a inundações, segundo a abrangência territorial e a Unidade da Federação (UF) correspondente.

Abrangência	UF	Classe de suscetibilidade a inundações							
		Alta		Média		Baixa		Total *	
		km ² média	% média	km ² média	% média	km ² média	% média	km ² média	% média
Área Municipal	AC	175,24	10,22	69,75	4,07	44,74	2,61	96,58	5,63
	AL	31,56	7,41	13,66	3,53	17,24	4,30	20,82	5,08
	AP	168,00	26,15	51,49	5,57	2,32	0,53	73,94	10,75
	BA	40,46	6,62	22,06	2,76	10,27	1,34	24,26	3,58
	CE	108,85	18,58	55,97	9,23	22,72	4,33	62,51	10,71
	ES	40,23	13,42	16,54	4,00	11,52	3,63	22,77	7,02
	MA	267,40	26,22	26,66	2,13	3,24	0,41	99,10	9,58
	MG	39,15	3,43	20,44	2,09	24,68	2,30	28,09	2,61
	MT	0,00	0,00	153,09	10,88	15,80	1,12	56,30	4,00
	MS	1.484,46	59,33	20,22	0,81	0,58	0,02	501,75	20,05
	PA	783,17	38,86	19,77	1,28	4,36	0,29	269,10	13,48
	PE	34,69	16,24	9,37	4,46	6,69	3,63	16,92	8,11
	PI	207,12	14,21	69,99	4,98	17,35	1,28	98,15	6,82
	PR	16,74	5,29	13,88	4,38	12,23	3,11	14,28	4,26
	RJ	65,39	13,85	16,38	4,96	5,98	2,36	29,25	7,06
	RN	161,01	7,67	67,99	3,24	10,93	0,52	79,98	3,81
	RO	607,43	18,84	126,98	3,94	0,00	0,00	244,80	7,59
	RS	57,24	11,46	18,59	3,74	94,41	25,24	56,75	13,48
	SC	30,17	9,96	18,29	4,68	21,26	4,75	23,24	6,46
	SP	21,26	4,75	22,09	4,36	23,09	4,27	22,15	4,46
Total		216,98	15,63	41,66	4,25	17,47	3,30	92,04	7,73
Área Municipal Urbanizada	AC	15,17	26,91	2,02	3,58	1,86	3,30	6,35	11,26
	AL	0,96	9,26	1,09	18,34	4,89	22,89	2,31	16,83
	AP	2,98	8,11	1,58	4,45	0,04	0,13	1,53	4,23
	BA	3,26	6,83	0,78	2,69	0,22	2,65	1,42	4,06
	CE	0,50	13,07	0,78	10,40	0,21	1,39	0,50	8,29
	ES	2,46	16,80	1,78	9,95	1,78	9,95	2,00	12,23
	MA	7,56	25,19	1,37	5,46	0,11	3,03	3,01	11,23
	MG	1,20	5,90	1,26	7,35	3,93	15,18	2,13	9,48
	MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MS	0,68	2,27	0,15	0,50	0,00	0,00	0,28	0,92
	PA	2,87	17,76	0,52	1,49	1,50	1,17	1,63	6,81
	PE	11,34	19,22	2,80	10,26	1,60	4,76	5,25	11,41
	PI	7,88	15,69	2,65	11,82	1,24	12,62	3,92	13,38
	PR	3,25	5,59	4,24	5,46	4,63	3,94	4,04	5,00
	RJ	5,11	24,38	2,61	12,79	1,20	4,14	2,97	13,77
	RN	0,24	0,51	0,88	1,87	0,48	1,02	0,53	1,13
	RO	2,37	2,62	4,12	4,56	0,00	0,00	2,16	2,39
	RS	10,63	11,97	1,66	5,38	3,26	25,35	5,18	14,23
	SC	6,09	16,99	4,03	10,30	3,54	15,61	4,55	14,30
	SP	4,27	10,90	4,24	8,87	4,87	7,83	4,46	9,20
Total		4,44	12,00	1,93	6,78	1,77	6,75	2,71	8,51

Obs.: dados referentes aos 279 municípios mapeados entre 2012 e abril/2015. * Soma das áreas correspondentes ao padrão de relevo representado por planícies e terraços.

Fonte: CPRM.

Quanto a corridas de massa e enxurradas, RJ (5,86% do território situado em áreas de alta suscetibilidade a corridas de massa e enxurradas), SC (5,63%) e SP (5,12%) se destacam em relação à área municipal, ante a média geral (1,52%). Quanto

à área urbanizada, MS (1,63% do território urbanizado situado em áreas de alta suscetibilidade a corridas de massa e enxurradas), ES (1,28%) e RJ (0,82) se destacam ante a média geral (0,28%). Em relação a enxurradas, exclusivamente, MG

(18,69%) e ES (18,65%) se destacam em relação à área municipal, ante a média geral (5,50%). Quanto à área urbanizada, MS (1,63%) se destaca ante a média geral (6,57%). Quanto à incidência dos dois tipos de bacias de drenagem (ou seja, com alta suscetibilidade a: corridas e enxurradas; e a enxurradas), MG (13,65%), ES (13,54%), SC (12,85%) e RJ (11,73%) apresentam maior média

em relação à área municipal, ante a média geral (4,27%). Quanto à área urbanizada, MS se destaca (46,35%) ante a média geral (0,34%). Vale observar que, no caso de MS, os dados se referem a um único e extenso município da região do Pantanal Mato-grossense, fato que tende a influenciar a comparação geral (tabela 4).

Tabela 4 - Incidência de bacias de drenagem com alta suscetibilidade a corridas de massa e a enxurradas, segundo a abrangência territorial e a Unidade da Federação (UF) correspondente.

Abrangência	UF	Bacias de drenagem com alta suscetibilidade a:					
		Corridas e enxurradas (a)		Enxurradas (b)		Total (a + b) *	
		km ² média	% média	km ² média	% média	km ² média	% média
Área municipal	AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AL	0,13	0,03	29,39	6,94	14,76	3,50
	AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BA	1,27	0,19	16,98	2,41	9,13	1,39
	CE	0,97	0,08	16,00	1,65	8,49	0,91
	ES	29,01	4,21	132,40	18,65	80,70	13,54
	MA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MG	43,16	4,30	158,80	18,69	100,98	13,65
	MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MS	94,29	3,98	206,02	8,70	150,16	8,33
	PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PE	0,00	0,00	16,48	4,17	8,24	2,09
	PI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PR	0,97	0,10	26,84	3,18	13,90	1,69
	RJ	31,00	5,86	49,99	11,74	40,50	11,73
	RN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	RS	1,25	0,95	16,26	13,83	8,76	7,86
	SC	21,09	5,63	59,13	14,44	40,11	12,85
	SP	21,51	5,12	34,01	5,54	27,76	7,89
Total		12,23	1,52	38,11	5,50	25,17	4,27
Área municipal urbanizada	AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AL	0,00	0,00	0,01	0,09	0,00	0,04
	AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BA	0,00	0,00	0,08	0,78	0,04	0,39
	CE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ES	0,22	1,28	0,94	7,20	0,58	4,24
	MA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MG	0,08	0,61	0,90	5,87	0,49	3,24
	MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MS	0,49	1,63	27,30	91,06	13,90	46,35
	PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PE	0,00	0,00	0,05	0,12	0,02	0,06
	PI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PR	0,00	0,00	0,22	0,80	0,11	0,40
	RJ	0,14	0,82	0,70	5,77	0,42	3,30
	RN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	RS	0,00	0,00	0,74	15,20	0,37	7,60
	SC	0,11	0,57	1,50	3,74	0,81	2,15
	SP	0,17	0,78	0,30	0,84	0,23	0,81
Total		0,06	0,28	1,64	6,57	0,85	0,34

Obs.: dados referentes aos 279 municípios mapeados entre 2012 e abril/2015. * Soma das áreas correspondentes a: a) bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa e enxurradas; e b) bacias de drenagem suscetíveis a enxurradas.

Fonte: CPRM.

Cabe frisar que as cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais e inundações produzidas representam um primeiro estágio de conhecimento, mostrando áreas suscetíveis à geração dos processos considerados. Não se indicam o alcance territorial dos materiais mobilizáveis e tampouco a sinergia entre os processos, que devem ser objeto de análises de perigo e risco, em nível de detalhe. O modelo de mapeamento desenvolvido é fundamentado em fatores predisponentes espacializáveis e validação em campo. Fatores não incluídos poderão ser agregados posteriormente. As cartas se destinam ao planejamento territorial e à prevenção de desastres, aplicáveis a planos diretores municipais e zoneamentos ecológico-econômicos, visando orientar a expansão urbana e evitar a edificação em áreas suscetíveis, bem como ao licenciamento ambiental e avaliação de impactos. Alerta-se que as cartas não devem ser utilizadas para tomada de decisão em escala de projeto de engenharia, bem como não são recomendadas para delimitar zonas de uso do solo. As cartas devem ser revistas periodicamente, à medida que surjam novos mapas temáticos e conhecimentos acerca dos processos analisados.

5 CONCLUSÕES

O mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em municípios abrangidos pelo PNGRRDN propiciou o desenvolvimento de métodos que se mostraram aplicáveis à diversidade de situações de terreno e de condições encontradas na maior parte das distintas regiões do território brasileiro. No que se refere aos municípios mapeados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, os resultados das aplicações efetuadas revelam uma compatibilidade relativamente maior em relação aos dados e informações observados durante a realização dos trabalhos de verificação e validação de campo.

Não obstante, algumas dificuldades específicas foram encontradas em relação às aplicações dos métodos, especialmente em municípios da região Norte, marcadas particularmente pela ausência de dados básicos compatíveis com a escala geográfica de trabalho adotada e pelos tipos de

modelos digitais de elevação disponíveis e empregados no mapeamento. Entre outros aspectos, essas dificuldades se mostram influenciadas pelas características de baixa amplitude topográfica e de alta densidade de cobertura vegetal, constatadas com frequência nessa região do País, mas também em outras regiões do território brasileiro, as quais requerem adaptações e complementações no sentido da geração de produtos mais compatíveis com a realidade observada durante a realização dos trabalhos de campo.

Considerando os dados dos 279 municípios inicialmente mapeados, distribuídos em vinte estados do País, observa-se que a incidência média de áreas com média e alta suscetibilidade em relação à área municipal, que inclui área urbanizada e área rural, analisados para o conjunto de cada UF, corresponde a inundações. O mesmo ocorre em relação à área urbanizada, onde há edificações e populações residentes, dentro do contexto de relevo de planícies e terraços. Quanto a bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa e enxurradas, a incidência é relativamente maior no caso de enxurradas, tanto em relação à área municipal quanto à área urbanizada. Convém, no entanto, atentar para o fato de que a inclusão de novos dados e informações, relativos a municípios ainda em fase de processamento no contexto do PNGRRDN, poderá gerar alterações nesse panorama geral. Deve-se observar, ainda, que, quando analisados em relação a cada município, os dados a respeito da incidência podem retratar situações muito distintas quando comparadas àquelas que se obtém segundo os valores das médias gerais de cada estado.

AGRADECIMENTOS

Registram-se os agradecimentos à CPRM pela viabilização dos trabalhos, aos colegas da CPRM e do IPT que participaram da execução dos mapeamentos e às equipes de prefeituras, defesa civil, órgãos estaduais e federais, institutos de pesquisas e universidades, pelo fornecimento de dados e informações diversas e pelo apoio de campo. Agradece-se, ainda, ao CNPq, pelo apoio a pesquisa sobre práticas e inovações em cartografia geotécnica.

REFERÊNCIAS

- Bitar O. Y. (Coord.). Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1:25.000: Nota Técnica Explicativa. 2014. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).
- Bitar O. Y. & Silva, S. F. da. Breve panorama sobre a incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em municípios das regiões Sul e Sudeste do Brasil. 2015. In: ABGE, Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 9, Anais, Cuiabá: CD-ROM.
- Brasil. 2013. Governo Federal. Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais - PNGRRDN. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/d0d2a5b6f24df2fea75e7f5401c70e0d.pdf>>. Acesso em: set. 2013.
- Brasil. 2012. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 11 abr. 2012.
- Bressani L.A. & Costa E.A da. 2013. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14, Anais, Rio de Janeiro: CD-ROM.
- Corsi A.C., Gramani M.F., Ogura A.T. Método para delimitação de bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa e enxurradas. In: ABGE, Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 9, Anais, Cuiabá: CD-ROM.
- Coutinho R. Q. (Coord. e Org.). 2013. Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. Recife, Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies - GEGEP; DECivil, 376 p.
- Diniz N.C. 2012. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2 (1):29-77.
- Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E., Savage W. Z. 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. Engineering Geology, 102: 85-111.
- Julião R. P., Nery F., Ribeiro J. L., Branco M. C., Zêzere, J. L. 2009. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009. Disponível em: <<http://www.dgotdu.pt/detail.aspx?channelID=85E8AD30-00F8-417E-9F12-EBFAFE6A5B4&contentId=3B54E44B-603C-4445-8C8A-ECC879127CEE>>. Acesso em: 17 set. 2013.
- Macedo E.S. & Bressani L.A. (Org.). 2013. Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo. São Paulo: ABGE; ABMS, 88 p.
- Ministério das Cidades. 2013. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2013.
- Rennó C.D., Nobre A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M. G., Tomasella, J., Waterloo, M. J. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment, 112 (9):3469-3481.
- Sobreira F.G. & Souza L.A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. 2012.

Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2(1):79-97.

Stabile R.A., Ferreira A. L., Carvalho A. M. de, Siqueira, A.G., Bitar O. Y. 2013. Análise de fatores

condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. In: In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14, Anais, Rio de Janeiro: CD-ROM.