

Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil

Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil

Primeira aproximação



Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Economia
Paulo Roberto Nunes Guedes

Secretário Especial de Fazenda
Waldery Rodrigues Junior

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE

Presidente
Susana Cordeiro Guerra

Diretor-Executivo
Fernando José de Araújo Abrantes

ÓRGÃOS ESPECÍFICOS SINGULARES

Diretoria de Pesquisas
Eduardo Luiz G. Rios Neto

Diretoria de Geociências
João Bosco de Azevedo

Diretoria de Informática
David Wu Tai

Centro de Documentação e Disseminação de Informações
Marise Maria Ferreira

Escola Nacional de Ciências Estatísticas
Maysa Sacramento de Magalhães

UNIDADE RESPONSÁVEL

Diretoria de Geociências
Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

Ministério da Economia
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências
Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil

Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil

Primeira aproximação



Rio de Janeiro
2019

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Av. Franklin Roosevelt, 166 - Centro - 20021-120 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

ISBN 978-85-240-4515-8

© IBGE. 2019

Capa/Ilustração

Fabio Muniz de Moura - Gerência de Editoração - CDDI

Ilustração adaptada daquela produzida por Bernardo Thadeu de Almeida Nunes.

Ficha catalográfica elaborada pela Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais do IBGE

Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil : primeira aproximação / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro : IBGE, 2019.

56p. : il.

Outro título: Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-240-4515-8

1. Deslizamentos (Geologia). 2. Geologia. 3. Brasil. I. IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. II. Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil.

CDU 551.435.62
AMB

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

Sumário

Apresentação	5
Introdução	7
Notas técnicas	9
Bases e conceitos	9
Materiais e métodos	12
Geologia	13
Geomorfologia	22
Pedologia	26
Cobertura e uso da terra e Vegetação	29
Declividade	33
Pluviosidade	35
Cálculo da suscetibilidade a deslizamentos	37
Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil	39
Validação e precisão	48
Considerações finais	49
Referências	51

Convenções

-	Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento;
..	Não se aplica dado numérico;
...	Dado numérico não disponível;
x	Dado numérico omitido a fim de evitar a individualização da informação;
0; 0,0; 0,00	Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento de um dado numérico originalmente positivo; e
-0; -0,0; -0,00	Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento de um dado numérico originalmente negativo.

Apresentação

Com o lançamento desta publicação, *Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação*, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE apresenta à sociedade o segundo volume da coleção *Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil*, contribuindo, assim, para o entendimento de tais episódios no País.

Essa coleção, cabe destacar, tem o objetivo de retratar o Território Nacional por meio de temas relacionados aos recursos naturais e ao meio ambiente. O diferencial de suas publicações reside na maneira de apresentação dos assuntos abordados, em que se imprime um esforço de simplificação do conteúdo e de ampliação do público-alvo, tornando-as acessíveis não só para especialistas, mas também para o público em geral, principalmente estudantes do ensino fundamental e médio.

Na presente publicação, aborda-se um tema pertinente à realidade brasileira atual, considerando que os deslizamentos estão quase sempre associados a desastres naturais, com perdas de vidas humanas e grande prejuízo financeiro. Nesse cenário, o presente estudo contribui para o reconhecimento de áreas suscetíveis a deslizamentos no Território Nacional, ensejando a difusão e a discussão de tema tão importante para os cidadãos brasileiros. Espera-se que esta obra fomente outras pesquisas para que, em um horizonte de médio a longo prazo, possa haver diminuição do impacto dos deslizamentos nas populações mais sensíveis.

João Bosco de Azevedo
Diretor de Geociências

Introdução

Os eventos de deslizamentos têm provocado, quase todos os anos, diversos problemas à sociedade, tais como destruição de edificações e equipamentos urbanos, prejuízos em atividades produtivas, impactos ambientais e perdas de vidas humanas. Frequentemente, o desencadeamento de um deslizamento ou uma série de deslizamentos tem resultado em eventos denominados desastres naturais, principalmente quando próximos ou inseridos em áreas urbanas. Episódios recentes ocorridos nos Estados de Santa Catarina, em 2008, e Rio de Janeiro – Ilha Grande (Angra dos Reis), em 2009; Niterói, em 2010; e na região serrana, em 2011 – ilustram os danos gerados por deslizamentos no Brasil. Bobrowsky e Dominguez-Cuesta (2012), em uma pesquisa realizada no Canadá, estimaram um custo entre 200 milhões e 400 milhões de dólares anuais para os impactos diretos e indiretos de deslizamentos naquele país.

No Brasil, a situação causa grande preocupação à sociedade civil e às autoridades governamentais. Devido às características de seu meio físico, seu clima tropical e à alta pluviosidade, o País apresenta um conjunto de fatores que favorecem, em algumas regiões, o desencadeamento de fenômenos de deslizamentos. Soma-se ainda a esse cenário uma dinâmica de uso e ocupação da terra muitas vezes desordenada, o que potencializa a incidência de deslizamentos e agrava seus impactos. Assim, devido à sua extrema importância, torna-se necessária, cada vez mais, a realização de estudos voltados para a temática de deslizamentos no Território Nacional.

Pesquisas voltadas para o reconhecimento da suscetibilidade a deslizamentos são importantes para identificar e mitigar riscos à população, além de subsidiar políticas públicas referentes ao planeja-

mento e à organização do território e à gestão ambiental, permitindo uma orientação a padrões de uso e ocupação da terra mais adequados.

No território brasileiro, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM tem produzido mapas nas escalas 1:25 000 e 1:50 000 com informações para o inventário sobre a suscetibilidade a deslizamentos em municípios prioritários sujeitos à ocorrência do fenômeno (CARTAS..., 2014). No entanto, apesar de constituírem elementos de comprovada utilidade para o planejamento do território, existe, ainda, um enorme vazio de informações no País.

No âmbito internacional, observa-se um interesse na representação regional da suscetibilidade a deslizamentos na última década. Em 2012, o Ministério dos Recursos Naturais do Canadá (Natural Resources Canada) produziu o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Canadá (Landslide Susceptibility Map of Canada), na escala 1:6 000 000 (BOBROWSKY; DOMINGUEZ-CUESTA, 2012), e, mais recentemente, diversas instituições europeias construíram o mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos daquele continente com resolução espacial de 200 m x 200 m (WILDE et al., 2018).

Nesse contexto, o IBGE, por meio de sua Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, tem produzido mapeamentos sistemáticos dos temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, e Uso e Cobertura da Terra. Trata-se de um banco de dados único, que cobre todo o País, e que contém diversos elementos que contribuem para a análise da suscetibilidade a deslizamentos de todo o território.

Dessa forma, visando contribuir para a melhoria e a ampliação da divulgação de informações sobre deslizamentos no Brasil, o presente estudo realiza uma primeira aproximação do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil, utilizando as informações produzidas pelo IBGE e outras instituições. Cabe ressaltar que o termo deslizamento aqui utilizado equivale a qualquer movimento gravitacional de massa, termo esse mais técnico. Trata-se de uma tradução do termo *landslides*, que, na literatura internacional, costuma representar genericamente todos os tipos de movimentos gravitacionais de massa (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Optou-se por essa denominação por sua maior simplicidade, o que pode propiciar uma abrangência e divulgação mais efetivas da obra.

Notas técnicas

Bases e conceitos

Deslizamento é um termo geral utilizado para descrever o movimento descendente de solo, rocha e matéria orgânica sob efeitos da gravidade, e a forma geomorfológica que resulta de tal movimentação (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Ademais, deslizamentos são movimentos gravitacionais geralmente potencializados pela ação da água e pela declividade. Ocorrem, basicamente, quando as forças de tração, dadas pela gravidade atuando na inclinação do terreno, superam as forças de resistência, principalmente as forças de atrito. A principal força de tração que causa movimentos de massas é a força de cisalhamento; quando ela supera a força de atrito, ocorre o movimento (MONTGOMERY, 1992).

Conforme dito anteriormente, neste estudo, o termo deslizamento possui o mesmo significado de movimento gravitacional de massa, denominação técnica difundida na literatura geocientífica brasileira.

No Brasil, as ocorrências de deslizamentos estão entre os eventos que mais causam danos humanos. Embora esses fenômenos sejam naturais, a interferência humana pode acelerá-los ou agravá-los. Um dos fatores que catalisam esses processos é a ocupação desordenada de áreas de encosta, decorrente de uma urbanização acelerada aliada à falta de planejamento adequado.

Existem diversas classificações de deslizamentos – ou movimentos gravitacionais de massa – disponíveis na literatura. O sistema de classificação de Freire (1965) *apud* Guidicini e Nieble (1984), construído a partir da combinação ou síntese de aspectos naturais ou geológicos, e amparado em classificações anteriores, é bastante difundido e de fácil

entendimento. Nesse sistema, existe uma taxonomia de deslizamentos, composta pelos tipos fundamentais denominados escoamentos, escorregamentos e subsidências. Os escoamentos consistem em deformação ou movimento contínuo, com ou sem superfície definida de escorregamento, sendo subdivididos em corridas, em um grupo, e rastejo e reptação, noutro. Os escorregamentos consistem em deslocamentos finitos, ao longo da superfície pré-existente ou de neoformação, e são subdivididos em escorregamentos translacionais e rotacionais. Por fim, as subsidências são deslocamentos finitos ou de deformação contínua vertical, contendo os subtipos denominados subsidências (**propriamente ditos**), recalques e desabamentos. Essa classificação com explicações adicionais de parâmetros físico-mecânicos-causais pode ser encontrada em Guidicini e Nieble (1984).

Highland e Bobrowsky (2008) apresentam uma classificação semelhante baseada na mecânica interna de deslocamento da massa do movimento, chegando aos tipos denominados queda (*fall*), tombamento (*topple*), escorregamento (*slide*), subsidência (*spread*), e escoamento ou fluxo (*flow*).

Em geral, o mapeamento ou zoneamento de deslizamentos é dividido em quatro tipos principais, de acordo com Fell e outros (2008): inventário, suscetibilidade, perigo e risco. No território brasileiro, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM tem produzido informações para o inventário da suscetibilidade a deslizamentos em municípios prioritários sujeitos à ocorrência desse fenômeno (CARTAS..., 2014).

Mapas de suscetibilidade mostram a distribuição espacial da suscetibilidade a deslizamentos em uma área (JACKSON; BOBROWSKY; BICHLER, 2012). Segundo Fell e outros (2008), trata-se de uma avaliação quantitativa ou qualitativa da classificação, volume (ou área) e distribuição espacial dos deslizamentos que existem ou potencialmente podem ocorrer em uma área.

Com o objetivo de aumentar a uniformidade, a acurácia e a confiabilidade dos estudos de suscetibilidade a deslizamentos presentes na literatura internacional, Fell e outros (2008) enumeraram diversas diretrizes para a elaboração de estudos de suscetibilidade, perigo e risco a deslizamentos. Os autores recomendam tipos e níveis de zoneamento e escalas dos mapas de zoneamento relacionados ao propósito de zoneamento de deslizamentos (Quadro 1).

Jackson, Bobrowsky e Bichler (2012) apontam cinco diferentes métodos de mapeamento para estimativa da suscetibilidade a deslizamentos: classificação subjetiva (baseados em um algoritmo subjetivo definido); movimento previsto (baseado em um percurso previsto ou zona de corrida); cálculo de estabilidade (baseado em cálculos de estabilidade das vertentes); variante relativa (baseado em um definido algoritmo estatístico e rigoroso); e probabilístico (baseado no relacionamento estatístico entre antigos deslizamentos e parâmetros conhecidos por serem associados com deslizamentos).

Sob essa perspectiva, cabe ressaltar que o presente estudo se propõe a elaborar um zoneamento regional de suscetibilidade, conforme sintetizado no Quadro 1, com o propósito informativo, compatível com a escala 1:1 000 000 (resolução espacial de 1 km x 1 km). Essas e outras características encaixam, portanto, este estudo em uma classificação subjetiva, segundo a abordagem de Jackson, Bobrowsky e Bichler (2012).

Ao longo do estudo, são empregados os termos tema, variável, atributo, grau de potencialidade a deslizamentos e peso para a apresentação e a descrição do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil.

Quadro 1 - Tipos e níveis de zoneamento e escalas de mapa aplicáveis, segundo o propósito de zoneamento de deslizamentos recomendado

Propósito de zoneamento	Tipo de zoneamento			
	Inventário	Suscetibilidade	Perigo	Risco
Zoneamento regional				
Informativo	X	X		
Consultivo	X	X	(X)	
Estatutário	Não recomendado			
Zoneamento local				
Informativo	X	X	X	(X)
Consultivo	(X)	X	X	X
Estatutário		(X)	X	(X)
Zoneamento em local específico				
Informativo	Não recomendado			
Consultivo	Não usado comumente			
Estatutário		(X)	X	X
Projeto (design)		(X)	(X)	X

Propósito de zoneamento	Nível de zoneamento			Escalas de mapa aplicáveis
	Preliminar	Intermediário	Avançado	
Zoneamento regional				1:25.000 até 1:250.000
Informativo	X			
Consultivo	X	(X)		
Estatutário				
Zoneamento local				1:5.000 até 1:25.000
Informativo	X	(X)		
Consultivo	X	X	X	
Estatutário		X	X	
Zoneamento em local específico				1:5000 até 1:1000
Informativo				
Consultivo				
Estatutário		X	X	
Projeto (design)		(X)	X	

Fonte: FELL, R. et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology, New York: Elsevier, v. 102, n. 3-4, p. 85-98, 2008. Tradução nossa.

Nota: X = Aplicável; (X) = Pode ser aplicável.

O termo **tema**, ou informação temática, faz referência às várias disciplinas e ao conjunto de dados e informações utilizados nesta produção. Os temas são os seguintes: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Cobertura e uso da terra e Vegetação, Declividade, e Pluviosidade. O termo **variável** é aplicado às características inerentes a cada tema, como a litologia e as características genéticas das rochas (Geologia) ou a textura e a profundidade dos solos (Pedologia). O termo **atributo** corresponde aos valores ou domínios aplicáveis a cada variável. A expressão **grau de potencialidade a deslizamentos** refere-se aos valores (adimensionais) subjetivos, na escala de 1 a 10, adotados para mensurar o potencial da variável quanto à probabilidade de ocorrência de deslizamentos. Por fim, o termo **peso** diz respeito à quantificação da importância de cada tema no cálculo dos graus de suscetibilidade a deslizamentos representados no mapeamento apresentado.

Materiais e métodos

Estudos de suscetibilidade a deslizamentos necessitam reunir elementos que expliquem adequadamente o funcionamento do fenômeno. Guidicini e Nieble (1984) subdividem os agentes e as causas do movimento em agentes predisponentes e efetivos. Agentes predisponentes, segundo os autores, se referem ao conjunto de condições geológicas geométricas e ambientais em que o movimento atua, em função apenas das condições naturais, excluindo-se a ação do homem. Assim, esses agentes são reconhecidos pelos complexos geológico, morfológico e climático-hidrológico; gravidade; calor solar; e tipo de vegetação natural. Por outro lado, os agentes efetivos são o conjunto de elementos diretamente responsáveis pelo fenômeno, incluindo-se a ação humana.

Para a construção do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil, foram avaliadas informações georreferenciadas que pudessem responder ao desencadeamento do fenômeno, orientadas pela abordagem dos agentes predisponentes e efetivos de Guidicini e Nieble (1984).

No que diz respeito aos agentes predisponentes, foram utilizadas as bases temáticas vetoriais na escala 1:250 000 de Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação, produzidas pelo IBGE, ao longo de 20 anos, no âmbito do projeto Mapeamento Sistemático de Recursos Naturais, as quais foram inseridas no Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA (IBGE, 2018a; IBGE, 2018b; IBGE, 2018c; IBGE, 2019a; IBGE, 2019b). Além dessas informações, utilizaram-se, também, as de declividade extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) originalmente produzido pelo projeto Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (NASA 2004) e pós-processado e aperfeiçoado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT¹ (JARVIS et al., 2008).

Em relação aos agentes efetivos, isto é, aquelas variáveis que, em geral, são responsáveis pela deflagração do deslizamento, foram utilizadas informações do Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2014-2016, na escala 1:1 000 000, do IBGE (MONITORAMENTO..., 2018), para reconhecimento da ocupação e uso do território brasileiro, bem como informações do Atlas Pluviométrico do Brasil, elaborado pelo CPRM (ATLAS..., 2011), na escala 1:5 000 000, para entendimento da pluviosidade (precipitações médias anuais).

Para a integração dessas bases de dados com origens substancialmente diversas e associadas a unidades geográficas incompatíveis, as informações temáticas foram agregadas à Grade Estatística do IBGE, na qual o País encontra-se dividido em células de 1 km x 1 km (GRADE..., 2016).

Dessa forma, são detalhados, a seguir, os procedimentos e as variáveis utilizados em cada um dos temas tratados e, em seguida, os métodos de avaliação e cálculo da suscetibilidade a deslizamentos, considerando todas as variáveis abordadas.

¹ Organização de pesquisa e desenvolvimento, sem fins lucrativos, dedicada a reduzir a pobreza e a fome, protegendo os recursos naturais de países em desenvolvimento. Baseada em Palmira, na Colômbia, integra o Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional do Consórcio de Informações Espaciais (Consultative Group on International Agricultural Research/Consortium for Spatial Information - CGIAR-CSI).

Geologia

Entre os fatores intrínsecos à Geologia, a litologia se mostra como uma condicionante fundamental para estudos de suscetibilidade a deslizamentos. Assim, essa variável foi avaliada com base no mapeamento geológico do Brasil, do IBGE, disponível na escala 1:250 000 (IBGE, 2019a; IBGE, 2019b). No entanto, considerou-se que a litologia, embora muito importante, se utilizada como um dado geológico isolado, mostra-se insuficiente para uma avaliação com esse viés. Isso porque um mesmo tipo de rocha, ou litologia, dependendo das suas características genéticas ou estratigráficas, pode apresentar diferentes graus de resistência aos processos de deslizamento. Por outro lado, o mapeamento geológico na escala 1:250 000 não representa a distribuição da litologia em si. Nessa escala, o mapeamento mostra a distribuição de unidades litoestratigráficas, as quais, em geral, são constituídas por uma associação de litologias com diferentes vulnerabilidades, sendo que nem sempre é possível discernir qual delas é a predominante. Além disso, a suscetibilidade a deslizamentos também pode apresentar diferenças significativas em função da presença e da intensidade de eventuais deformações tectônicas a que a rocha ou unidade geológica tenha sido submetida.

Em vista disso, na avaliação dos dados geológicos, utilizaram-se quatro fatores predisponentes, ou variáveis, que se acredita complementares e necessários para uma correta avaliação da suscetibilidade, ou resistência, das rochas aos movimentos gravitacionais de massa. São eles: a litologia; as características genéticas da litologia; a província estrutural; e a subprovíncia estrutural onde essas litologias estão inseridas.

As características genéticas da litologia são importantes por discernir litologias que, embora tenham a mesma classificação, têm origens diversas, implicando, geralmente, em comportamentos diferenciados. É o caso, por exemplo, dos granitos que tanto podem ser ígneos (álcali-granitos) quanto metamórficos (metagranitos ou granitos gnaissificados), ou dos arenitos que podem ser sedimentares clásticos (arenitos líticos), químicos (calcarenitos) ou vulconoclásticos (arenitos tufáceos). Tem-se, ainda, o amplo conjunto de rochas metamórficas onde os quartzitos, xistos ou os gnaisses podem pertencer a diferentes graus (baixo, baixo a médio, médio, médio a alto, e alto grau) na escala de pressão e temperatura do metamorfismo, e, assim, apresentar diferentes potencialidades a deslizamentos.

No tocante às províncias e subprovíncias estruturais, elas registram a história geológica das rochas e, portanto, agrupam as unidades litoestratigráficas segundo as suas características de evolução estratigráfica, magmática, tectônica e metamórfica, diferenciando-as em inúmeros aspectos, dentre os quais a intensidade e os tipos de deformação a que foram submetidas, de grande interesse para a presente avaliação.

Nesse contexto, as premissas básicas que nortearam a escolha dessas variáveis envolvem a consideração de que a litologia e as suas características genéticas se relacionam à resistência aos processos erosivos e, conseqüentemente, aos de deslizamentos. Por outro lado, as províncias e subprovíncias estruturais têm relação com a morfotectônica e a morfoestrutura, as quais, além de serem importantes condicionantes à morfogênese, se constituem em indicadores da intensidade de

deformação dos corpos rochosos e, conseqüentemente, do seu comportamento em relação a tais processos.

A essas quatro variáveis foram atribuídos graus de potencialidade a deslizamentos em uma escala que vai de 1 (um), representando o menor grau de potencialidade, a 10, o de maior grau. Tais variáveis são obtidas diretamente da tabela de unidades geológicas do BDIA (IBGE, 2019a), que, como já ressaltado, se constituem, em geral, de uma associação ou conjunto de litologias. Em função disso, no caso dessa variável, os pesos foram atribuídos para todos os tipos de rocha componentes das unidades, e obtida a média aritmética que representa o peso da associação como um todo.

Os graus finais de potencialidade a deslizamentos foram determinados pela média aritmética daqueles atribuídos a cada uma das variáveis, e aplicados aos 84 119 polígonos que compõem o mapeamento geológico.

Na Tabela 1, encontram-se relacionados os atributos das variáveis província e subprovíncia estruturais com seus respectivos graus de potencialidade a deslizamentos, de 1 a 10, observando-se que os valores atribuídos às províncias estruturais foram obtidos pela média dos graus de potencialidade considerados para as subprovíncias estruturais. A Tabela 2 mostra a relação das características genéticas das várias litologias mapeadas, as quais, com seus respectivos graus de potencialidade a deslizamentos, encontram-se listadas na Tabela 3.

O Mapa 1 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada ao tema.

Tabela 1 - Províncias e subprovíncias estruturais com indicação do grau de potencialidade a deslizamentos - Brasil

Províncias Estruturais	Subprovíncias Estruturais
Amazonas-Solimões (4)	Alter do Chão (2); Amazonas (9); Cururu-Penatecaua (2); Içá (1); Moa-Divisor (8); Solimões (4)
Amazônia (5)	Alto Guaporé (1); Bacajá-Tumucumaque-Cauarane (8); Cassiporé (8); Penatecaua (3); Complexos Alcalinos (7); Guiana Central (9); Jaci-Paraná (3); Oiapoque (1); Parima-Tapajós (8); Pau D'Arco (2); Rio Apa (2); Rio Negro-Juruena (8); Serra Arqueada (10); Tacutu (4)
Borborema (7)	Araripe (2); Cachoeirinha (8); Ceará Central (4); Zona Transversal (8); Bacias Interiores (3); Complexos Alcalinos (7); Granja (1); Macau (2); Magmática Pós-Orogênica (10); Martinópole-Ubajara (10); Paulistana-Monte Orebe (8); Pernambuco-Alagoas (8); Rio Ceará-Mirim (7); Rio Grande do Norte (10); Segipana-Riacho do Pontal (7); Seridó (10)
Coberturas Cenozoicas (1)	Alto Xingu (1); Baixo Tocantins (1); Bananal (1); Barreiras (1); Boa Vista (1); Indiscriminadas (1); Riftes Cenozoicos da Mantiqueira (1); Dunas do São Francisco (1); Guaporé (1); Pantanal (1); Rio Branco-Rio Negro (1)
Costeira e Margem Continental (3)	Bacias da Margem Continental (2); Complexo Alcalinos (7); Depósitos Costeiros (1); Foz do Amazonas-Marajó (1).
Província Gurupi (5)	Gurupi (5)
Mantiqueira (10)	Araçuaí-Rio Doce (10); Curitiba-Luiz Alves-Itajaí (10); Complexos Alcalinos (10); Embu-Rio Negro-Paranapiacaba (10); Pelotas (9); São Gabriel-Camaquã (8)
Paraná(6)	Bauru-Caiuá (2); Complexos Alcalinos (5); Paraná (9); Serra Geral (8); Telêmaco Borba (8)
Parecis (3)	Anari-Tapirapuã (3); Parecis (2); Pimenta Bueno-Casa Branca (5)
Parnaíba (6)	Alpercatas (9); Grajaú (2); Mosquito-Sardinha (3); Parnaíba (10)
Recôncavo-Tucano-Jatobá (3)	Recôncavo-Tucano-Jatobá (3)
São Francisco (6)	Bambuí (5); Espinhaço Meridional (10); Espinhaço-Chapada Diamantina (10); Jequié-Curaçá (3); Quadrilátero Ferrífero (9); Salitre (5); São Franciscana (2); Sobradinho-Paramirim (4)
São Luís (4)	São Luís (4)
Tocantins (7)	Araguaia-Tocantins (8); Arai-Serra da Mesa (9); Brasília (10); Corumbá-Alto Paraguai (10); Crixás-Goiás Velho (6); Bacias Interiores (2); Dianópolis (5); Complexos Alcalinos (7); Iporá-Amorinópolis (7); Magamática Pós-Orogênica (1); Mara Rosa (1); Paraguai (8); Porto Nacional-Nova Crixás (2); Socorro-Guaxupé (10)

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geologia.

Nota: A numeração entre parênteses representa o grau (1 a 10) atribuído a cada província ou subprovíncia estruturais.

Tabela 2 - Características genéticas das litologias e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

Características genéticas das litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos
Hipoabissal ácida-intermediária	4
Hipoabissal básica	5
Metamórfica de contato	5
Metamórfica de zona de cisalhamento	7
Metamórfica regional de grau alto	3
Metamórfica regional de grau baixo	7
Metamórfica regional de grau baixo a médio	6
Metamórfica regional de grau baixo a médio	6
Metamórfica regional de grau fraco	7
Metamórfica regional de grau fraco a baixo	8
Metamórfica regional de grau médio	5
Metamórfica regional de grau médio a alto	4
Metaplutônica	6
Metassedimentar	6
Metavulcanossedimentar	6
Plutônica ácida	1
Plutônica alcalina	2
Plutônica básica	3
Plutônica intermediária	3
Plutônica ultrabásica	4
Sedimentar clástica	8
Sedimentar clasto-química bem consolidada	4
Sedimentar clasto-química	9
Sedimentar piroclástica	8
Sedimentar química	10
Vulcânica ácida-intermediária	4
Vulcânica alcalina	4
Vulcânica básica/ultrabásica	5

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geologia.

Nota: Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

Tabela 3 - Litologias e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

(continua)

Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos	Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos
actinolita-xisto	5	calcoxisto	5
adamelito	1	calhau	8
alaskito	1	caliche	10
álcali feldspato-granito	1	canga	8
álcali feldspato-sienito	2	carbonatito	2
álcali granito	1	carvão	10
álcali sienito	2	cascalho	10
andesito	4	cataclasito	8
anfíbólio-xisto	5	coquina	10
anfíbólito	4	cordi-silim-granada-gnaisse	3
anortosito	3	cromitito	2
aplito	1	dacito	4
arcósio	8	diabásio	3
arcósio lítico	8	diamictito	7
ardósia	7	diatexito	1
areia	10	diopsídito	3
areia siltosa	10	diorito	3
arenito	8	dolomito	10
arenito argiloso	8	dunito	3
arenito caulínico	8	enderbitito	1
arenito siltico	8	epidotito	3
argila	8	escarnito	7
argilito	8	essexito	2
augen gnaisse	3	evaporito	10
basalto	3	fels	7
basalto alcalino	3	fenito	3
basanito	3	filito	7
bauxita	8	filito carbonoso	8
biotita-granito	1	filonito	7
biotita-hornblenda-granito	1	folhelho	8
biotita-xisto	5	folhelho betuminoso	10
brecha	8	folhelho carbonoso	10
brecha de falha	9	fonolito	3
brecha intraformacional	8	formação ferrífera	7
brecha vulcânica	6	fosforito	10
calcarenito	10	foyaito	2
calcário	10	gabro	3
calclutito	10	gabronorito	3
calcissilicática	4	gnaisse	3
calcixisto	5	gnaisse aluminoso	3

Tabela 3 - Litologias e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

(continuação)

Litologias	Gráus de potencialidade a deslizamentos	Litologias	Gráus de potencialidade a deslizamentos
gondito	5	meta-anostosito	6
granada-biotita-xisto	5	meta-arcósio	8
granada-gnaisse	3	meta-argilite	8
granada-xisto	5	metabasalto	5
granito	1	metabasito	5
granito a duas micas	1	metabrecha	8
granito a titanita	1	metabrecha vulcânica	8
granito aplito	1	metacalcário	10
granitoide	1	metachert	6
granoblastito	1	metaconglomerado	6
granodiorito	1	metadacito	5
granófiro	1	metadiabásio	3
granolito	1	metadiorito	3
granulito	1	metagabro	3
grauvaca	8	metagranito	1
greisen	5	metagranodiorito	1
jotunito	3	metagrauvaca	8
kersantito	2	metahornblendito	3
k-feldspato-quartzo-sienito	2	metakomatiito	6
kimberlito	3	metamáfica	5
kinzigito	1	metandesito	4
komatiito	5	metanorito	5
lamito	10	metapelito	7
lamprófiro	3	metaperidotito	5
laterito	8	metaultramáfica	5
latito	4	metavulcânica félsica	4
leptito	1	metavulcânica básica	5
leucitito	4	metavulcânica intermediária	5
leuco gabronorito	3	micaxisto	5
leuco granito	1	micro brecha	9
leuco granodiorito	1	micro granito	1
leuco monzogranito	1	micro granodiorito	1
linhito	3	micro monzonito	1
litchfieldito	2	micro nefelina monzonito	2
malignito	3	micro nefelina sienito	2
mangerito	1	micro quartzo diorito	3
marga	10	micro quartzo monzonito	1
mármore	6	micro sienito	2
matacão	5	migmatito	2
melteigito	3	milonito	7

Tabela 3 - Litologias e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

(continuação)

Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos	Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos
monzodiorito	3	rocha máfica	3
monzogabro	3	rocha metamórfica	5
monzogranito	1	rocha metassedimentar	5
monzonito	1	rocha metavulcânica	5
monzosienito	2	rocha plutônica	1
moscovita-granito	1	rocha sedimentar	8
nefelina-sienito	2	rocha ultrabásica	3
nefelinito	2	rocha ultramáfica	3
nordmarkito	2	rocha vulcânica	4
norito	3	seixo	8
olivina gabro	3	sequência pelitopsamítica	8
olivina-clinopiroxenito	3	serpentinito	5
olivina-piroxenito	3	sienito	2
ortoconglomerado	7	sienogranito	1
ortognaisse	3	silexito	1
ortognaisse granítico	3	silim-cordi-granada-gnaisse	3
ortognaisse granodiorítico	3	silim-cordi-granada-xisto	5
ortognaisse monzogranítico	3	silte	10
ortopiroxenito	3	siltito	8
ortoquartzito	3	siltito arenoso	8
paraconglomerado	7	subarcósio	8
paragnaisse	3	talco-xisto	7
pegmatito	1	tefrito	4
pelito	8	thermalito	4
peridotito	3	tilito	8
piriclasito	1	tonalito	1
piroxenito	3	traquiandesito	2
pitchstone	4	traquito	2
porfirito	4	tremolita-talco-xisto	5
protomilonito	7	tremolito	3
psamito	8	troctolito	1
pulaskito	2	trondhjemito	1
riebeckita granito	1	tufo	7
riodacito	4	tufo lítico	7
riolito	4	turfa	10
ritmitos	8	turmalinito	3
rocha alcalina	2	ultramilonito	5
rocha básica	3	urtito	5
rocha carbonatada	5	vogesito	3
rocha efusiva	4	vulcânica ácida	4

Tabela 3 - Litologias e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

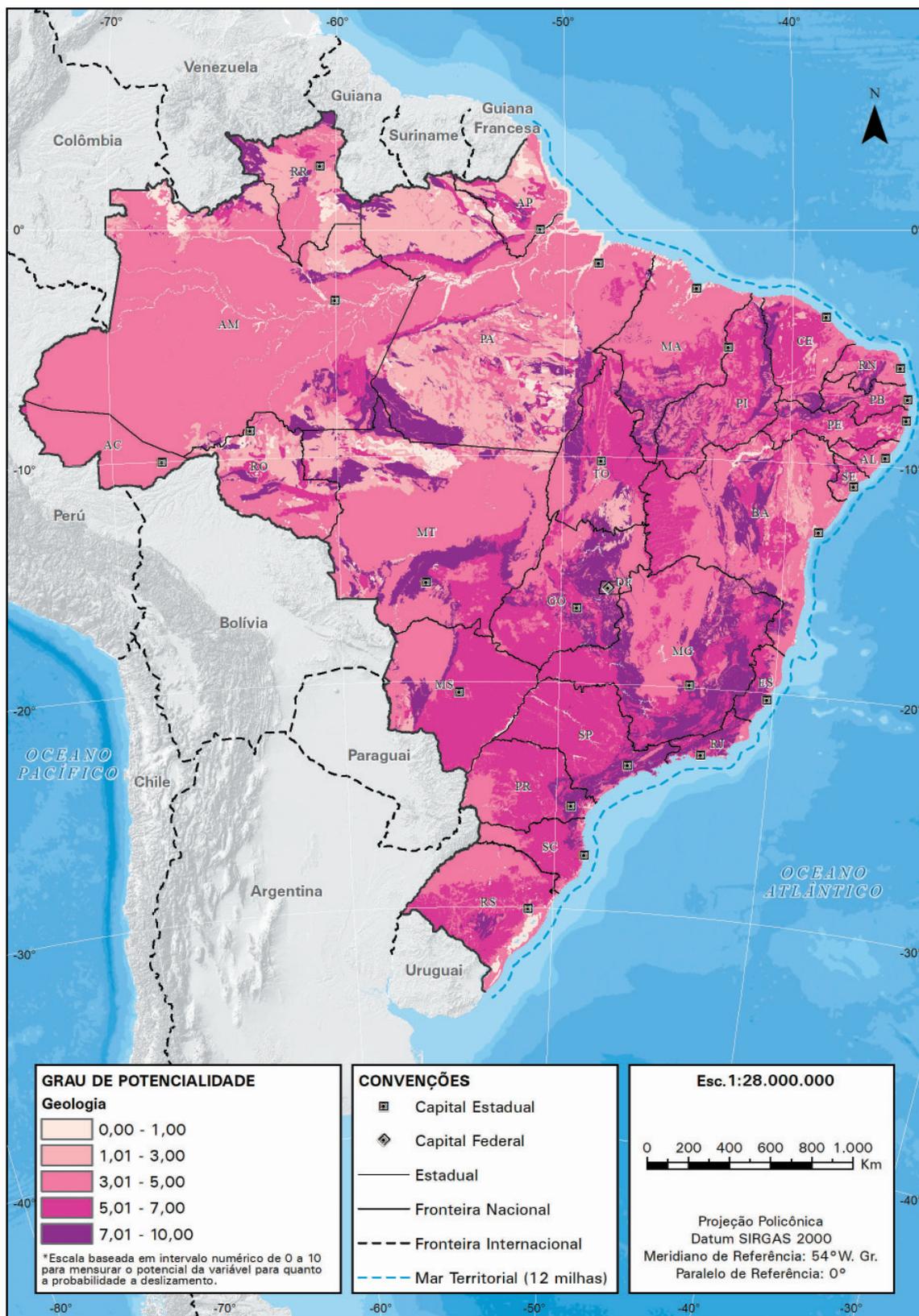
(conclusão)

Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos	Litologias	Graus de potencialidade a deslizamentos
caulim	10	metarritmito	8
charnockito	1	metassilito	8
charnoenderbitó	1	metatexitó	1
chert	5	metatonalito	1
clinopiroxenito	3	metatufo	8
clorita-talco-xisto	6	quartzito	4
coluvião	10	quartzito ferruginoso	4
conglomerado	7	quartzito micáceo	5
congl. polimít.	7	quartzito queratófiro	4
harzburgito	3	quartzito arenito	8
hidrotermalito	5	quartzolito	4
hornblenda-peridotito	3	quartzolito	1
hornblendito	3	quartzomonzonito	1
hornfels	5	quartzito-pórfiro	3
hulha	10	quartzito-sienito	2
ignimbrito	7	vulcânica intermediária	4
ijolito	2	websterito	3
itabirito	7	wehrlito	3
jaspilito	7	xisto	5
metapiroxenito	5	xisto aluminoso	5
metaquartzito diorito	4	xisto grafitoso	7
metarenito	8	xisto magnésiano	5
metarriodacito	4	xisto quartzítico	5
metarriolito	4	xisto ultramáfico	5

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geologia.

Nota: Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

Mapa 1 - Potencialidade a deslizamentos do tema Geologia



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geologia.

Nota: Elaboração a partir de dados da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Geomorfologia

As informações geomorfológicas utilizadas neste estudo são provenientes do mapeamento geomorfológico, na escala 1:250 000, produzido pelo IBGE (IBGE, 2018a; IBGE, 2019a). Esse mapeamento é baseado numa taxonomia de relevo, na qual são identificados domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas, modelados, e formas de relevo simbolizadas, do maior para o menor nível hierárquico (MANUAL..., 2009).

Para avaliação do grau de susceptibilidade a deslizamentos, referente às variáveis geomorfológicas, utilizou-se a quarta ordem de grandeza dessa taxonomia: os modelados. Trata-se de padrões de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais (MANUAL..., 2009). São identificados quatro tipos gerais de modelados – de acumulação (A), de dissecação (D), de dissolução (K), e de aplanamento (P) –, cada um dos quais possuindo diversos subtipos, de acordo com características geomorfológicas específicas. Por exemplo, os modelados de acumulação (A) podem ser planícies, como acumulação em planície fluvial (Apf), ou terraços fluviais (Atf), marinhos (Atm), lacustres (Atl) etc. Os modelados de dissecação (D) têm predominância no território brasileiro e apresentam valores de densidade de drenagem e aprofundamento das incisões em suas legendas, por meio de algarismos que variam de 1 a 5, do menor para o maior grau.

Assim, cada modelado foi classificado com um valor entre 1 e 10, sendo 1 equivalente ao grau mínimo de potencialidade a deslizamentos, e 10, ao grau máximo (Tabela 4). A classificação foi realizada por critérios técnicos, de acordo com as próprias características geomorfológicas que o modelado apresenta, porém sujeita à subjetividade da avaliação técnica.

O Mapa 2 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada ao tema.

Os conceitos e definições de cada modelado podem ser obtidos nas duas edições do Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (NUNES et al., 1995; MANUAL..., 2009), sendo que algumas legendas antigas da primeira edição ainda podem ser encontradas, pois ainda não foram atualizadas. Alguns modelados de dissecação foram classificados de forma limitada, por não apresentarem o algarismo referente à densidade de drenagem (indicados, em vermelho, na Tabela 4).

De maneira geral, aos modelados de acumulação (A) foram atribuídos graus menores de susceptibilidade, seguindo-lhes os modelados de aplanamento (P) e de dissolução (K). Os modelados de dissecação (D), em razão das informações de densidade de drenagem (primeiro algarismo numérico) e aprofundamento das incisões (segundo algarismo numérico), que variam de 1 a 5 conforme a intensidade, foram classificados com valores que acompanham tais magnitudes, porém foi dada maior relevância ao aprofundamento das incisões.

Tabela 4 - Modelados e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

(continua)

Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos	Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos	Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos
Ade	1	DEa23	5	DEc35	10
Afm	1	DEa24	8	DEc41	6
Ai1	1	DEa25	10	DEc42	7
Ai2	1	DEa3	5	DEc43	7
Ai3	1	DEa31	5	DEc44	9
Aii	1	DEa32	5	DEc45	10
Ape	1	DEa33	6	DEc51	6
Apf	1	DEa34	8	DEc52	7
Apfl	1	DEa35	10	DEc53	10
Apfl1	1	DEa41	6	DEc54	10
Apfm	1	DEa42	7	DEt11	1
Apl	1	DEa43	7	DEt13	5
Aplg	1	DEa44	9	DEt21	3
Apm	1	DEa45	10	DEt22	4
Aptf	2	DEa51	6	DEt23	5
Aptfl	2	DEa52	7	DEt31	5
Arc	5	DEa53	10	DEt32	5
Atf1	3	DEa54	10	DEt33	6
Atf2	3	DEc11	1	DEt34	8
Atf3	3	DEc12	3	DEt35	10
Atfl1	3	DEc13	5	DEt41	6
Atfl2	3	DEc14	7	DEt42	7
Atfm1	3	DEc21	3	DEt43	7
Atlg1	3	DEc22	4	DEt44	9
Atlg2	3	DEc23	5	DEt51	6
Atm1	3	DEc24	8	DEt52	7
Atm2	3	DEc25	10	Da1	1
DEa11	1	DEc31	5	Da11	1
DEa12	3	DEc32	5	Da12	3
DEa21	3	DEc33	6	Da13	5
DEa22	4	DEc34	8	Da15	10

Tabela 4 - Modelados e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

(conclusão)					
Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos	Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos	Modelados	Graus de potencialidade a deslizamentos
Da2	3	Dc23	5	Dt23	5
Da21	3	Dc24	8	Dt24	8
Da22	4	Dc25	10	Dt3	5
Da23	5	Dc3	5	Dt31	5
Da24	8	Dc31	5	Dt32	5
Da25	10	Dc32	5	Dt33	6
Da3	5	Dc33	6	Dt34	8
Da31	5	Dc34	8	Dt35	10
Da32	5	Dc35	10	Dt4	8
Da33	6	Dc4	7	Dt41	6
Da34	8	Dc41	6	Dt42	7
Da35	10	Dc42	7	Dt43	7
Da4	7	Dc43	7	Dt44	9
Da41	7	Dc44	9	Dt51	6
Da42	7	Dc45	10	Dt52	7
Da43	7	Dc5	10	Dt53	10
Da44	9	Dc51	6	Dt54	10
Da45	10	Dc52	7	Kc	5
Da5	10	Dc53	10	Kd	5
Da51	6	Dc54	10	Ke	5
Da52	7	De	5	Pge	3
Da53	10	Dei	10	Pgi	3
Da54	10	Dir	1	Pgu	3
Dc1	1	Dr	7	Pi	3
Dc11	1	Dt1	1	Pp	4
Dc12	3	Dt11	1	Pre	2
Dc13	5	Dt12	3	Pri	2
Dc15	10	Dt13	5	Pru	2
Dc2	3	Dt2	3		
Dc21	3	Dt21	3		
Dc22	4	Dt22	4		

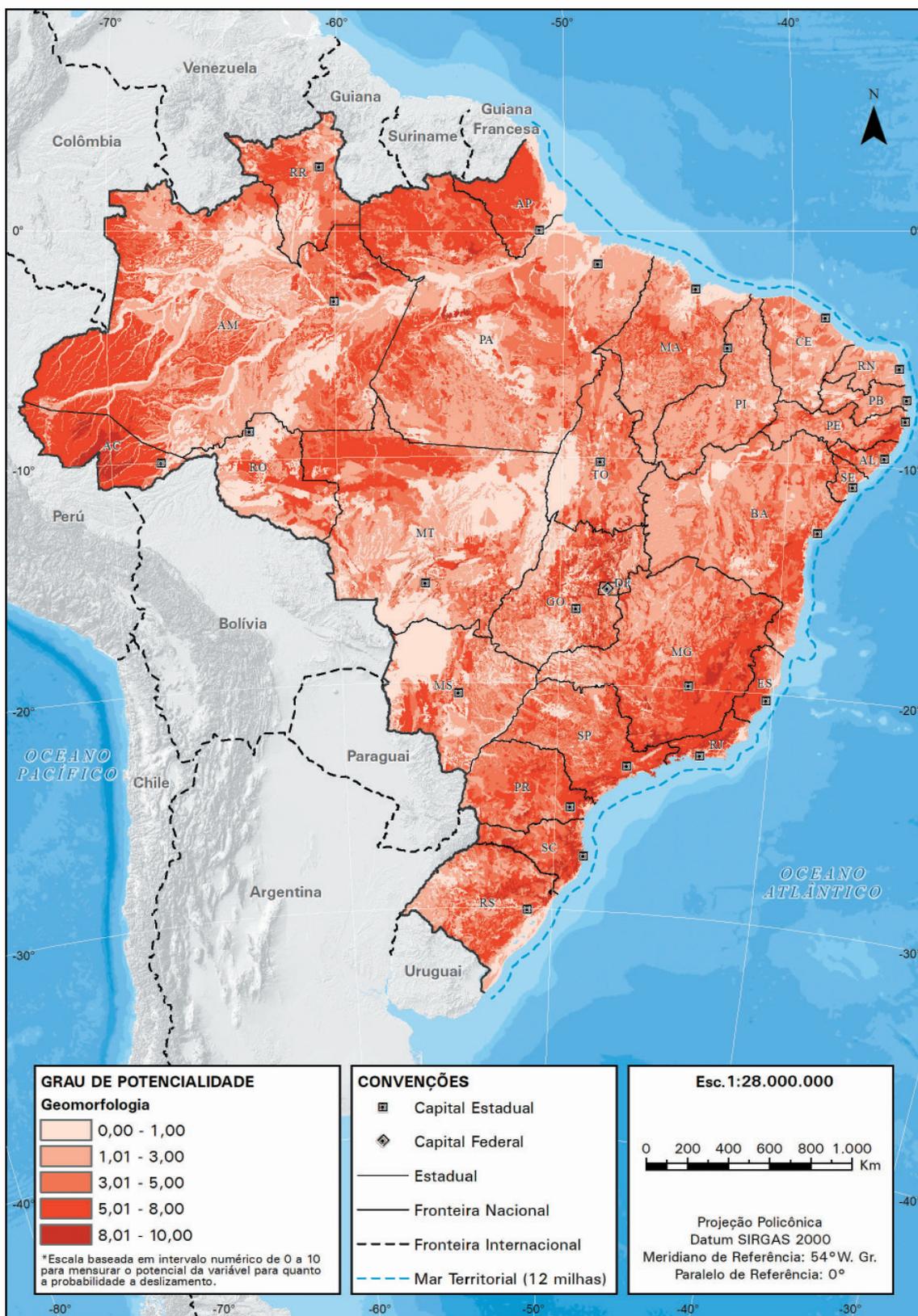
Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geomorfologia.

Notas: 1. Os valores em vermelho indicam modelados que tiveram seus graus estimados de maneira limitada.

2. Consideram-se quatro tipos gerais de modelados: de acumulação (A), de dissecação (D), de dissolução (K), e de aplanamento (P).

3. Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

Mapa 2 - Potencialidade a deslizamentos do tema Geomorfologia



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Geomorfologia.

Nota: Elaboração a partir de dados da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Pedologia

Os graus de potencialidade a deslizamentos referentes a este tema foram determinados a partir de análises das informações pedológicas do Brasil que estão inseridas nos dados gráficos do Banco de Dados de Informações Ambientais de Pedologia. Nesse banco, constam as cartas vetoriais das unidades de mapeamento da Pedologia, na escala 1:250 000 em recorte ao milionésimo, de todo o Território Nacional (IBGE 2018b; IBGE, 2019a).

Para essas análises, levou-se em consideração a classe de solo dominante das unidades de mapeamento, em consonância com os critérios estabelecidos na terceira edição do Manual Técnico de Pedologia do IBGE (MANUAL..., 2015). Solos que ocorrem em menor expressão, seja como subdominantes, seja como inclusões, em unidades de mapeamento combinadas, ou em unidades simples, não foram considerados.

Para a determinação dos graus de potencialidade a deslizamentos dos dados pedológicos do Brasil, foram selecionadas características do solo que influenciam a capacidade de infiltração e condutividade hidráulica do solo, bem como a dispersão de argila, as quais são preponderantes para o desencadeamento de mecanismos de movimentos gravitacionais e de liquefação do solo. As variáveis do solo utilizadas na análise – profundidade, textura e relação textural – estão subentendidas na classificação taxonômica, ou seja, constam direta ou indiretamente na legenda do mapeamento pedológico do IBGE.

Cada atributo dessas variáveis recebeu uma nota de 1 a 10, após avaliações subjetivas, sendo que quanto maior a nota, maior a sua potencialidade a deslizamentos. Na composição da nota final (grau de potencialidade), considerou-se o valor de maior nota (mais restritiva) nos atributos avaliados, por meio de análise multicriterial ponderada. Tendo em vista que as áreas urbanas não foram classificadas no mapeamento pedológico do IBGE, atribuiu-se o grau mínimo (1) para que não fosse calculada em duplicidade com as classes de cobertura e uso da terra.

No que diz respeito à profundidade do solo, foram consideradas características que interferem na capacidade de infiltração, percolação e condutividade hidráulica do solo, em alguns momentos refletida negativamente pela baixa evolução pedogenética. Os solos foram subdivididos em rasos, pouco profundos, profundos e muito profundos, de acordo com os atributos presentes na legenda do mapeamento pedológico do IBGE. Portanto, quanto menor a espessura do solo, maior o grau de potencialidade a deslizamentos atribuído. Essa característica propicia avaliação dos possíveis riscos de saturação do solo, o que pode induzir a uma diminuição ou ruptura das forças de tensão, desencadeando movimentos gravitacionais, associados ou não à dispersão da argila, levando ao aumento da fluidez ou mesmo ao estado de liquefação do solo.

Quanto à textura do solo, que diz respeito à proporção granulométrica entre areia, silte e argila, foi utilizado o agrupamento textural, binário ou não, juntamente com a distribuição de cascalhos dos solos dominantes das unidades de mapeamento. As 321 combinações de textura e presença de cascalho presentes no mapeamento pedológico do IBGE receberam notas de 1 a 10. Essa propriedade do solo influencia a agregação, a coesão, a consistência, a porosidade do solo e as interações eletroquímicas entre os colóides do solo, a solução e os solutos.

Os grupamentos texturais que foram classificados como mais suscetíveis a deslizamentos foram aqueles que apresentaram maior presença de cascalho e maior teor de silte. Solos de textura média ou orgânica foram classificados como menos suscetíveis. Portanto, conforme a textura do solo, associada ou não à presença de cascalhos, diferente será seu comportamento e sua suscetibilidade a deslizamentos. Isso porque a textura afeta a infiltração, a percolação, a condutividade hidráulica saturada e não saturada, o potencial matricial (atração da água pela matriz do solo), a estabilidade de agregados, o grau de floclulação e o grau de dispersão da argila.

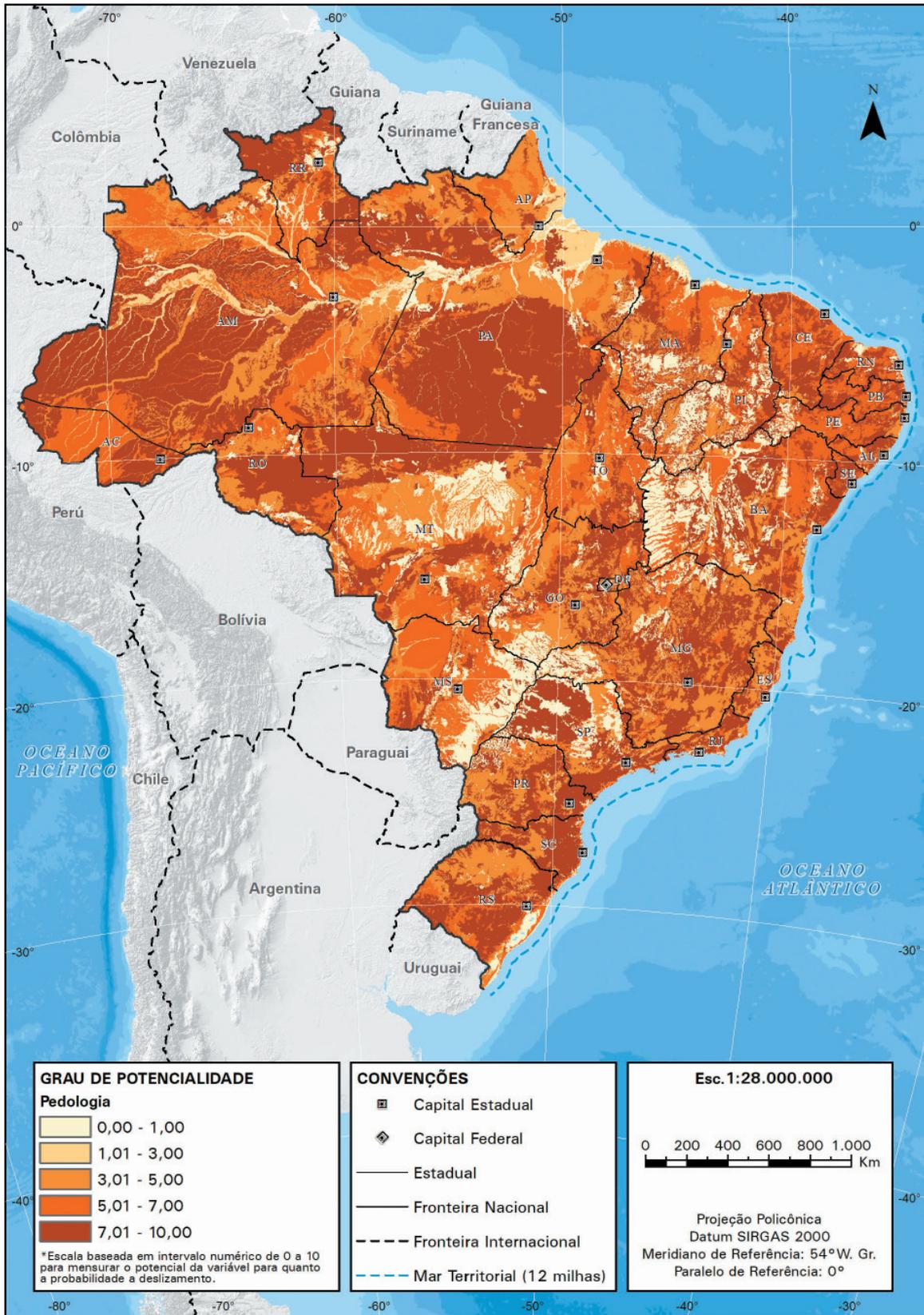
Assim, por exemplo, solos mais argilosos apresentam maior microporosidade e porosidade total, maior potencial matricial e menor condutividade hidráulica, favorecendo a saturação. Nesse caso, quanto maior for a declividade, maior será o aumento do peso específico, o que reduz a coesão, gera sobrecarga e promove a ruptura, desencadeando deslizamentos, associados ou não à dispersão da argila, e, conseqüentemente, a liquefação do solo.

A relação textural do solo é uma variável que mostra a diferença no teor da fração argila entre o horizonte superficial e o horizonte subsuperficial, que pode ser formado por diferentes processos pedogenéticos. Essa propriedade do solo influencia a condutividade hidráulica saturada e não saturada, a continuidade de poros, a diferença no potencial matricial ao longo do perfil, bem como a resistência à infiltração e a percolação da água em subsuperfície.

Para classificar a potencialidade a deslizamentos quanto à relação textural, foram selecionados atributos e horizontes diagnósticos que indicam diferenças texturais no solo. Quanto mais acentuada for a relação textural (teores de argila no horizonte B mais elevados que no horizonte A), maior a potencialidade a deslizamentos.

O Mapa 3 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada ao tema.

Mapa 3 - Potencialidade a deslizamentos do tema Pedologia



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Pedologia.

Nota: Elaboração a partir de dados da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Cobertura e uso da terra e Vegetação

Diversos trabalhos sobre suscetibilidade a deslizamentos têm utilizado informações do meio físico associadas ao uso e cobertura da terra ou à vegetação (VAN WESTEN; CASTELLANOS; KURIAKOSE, 2008; MUGAGGA; KAKEMBO; BUYINZA, 2012; REICHENBACH *et al.*, 2014). Uma vez que o IBGE faz o levantamento dos recursos naturais do Brasil e conduz o monitoramento da cobertura e uso da terra, pôde-se utilizar os Mapas de Vegetação e de Cobertura e Uso da Terra (IBGE, 2018c; IBGE, 2019a; MONITORAMENTO..., 2018) como insumos, ou tema, para a elaboração do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil.

Para a cobertura e uso da terra, dentre as 12 classes apresentadas, excluíram-se os corpos d'água, que representavam duas classes: corpo d'água continental e corpo d'água costeiro. Assim, para as 10 classes remanescentes, os graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação estão discriminados na Tabela 5. Como os temas Cobertura e uso da terra e Vegetação foram integrados em um único mapa, os graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos às formações vegetais (Tabela 6) foram associados àqueles apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Classes de cobertura e uso da terra e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

Classes de cobertura e uso da terra	Graus de potencialidade a deslizamentos
Vegetação florestal	1
Vegetação campestre/Área úmida	2
Silvicultura	4
Área descoberta	5
Mosaico de ocupações em área florestal/Mosaico de ocupações em área campestre	6
Pastagem com manejo	8
Área agrícola	9
Área artificial	10

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil, Escala 1:1 000 000.

Nota: Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

Tanto a classe Vegetação florestal quanto a classe Vegetação campestre representam ambientes naturais; no entanto, optou-se por atribuir graus diferenciados de potencialidade a deslizamentos para ambas devido aos seus portes. Elas foram consideradas de baixa suscetibilidade a deslizamentos.

Para o monitoramento da cobertura e uso da terra, a classe Silvicultura representa plantios florestais em monocultura. Assim, mesmo sendo uma classe antrópica, o grau a ela atribuído se aproxima do atribuído às classes naturais por apresentar semelhança estrutural. A classe Área descoberta representa regiões sem aporte vegetal, com ocorrência de solo exposto, rochas, dunas etc.; no entanto, por serem áreas naturais, atribuiu-se um grau mediano para suscetibilidade a deslizamentos. Para as classes Mosaico de ocupações em área florestal e Mosaico de ocupações em área campestre, considerou-se que essas áreas apresentam nível de antropismo intermediário, sendo mais elevado que o daquelas citadas anteriormente, representando,

dessa forma, regiões mistas de áreas naturais e altamente antropizadas. Essas classes foram consideradas de média suscetibilidade a deslizamentos.

As classes Pastagem com manejo, Área agrícola e Área artificial foram consideradas de elevado nível de antropismo. Para distinção dos seus graus de potencialidade a deslizamentos, considerou-se que a maior intensidade de intervenção humana na Área agrícola contribui para um grau maior que aquele associado à Pastagem com manejo. A Área artificial apresentou o maior grau de potencialidade a deslizamentos dentre todas as classes analisadas devido à presença de edificações e pavimentação que alteram, de forma significativa, as condições edáficas e bióticas do meio. Essas classes foram consideradas de alta potencialidade a deslizamentos. Cabe ressaltar que, devido à escala cartográfica utilizada, a premissa adotada nessa análise exclui as áreas artificiais que, por ventura, correspondam a obras de contenção ou estabilidade de encostas ou que façam isso indiretamente.

Apesar de outros estudos não contemplarem todas as classes presentes no monitoramento da cobertura e uso da terra, realizado pelo IBGE (MONITORAMENTO..., 2018), os valores atribuídos às classes de cobertura e uso da terra neste estudo são compatíveis com os valores de suscetibilidade a deslizamentos associados a classes de cobertura e uso da terra produzidas por outros mapeamentos (CANAVESI et al., 2013; SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2014).

A cobertura vegetal é o grande manto protetor do solo contra as diversas situações de desequilíbrio que ocorrem na natureza, causadas, principalmente, por enxurradas que acarretam erosão, lixiviação, entre outras alterações. Nesse aspecto, visando medir o papel que cada uma das diferentes formações vegetais encontradas no País exerce para atenuar esse impacto, foram atribuídos graus de potencialidade a deslizamentos para cada uma delas, de acordo com as seguintes características apresentadas pelos indivíduos na cobertura vegetal: o tipo de copa e o porte, se arbóreo, arbustivo ou herbáceo; a forma de distribuição desses indivíduos no terreno, se adensada ou raleada; e a presença ou não de sub-bosque.

Mesmo tendo objetivos diferentes, os levantamentos da vegetação realizados, ao longo de décadas, no território brasileiro, permitiram elaborar, empiricamente, a Tabela 6 com os graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos a cada formação ou contato de vegetação. Conforme pode ser observado nessa tabela, as formações vegetais e seus contatos com outros tipos de vegetação registram os mais baixos graus de potencialidade a deslizamentos. Nas formações florestais, o grau mais baixo é o da Floresta Ombrófila Densa, pelas seguintes razões: possui árvores altas, copas densas que se tocam, quase sem espaços entre elas, e sub-bosque também denso. O grau aumenta para a Floresta Ombrófila Aberta, por apresentar os indivíduos bastante espaçados pela ocorrência de cipós, palmeiras, bambus etc. Os graus mais altos entre as fitofisionomias florestais estão nas Florestas Estacionais Semidecíduais e Decíduais, em função da perda de folhas na época desfavorável.

Nas formações campestres, a Savana registra o menor grau de potencialidade a deslizamentos por apresentar, de um modo geral, indivíduos que não perdem as folhas e copas bem formadas na maior parte das áreas onde ocorrem. O maior grau, por outro lado, é observado na Estepe, onde predomina o porte herbáceo dos indivíduos que compõem essa formação.

Os graus de potencialidade a deslizamentos para as classes de cobertura e uso da terra e para as formações florestais brasileiras foram adequados para que houvesse consistência, uma vez que esses temas são considerados interdependentes. Assim, os graus de formações florestais ficaram compreendidos entre 1 e 2, enquanto os graus de formações campestres, entre 3 e 4, de acordo com Tabela 6.

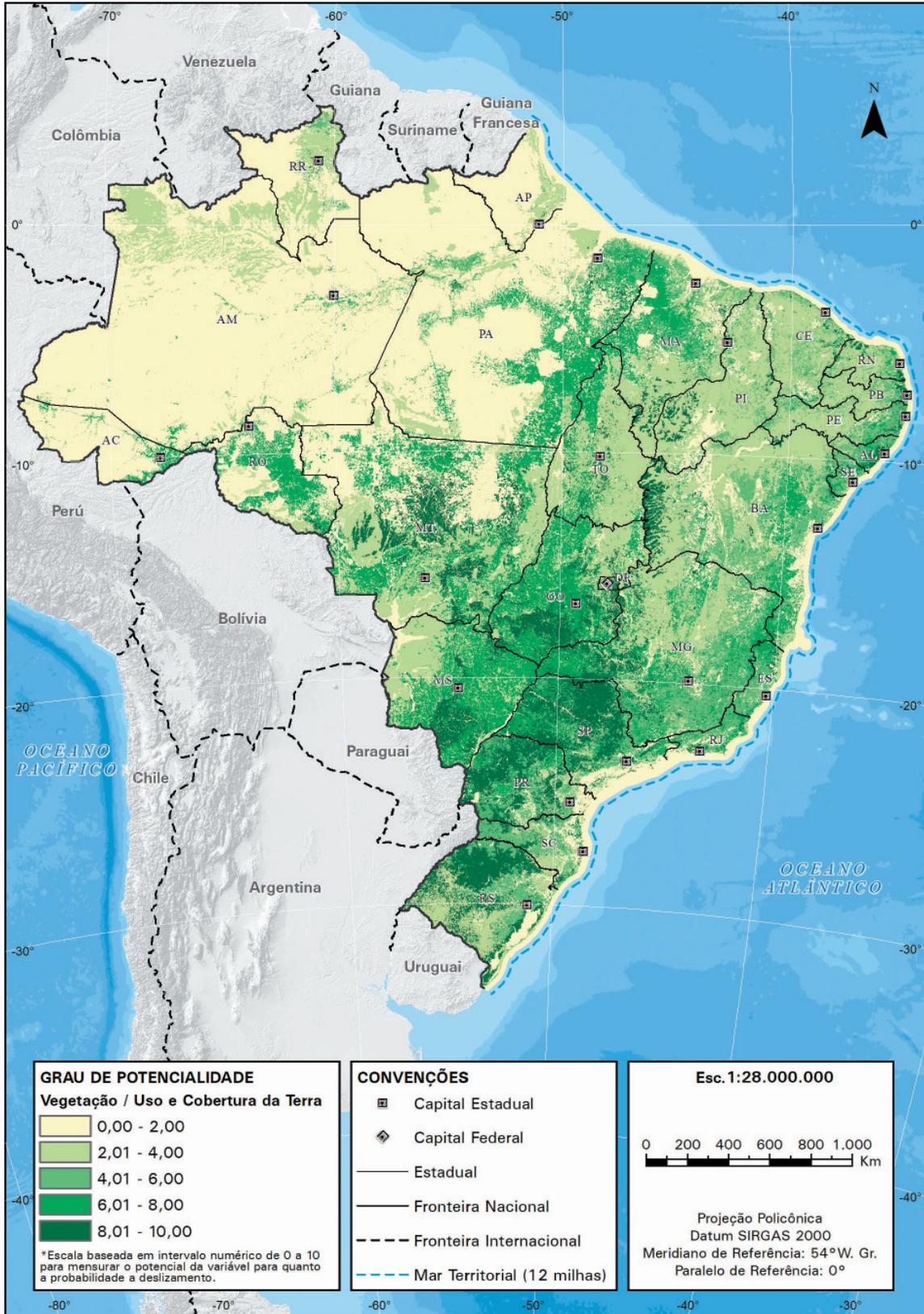
O Mapa 4 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada aos temas.

Tabela 6 - Formações vegetais, contatos vegetacionais e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

Formações vegetais	Graus de potencialidade a deslizamentos
Floresta Ombrófila Densa	1,1
Floresta Ombrófila Aberta	1,2
Floresta Ombrófila Mista	1,2
Floresta Estacional Semidecidual	1,3
Floresta Estacional Decidual	1,4
Campinarana	2,6
Savana	2,5
Savana-Estépica	2,7
Estepe	2,9
Refúgios	2,9
Formações Pioneiras	2,8
Contatos vegetacionais	Graus de potencialidade a deslizamentos
Estepe-Floresta Ombrófila Mista (EM)	1,9
Estepe-Floresta Estacional (EN)	1,8
Estepe-Formações Pioneiras (EP)	2,9
Campinarana-Floresta Ombrófila (LO)	1,5
Floresta Estacional-Floresta Mista (NM)	1,3
Floresta Estacional-Formações Pioneiras (NP)	1,6
Floresta Ombrófila-Floresta Mista (OM)	1,2
Floresta Ombrófila-Floresta Estacional (ON)	1,3
Floresta Ombrófila-Formações Pioneiras (OP)	1,5
Savana-Floresta Ombrófila Mista (SM)	1,4
Savana-Floresta Estacional (SN)	1,5
Savana-Floresta Ombrófila (SO)	1,3
Savana-Formações Pioneiras (SP)	2,5
Savana-Savana Estépica (ST)	2,6
Savana-Floresta Estacional-Savana Estépica (SNT)	1,7
Savana Estépica-Floresta Estacional (TN)	1,6
Savana Estépica-Floresta Ombrófila (TO)	1,5
Savana Estépica-Formações Pioneiras (TP)	2,9

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Vegetação.

Mapa 4 - Potencialidade a deslizamentos dos temas Cobertura e uso da terra e Vegetação



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Banco de Dados de Informações Ambientais - Vegetação e Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil, Escala 1:1 000 000.

Nota: Elaboração a partir de dados da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Declividade

A declividade é um dos principais fatores do desencadeamento dos fenômenos de deslizamento, conforme apontam inúmeros estudos voltados para essa temática, a exemplo dos realizados no Canadá e no continente europeu (BOBROWSKY; DOMINGUEZ-CUESTA, 2012; WILDE et al., 2018), que dão à declividade um papel fundamental nas avaliações de suscetibilidade a deslizamentos.

Para essas análises, foram consideradas imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE) CGIAR-CSI-SRTM41, originalmente produzido pelo projeto Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (NASA 2004) e pós-processado e aperfeiçoado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT² (JARVIS et al., 2008).

O MDE é uma representação digital da superfície terrestre em que as informações de elevação (altimetria) são armazenadas em uma estrutura de dados do tipo matricial, organizada em elementos dispostos em linhas e colunas, comumente referenciados na literatura e programas computacionais como dados *raster*, tendo como menor elemento de representação a entidade denominada *pixel* (HUNTER; GOODCHILD, 1997; CASANOVA et al., 2005). As informações altimétricas estão representadas em imagens com *pixels* de 90 m x 90 m. Os dados altimétricos foram tratados no *software* ArcGIS 10.3, por meio da função *slope*, que calcula a taxa máxima de mudança entre o *pixel* e sua vizinhança, identificando a maior inclinação entre um *pixel* e seus oito vizinhos e atribuindo o valor calculado em percentual ao *pixel* analisado (BURROUGH; MCDONELL, 1998 *apud* ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2016).

Posteriormente, agruparam-se os valores de declividade, segundo as classes definidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979), como apresentado na Tabela 7. Os graus de potencialidade a deslizamentos de cada classe foram estimados segundo a premissa de quanto maior a declividade, maior a probabilidade de ocorrência de fenômenos de movimentos gravitacionais de massa.

O Mapa 5 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada ao tema.

Tabela 7 - Classes de declividade e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

Classes de declividade	Declividade (%)	Graus de potencialidade a deslizamentos
Plano	0 - 3	1
Suave-ondulado	3 - 8	3
Ondulado	8 - 20	5
Forte-ondulado	20 - 45	8
Montanhoso	45 - 75	9
Escarpado	>75	10

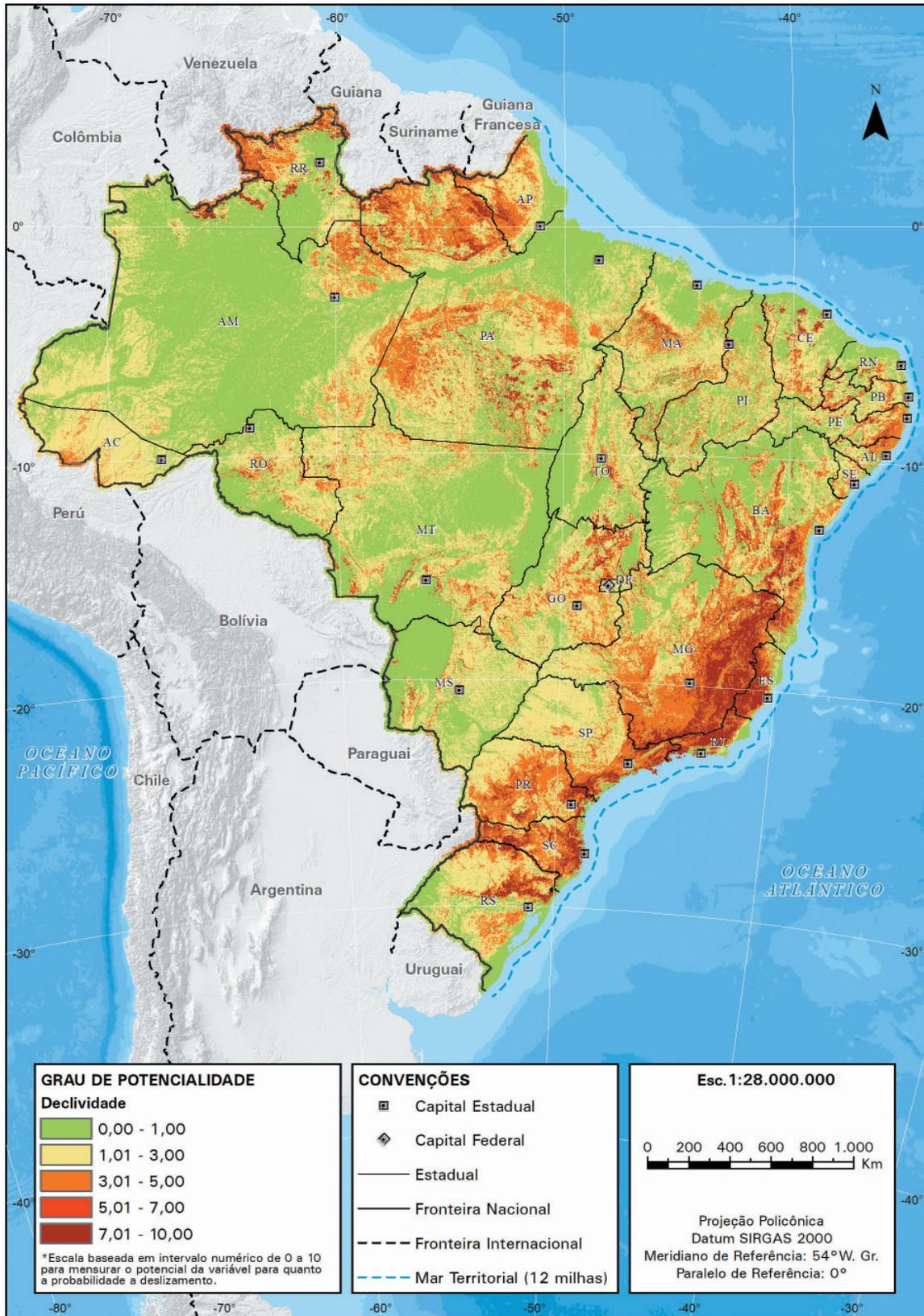
Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Notas: 1. Elaboração a partir das classes de declividade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979).

2. Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

² Ver nota 1.

Mapa 5 - Potencialidade a deslizamentos do tema Declividade



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: Elaboração a partir de dados da NASA (2004) e da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Pluviosidade

Em geral, as chuvas costumam ser a principal variável deflagradora de deslizamentos em ambientes tropicais. Quanto mais intenso o episódio de precipitação, isto é, o volume de chuva em um determinado período, maior a probabilidade de ocorrerem eventos de deslizamentos em áreas predispostas, nas quais os meios físico, biótico e artificial favoreçam a ocorrência de movimentos de massa.

Devido à indisponibilidade de informações de intensidade de chuva para todo o território brasileiro, optou-se por utilizar a precipitação média anual oriunda do Atlas Pluviométrico do Brasil, elaborado pelo CPRM (ATLAS..., 2011), como insumo dessa variável. Apesar da limitação evidente, é esperado, mesmo que de modo genérico, que as áreas que apresentem maiores valores de precipitação média anual também sejam aquelas que, em geral, contenham mais episódios intensos de chuva.

Dessa forma, foram definidos graus que seguem a premissa de quanto maior a precipitação média anual, maior a suscetibilidade a deslizamentos (Tabela 8). Contudo, cabe ressaltar que as precipitações no Brasil são, em geral, bem elevadas por quase todo o território. Logo, considerou-se que 1 500 mm/ano, por exemplo, já seria um alto valor de precipitação média anual, e, portanto, esse valor foi associado a um alto grau de potencialidade a deslizamentos.

O Mapa 6 apresenta a potencialidade a deslizamentos relacionada ao tema.

Tabela 8 - Classes de precipitação média anual e respectivos graus de potencialidade a deslizamentos atribuídos na avaliação

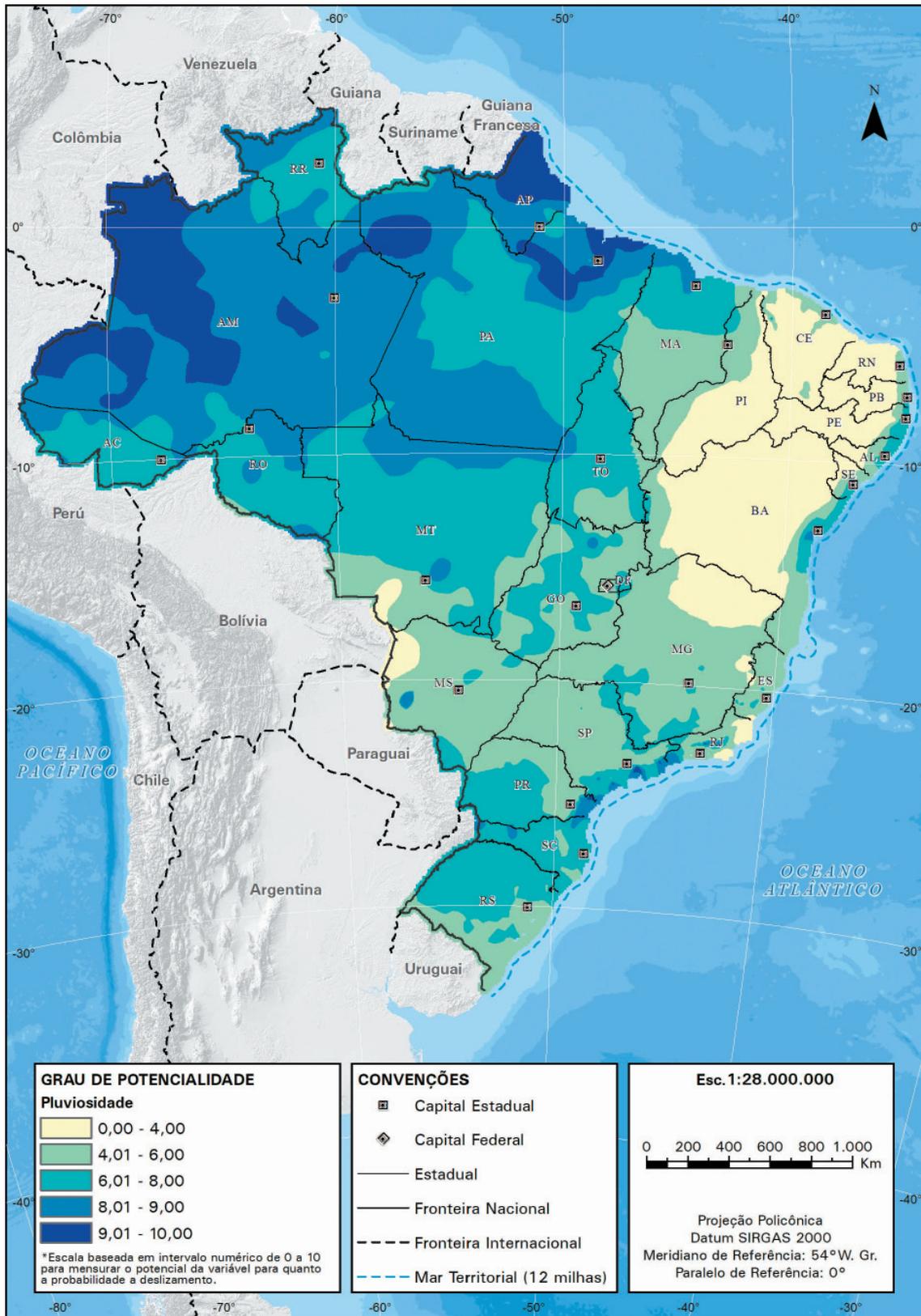
Classes de precipitação média anual (mm)	Graus de potencialidade a deslizamentos
400 - 1000	4
1000 - 1500	6
1500 - 2000	8
2000 - 2500	9
2500 - 4300	10

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Notas: 1. Elaboração a partir de dados do CPRM (ATLAS..., 2011).

2. Os graus de potencialidade a deslizamentos variam de 1 a 10.

Mapa 6 - Potencialidade a deslizamentos do tema Pluviosidade



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: Elaboração a partir de dados do CPRM (ATLAS..., 2011) e da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Cálculo da suscetibilidade a deslizamentos

O cálculo da suscetibilidade a deslizamentos foi realizado em duas etapas: integração das informações temáticas e elaboração de algoritmo para o respectivo cálculo. Para tal, é imprescindível que todas as informações estejam integradas. A dificuldade de integrar dados espaciais de diversos temas mapeados com critérios e unidades geográficas diferentes é comumente conhecido na Geografia. Esse problema é superado pela Grade Estatística, elaborada pelo IBGE, que consiste em uma interface espacial organizada em células quadradas hierarquizadas em grade que visa compatibilizar informações pelo processo de desagregação dos dados espaciais geometricamente incompatíveis para unidades geográficas menores, regulares e estáveis ao longo do tempo, estabelecendo, assim, um denominador espacial comum entre as unidades geográficas analisadas (GRADE..., 2016). A grade estatística possui diversas resoluções de células hierarquicamente ligadas, e, ao considerar a natureza, a escala, o escopo geográfico e a capacidade de processamento dos dados a serem integrados, foi estabelecido o uso das células com dimensões de 1 km x 1 km.

Os seis temas contemplados no estudo – Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Cobertura e uso da terra e Vegetação, Declividade, e Pluviosidade –, classificados com graus de 1 a 10 em relação à potencialidade de deslizamentos, como visto no tópico **Materiais e métodos**, foram integrados à grade estatística. O método de agregação utilizado foi o de máxima sobreposição, que consiste em definir qual atributo predomina em cada célula, sendo os valores predominantes assumidos para toda a célula. Em seguida, tendo em vista a enorme quantidade de dados a serem processados, os vetores já agregados à grade estatística foram convertidos para o formato *raster*.

Para o cálculo da suscetibilidade a deslizamentos, foram realizadas várias simulações, tecnicamente coerentes, atribuindo-se diferentes pesos aos temas utilizados na avaliação, de acordo com o comportamento e a importância esperada para cada um deles. As simulações foram realizadas por meio do aplicativo Raster Calculator, da ferramenta Álgebra de Mapas (Map Algebra), do *software* ArcGis 10.3, no qual pesos de 0% a 100% eram aplicados à tabela de atributos dos mapas de potencialidade a deslizamentos temáticos, calculando-se, a seguir, a soma algébrica dos resultados para cada célula da grade estatística.

Para comparabilidade entre as simulações, foram realizadas classificações de dados pelo Método de Quebras Naturais (Natural Breaks/Jenks), por meio do *software* ArcGis 10.3. Nesse método, são identificadas as quebras de classe que melhor agrupam valores similares e maximizam as suas diferenças.

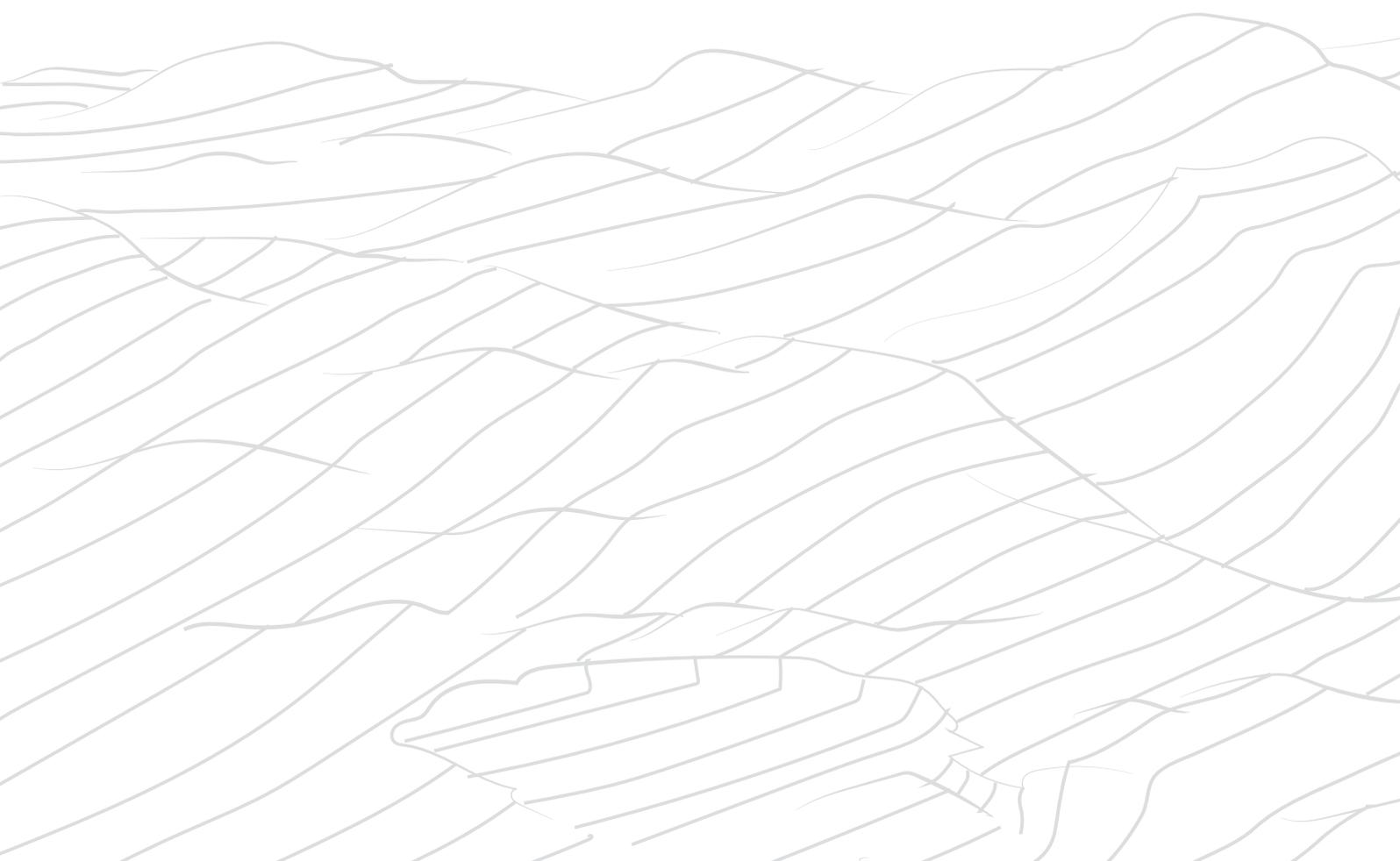
Posteriormente, todas as simulações realizadas foram avaliadas pela equipe técnica, sendo excluídas as que apresentaram dados anormais e preservadas as demais, e, por processo de eliminação, foi determinada a simulação que melhor representa a suscetibilidade a deslizamentos de acordo com os conhecimentos técnico-científicos da equipe e das características ambientais do território brasileiro. Os pesos considerados na simulação escolhida são apresentados na Tabela 9.

As cinco classes de suscetibilidade a deslizamentos definidas pelo Método Natural Breaks e os respectivos intervalos quantitativos (graus) resultantes das operações algébricas são: muito baixa (0-3,50), baixa (3,51-4,50), média (4,51-5,50), alta (5,51-6,50), e muito alta (6,51-10). Sobre esses intervalos é importante observar que o menor valor encontrado foi 0,70, enquanto o maior, 9,25, com uma grande concentração entre 3,50 e 6,50, o que explica a sua maior amplitude para as classes muito baixa (0-3,50) e muito alta (6,51-10) em relação às demais.

Tabela 9 - Pesos atribuídos aos temas utilizados na avaliação

Tema	Peso
Total	100
Geologia	15
Geomorfologia	20
Pedologia	15
Cobertura e uso da terra e Vegetação	10
Declividade	35
Pluviosidade	5

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.



Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil

Os cálculos que integram os temas avaliados, mencionados na seção anterior, por meio dos pesos definidos na Tabela 9, resultaram no Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil (Mapa 7), que ilustra a distribuição das cinco classes de suscetibilidade definidas neste estudo: muito baixa, baixa, média, alta, e muito alta.

A Tabela 10 mostra as áreas total e percentual de suscetibilidade a deslizamentos, por classes, segundo as Grandes Regiões e as Unidades de Federação. Os valores de área foram ponderados, estatisticamente, para as áreas oficiais do Brasil (ÁREAS..., 2019). Os Gráficos 1 a 6 ilustram esses percentuais para o Brasil e as cinco Grandes Regiões.

De maneira geral, nota-se uma forte correspondência entre os mapas de suscetibilidade (Mapa 7) e declividade (Mapa 5), possivelmente em razão do maior peso desse tema no cálculo. É possível observar que as Regiões Sul e Sudeste concentram as maiores áreas de suscetibilidade alta ou muito alta, as quais, por sua vez, estão em regiões serranas ou planálticas. Tais regiões possuem a característica comum de terem sido edificadas em terrenos geológicos de grande mobilidade e fragilidade crustal – tanto aquelas com resposta isostática positiva (epirogênese) em relação às orogêneses andinas, quanto as fortemente afetadas pela fragmentação do supercontinente Gondwana, para a formação do Oceano Atlântico Sul, ao longo das Eras Mesozoica e Cenozoica. Isso é particularmente importante nos domínios dos cinturões móveis neoproterozoicos e arqueanos, nas bacias do tipo rifte paleo-mesoproterozoicas, e nas bordas de bacias sedimentares paleozoicas. Nessas áreas se encontram modeladas as principais regiões serranas, de planaltos e de chapadas do relevo brasileiro. Por outro lado, as grandes planícies e

as áreas deprimidas do País, localizadas, predominantemente, nas Regiões Norte e Centro-Oeste, concentram os trechos de menor suscetibilidade a deslizamentos, conforme o esperado. Ao contrário daquelas que apresentam alta ou muito alta suscetibilidade a deslizamentos, essas são áreas de longa estabilidade crustal. Nelas se situam o embasamento dos crátons neoproterozoicos – sítios das grandes depressões do relevo brasileiro –, cuja movimentação vertical, onde registrada, é, em geral, negativa (subsidência), daí a formação de planícies. É possível observar que as áreas de suscetibilidade muito baixa ou baixa correspondem a mais de 60% do território, enquanto as de suscetibilidade alta ou muito alta representam, aproximadamente, 15% (Gráfico 1).

Na Região Norte (Gráfico 2), cerca de 70% das áreas são pouco suscetíveis a deslizamentos (classes muito baixa ou baixa) em razão da presença de extensas áreas de depressão sobre o Cráton Amazônico, cuja subsidência no Cenozóico, em algumas áreas, originou as Planícies Amazônica, do Bananal, Guaporé, Rio Branco-Rio Negro e outras menores. As poucas áreas de suscetibilidade alta ou muito alta – 6% e 2%, respectivamente – se encontram, principalmente, nas bordas de áreas planálticas e nas serras situadas nos Estados do Pará, Amazonas, Amapá, Roraima e Rondônia. Essas áreas, em linhas gerais, estão esculpidas sobre:

- Cinturões metamórficos arqueanos e proterozoicos, em Carajás, no Estado do Pará; Tumucumaque-Vila Nova e Ipitinga, no Estado do Amapá; e Parima e Imeri, no Estado de Roraima;
- Bordas da Bacia Sedimentar Paleozoica do Amazonas, nos Estados do Pará e Amazonas; e
- Bacias do tipo rifte paleo e mesoproterozoicos que formam serras e planaltos residuais no sul e no norte do Estado do Pará; serras Tunuí, Caparro e Neblina, no Estado do Amazonas; Imeri, Pacaraima e Monte Roraima, no Estado de Roraima; e Pacaás Novos e Uopiane, no Estado de Rondônia.

Os planaltos desenvolvidos sobre a Bacia Sedimentar do Amazonas ou os planaltos residuais sobre o Cráton Amazônico também apresentam baixa ou muito baixa suscetibilidade a deslizamentos nas áreas afastadas de suas bordas. A preservação das áreas de florestas, campinaranas e savanas da Região Norte, associada a uma menor taxa de ocupação humana – 8,72% aproximadamente, segundo o IBGE (ESTIMATIVAS..., 2019) –, também contribuem para a predominância de áreas de baixa ou muito baixa suscetibilidade nessa região.

A Região Nordeste (Gráfico 3) tem 67% de sua área classificada como de suscetibilidade baixa ou muito baixa e aproximadamente 14% caracterizada por suscetibilidade alta ou muito alta. Em geral, as áreas pouco suscetíveis se localizam nos topos planos de chapadas ou planaltos e nas depressões. As chapadas estão bem representadas no sul dos Estados do Piauí e do Maranhão; esculpidas em sedimentos paleozoicos da Bacia Sedimentar do Parnaíba, no oeste da Bahia; em sedimentos mesozoicos da Bacia do Urucuia (São Franciscana) e no sul do Ceará e leste de Pernambuco; e na Bacia Sedimentar Paleozoica e Mesozoica do Araripe. Os trechos de suscetibilidade alta ou muito alta se encontram em terrenos declivosos, como nas áreas serranas da Chapada Diamantina, uma bacia do tipo rifte paleo-mesoproterozoica, e nas bordas do Planalto da Borborema, sobre cinturões metamórficos neoproterozoicos da Borborema.

A Região Sudeste (Gráfico 4) é a única onde as classes de suscetibilidade alta ou muito alta são, proporcionalmente, as de maior extensão (25% e 23%, respectivamente). Tal fato está diretamente ligado à presença de grandes feições serranas, como as Serras do Mar, da Mantiqueira e da Canastra, modeladas em rochas metamórficas dos cinturões móveis neoproterozoicos Brasília e Mantiqueira; das serras do Quadrilátero Ferrífero, em cinturões metamórficos arqueanos e paleoproterozoicos; e da Serra do Espinhaço, em bacia do tipo rifte do Paleoproterozoico. Os atributos geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de declividade presentes nessas feições fisiográficas contribuem para altos valores de suscetibilidade a deslizamentos. Nas Serras do Mar e da Mantiqueira, dominam neossolos litólicos, cambissolos e argissolos, bem como solos mais desenvolvidos, como os latossolos, mesmo em situação de elevada declividade, devido ao regime de ombrofilia associado a litologias com presença de minerais ferromagnesianos, contribuindo para a alta suscetibilidade. Além disso, ressalta-se a elevada ocupação antrópica dessa região, que concentra, aproximadamente, 42% da população brasileira, segundo o IBGE (ESTIMATIVAS..., 2019). Esse contingente populacional reflete as alterações no uso do solo que contribuem para os resultados descritos anteriormente. As áreas de suscetibilidade baixa ou muito baixa perfazem, aproximadamente, 30% da Região Sudeste e estão situadas, principalmente, no norte e oeste do Estado de Minas Gerais, na Bacia Sedimentar do Paraná no Estado de São Paulo, e nas planícies costeiras da região.

A Região Sul (Gráfico 5) é a segunda com as maiores proporções de áreas com suscetibilidade alta ou muito alta (24% e 16%, respectivamente). Tais áreas estão ligadas, em geral, a bordas de planaltos, como o Planalto Dissecado do Rio Uruguai, na Bacia Sedimentar do Paraná, e a algumas áreas serranas, como a Serra do Mar Paranaense e as Serras do Leste Catarinense, desenvolvidas sobre rochas metamórficas do Cinturão Móvel Mantiqueira. Essas áreas serranas, com elevada declividade, propiciam o desenvolvimento de solos rasos e com incipiente desenvolvimento, como os neossolos litólicos e cambissolos háplicos, que predominam nessas áreas, contribuindo para a classificação em alta ou muito alta suscetibilidade. As áreas de suscetibilidade baixa ou muito baixa correspondem a 52% da Região Sul e estão, em geral, associadas a áreas suaves nos planaltos e nas planícies costeiras.

A Região Centro-Oeste (Gráfico 6) apresenta proporções semelhantes às da Região Norte, com extensas áreas de suscetibilidade baixa ou muito baixa, relacionadas, principalmente, às Planícies do Pantanal e do Bananal e aos topos suaves e planos de planaltos e chapadas, a exemplo dos Planaltos dos Parecis, Chapada dos Parecis e Planalto do Alto Xingu, desenvolvidos sobre sedimentos mesozoicos da Bacia Sedimentar do Parecis. Os trechos de suscetibilidade alta ou muito alta correspondem a 8% e 4%, respectivamente, e se encontram, principalmente, em porções serranas ou planálticas no centro do Estado de Goiás, desenvolvidas em rochas metamórficas do Cinturão Móvel Brasília e das bacias do tipo rifte Araí, Natividade e Serra da Mesa. Encontram-se, também, nas serras e bordas de planaltos que bordejam o Pantanal, esculpidos em rochas sedimentares e metamórficas do Cinturão Móvel Neoproterozoico Paraguai, tais como a Serra da Bodoquena e os Complexos Serranos dos Planaltos do Alto Paraguai.

Cabe ressaltar que o cálculo de área tem como limitação metodológica a resolução da grade estatística utilizada (1 km x 1 km), necessária em função tanto da escala dos mapeamentos das variáveis componentes do estudo, quanto do processamento das informações e dos cálculos. Nesse sentido, ao afirmar que 23% da área da Região Sudeste tem uma suscetibilidade a deslizamentos muito alta, por exemplo, deve-se levar em

consideração que o cálculo foi feito a partir do número de *pixels* da classe muito alta no total de *pixels* da Região Sudeste. Sendo assim, o resultado indica que 23 quadrículas em cada 100, nessa região, têm susceptibilidade muito alta, mas cada uma delas é considerada como uma célula homogênea neste estudo. Uma resolução maior do mapeamento (quadrículas de menor tamanho) implicaria em um outro resultado, com mais detalhes.

Tabela 10 - Classes de susceptibilidade a deslizamentos, por área total e percentual, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação

(continua)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Área total (km ²)	Classes de susceptibilidade a deslizamentos					
		Muito Baixa		Baixa		Média	
		Área (km ²)	Percentual (%)	Área (km ²)	Percentual (%)	Área (km ²)	Percentual (%)
Brasil	8 510 821	2 876 634	33,8	2 376 233	27,9	1 887 201	22,2
Norte	3 851 281	1 511 476	39,2	1 136 744	29,5	911 025	23,7
Rondônia	237 765	109 428	46,0	55 333	23,3	51 905	21,8
Acre	164 124	14 087	8,6	20 603	12,6	117 046	71,3
Amazonas	1 559 168	792 657	50,8	462 395	29,7	259 463	16,6
Roraima	224 274	89 147	39,7	53 273	23,8	46 784	20,9
Pará	1 245 759	378 781	30,4	394 443	31,7	330 588	26,5
Amapá	142 471	37 154	26,1	46 831	32,9	46 293	32,5
Tocantins	277 720	90 221	32,5	103 866	37,4	58 948	21,2
Nordeste	1 551 991	575 716	37,1	458 694	29,6	301 776	19,4
Maranhão	329 642	116 284	35,3	101 919	30,9	68 937	20,9
Piauí	251 617	121 542	48,3	64 324	25,6	43 760	17,4
Ceará	148 895	31 523	21,2	70 762	47,5	31 415	21,1
Rio Grande do Norte	52 810	18 506	35,0	23 914	45,3	6 671	12,6
Paraíba	56 467	8 727	15,5	24 278	43,0	15 503	27,5
Pernambuco	98 068	25 974	26,5	28 522	29,1	25 736	26,2
Alagoas	27 843	3 352	12,0	7 586	27,2	8 170	29,3
Sergipe	21 927	2 304	10,5	5 457	24,9	8 498	38,8
Bahia	564 723	247 502	43,8	131 934	23,4	93 085	16,5
Sudeste	924 565	129 064	14,0	160 667	17,4	192 673	20,8
Minas Gerais	586 521	93 173	15,9	102 220	17,4	105 853	18,0
Espírito Santo	46 074	5 657	12,3	5 722	12,4	4 978	10,8
Rio de Janeiro	43 750	6 046	13,8	2 784	6,4	2 611	6,0
São Paulo	248 219	24 189	9,7	49 941	20,1	79 231	31,9
Sul	576 743	48 239	8,4	124 241	21,5	172 648	29,9
Paraná	199 305	7 820	3,9	30 659	15,4	64 271	32,2
Santa Catarina	95 731	3 418	3,6	8 714	9,1	21 200	22,1
Rio Grande do Sul	281 707	37 001	13,1	84 867	30,1	87 177	30,9
Centro-Oeste	1 606 239	612 140	38,1	495 888	30,9	309 078	19,2
Mato Grosso do Sul	357 146	148 985	41,7	118 056	33,1	66 114	18,5
Mato Grosso	903 207	395 146	43,7	270 741	30,0	164 041	18,2
Goiás	340 126	66 996	19,7	104 681	30,8	77 838	22,9
Distrito Federal	5 761	1 012	17,6	2 410	41,8	1 085	18,8

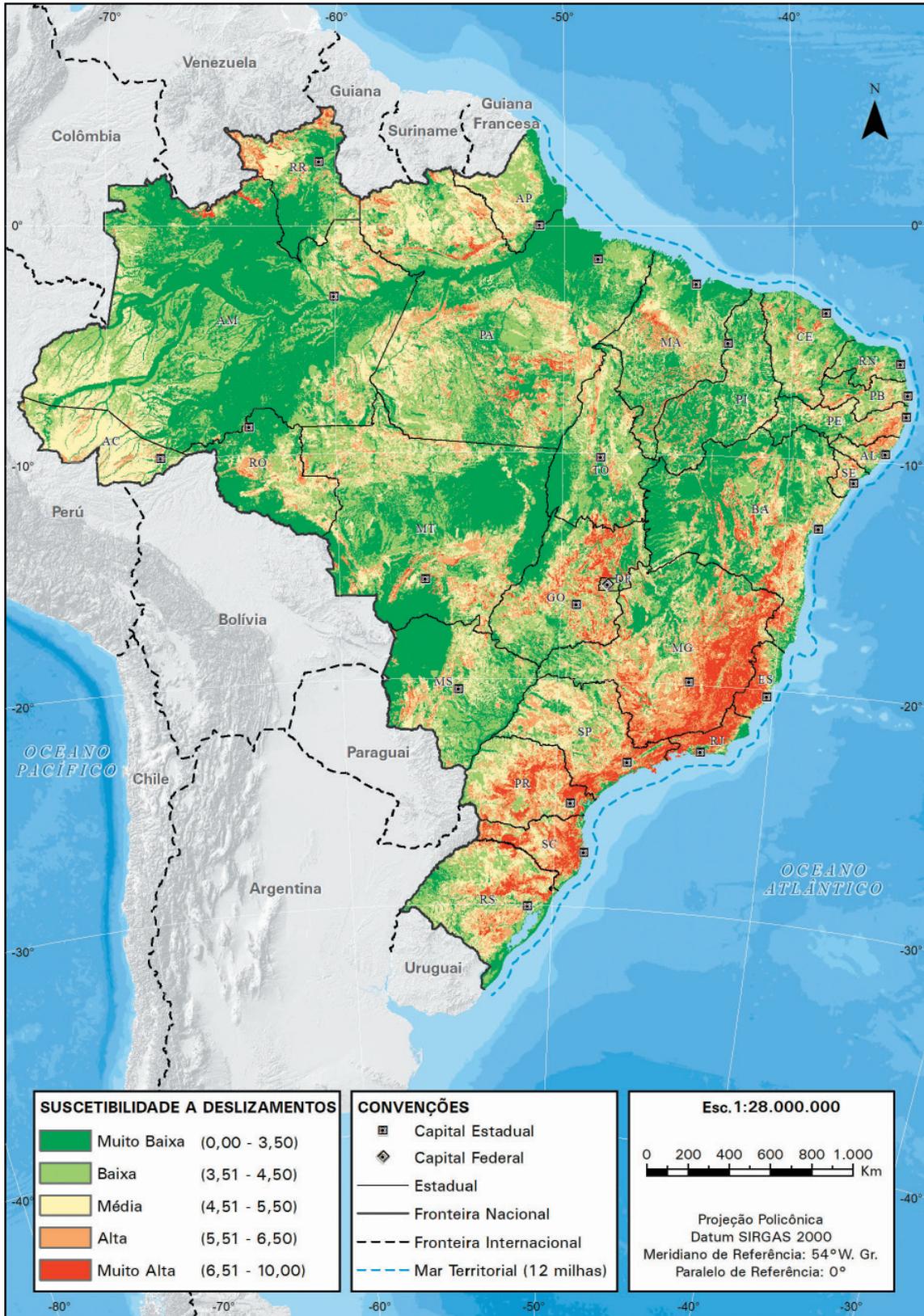
Tabela 10 - Classes de suscetibilidade a deslizamentos, por área total e percentual, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação

(conclusão)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Classes de suscetibilidade a deslizamentos			
	Alta		Muito Alta	
	Área (km ²)	Percentual (%)	Área (km ²)	Percentual (%)
Brasil	887 594	10,4	483 158	5,7
Norte	230 608	6,0	61 428	1,6
Rondônia	17 275	7,3	3 824	1,6
Acre	11 966	7,3	422	0,3
Amazonas	36 351	2,3	8 303	0,5
Roraima	23 791	10,6	11 278	5,0
Pará	111 980	9,0	29 967	2,4
Amapá	11 570	8,1	624	0,4
Tocantins	17 675	6,4	7 010	2,5
Nordeste	156 216	10,1	59 590	3,8
Maranhão	32 883	10,0	9 619	2,9
Piauí	18 267	7,3	3 724	1,5
Ceará	9 353	6,3	5 842	3,9
Rio Grande do Norte	2 599	4,9	1 120	2,1
Paraíba	5 771	10,2	2 189	3,9
Pernambuco	14 169	14,4	3 667	3,7
Alagoas	6 872	24,7	1 863	6,7
Sergipe	4 789	21,8	878	4,0
Bahia	61 513	10,9	30 689	5,4
Sudeste	227 315	24,6	214 846	23,2
Minas Gerais	149 392	25,5	135 883	23,2
Espírito Santo	9 015	19,6	20 703	44,9
Rio de Janeiro	8 706	19,9	23 603	53,9
São Paulo	60 202	24,3	34 657	14,0
Sul	141 527	24,5	90 089	15,6
Paraná	61 488	30,9	35 066	17,6
Santa Catarina	30 177	31,5	32 222	33,7
Rio Grande do Sul	49 862	17,7	22 801	8,1
Centro-Oeste	131 928	8,2	57 205	3,6
Mato Grosso do Sul	19 830	5,6	4 160	1,2
Mato Grosso	59 744	6,6	13 535	1,5
Goiás	51 757	15,2	38 854	11,4
Distrito Federal	598	10,4	657	11,4

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

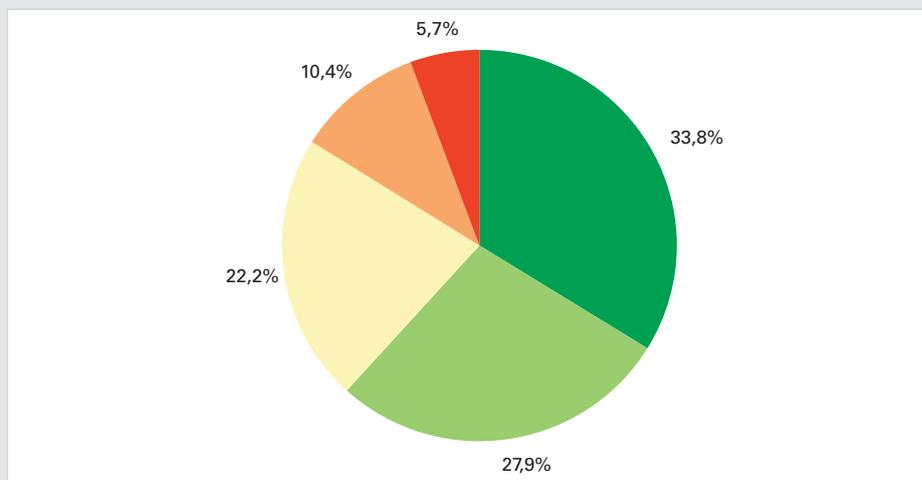
Mapa 7 - Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: Elaboração a partir de dados do CPRM (ATLAS..., 2011) e da Base Cartográfica Contínua do Brasil na Escala 1:250 000, do IBGE.

Gráfico 1 - Distribuição percentual das classes de suscetibilidade a deslizamentos Brasil

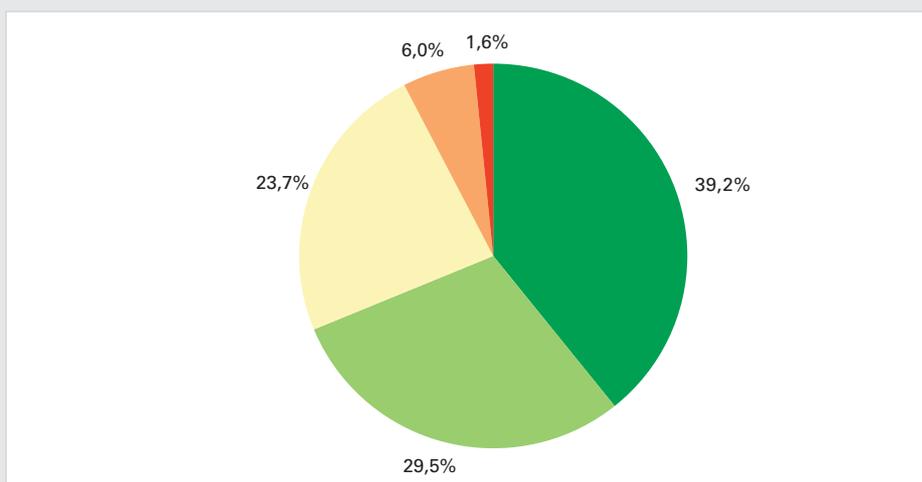


■ Muito Baixa
 ■ Baixa
 ■ Média
 ■ Alta
 ■ Muito Alta

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.

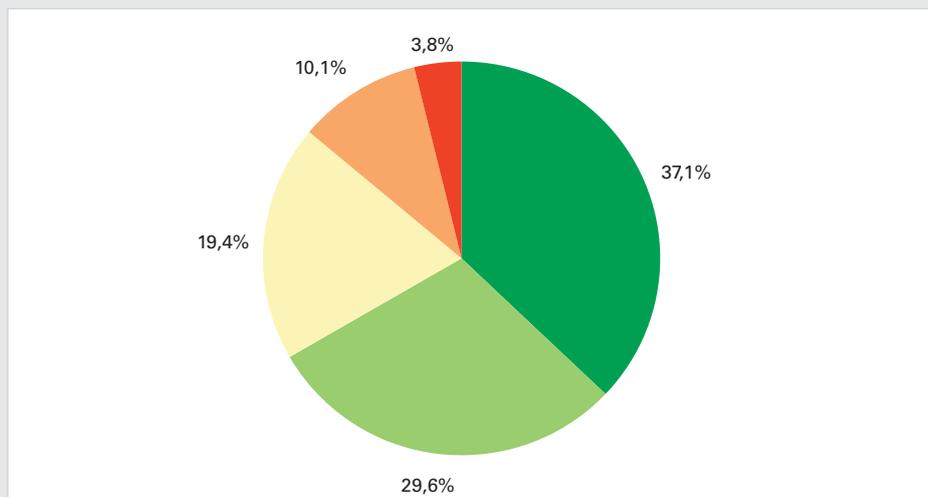
Gráfico 2 - Distribuição percentual das classes de suscetibilidade a deslizamentos Região Norte



■ Muito Baixa
 ■ Baixa
 ■ Média
 ■ Alta
 ■ Muito Alta

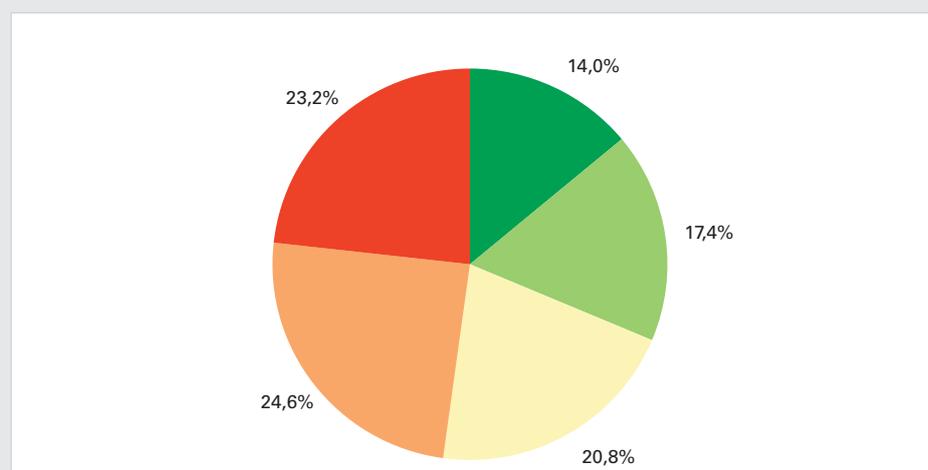
Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.

**Gráfico 3 - Distribuição percentual das classes de suscetibilidade a deslizamentos
Região Nordeste**

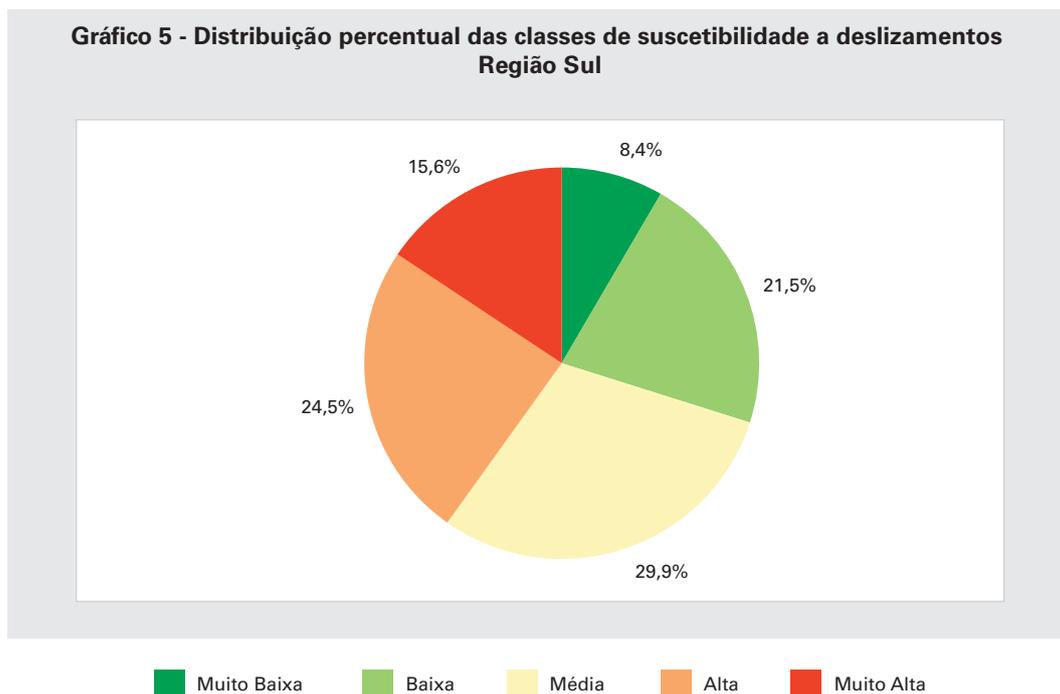
■ Muito Baixa ■ Baixa ■ Média ■ Alta ■ Muito Alta

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.

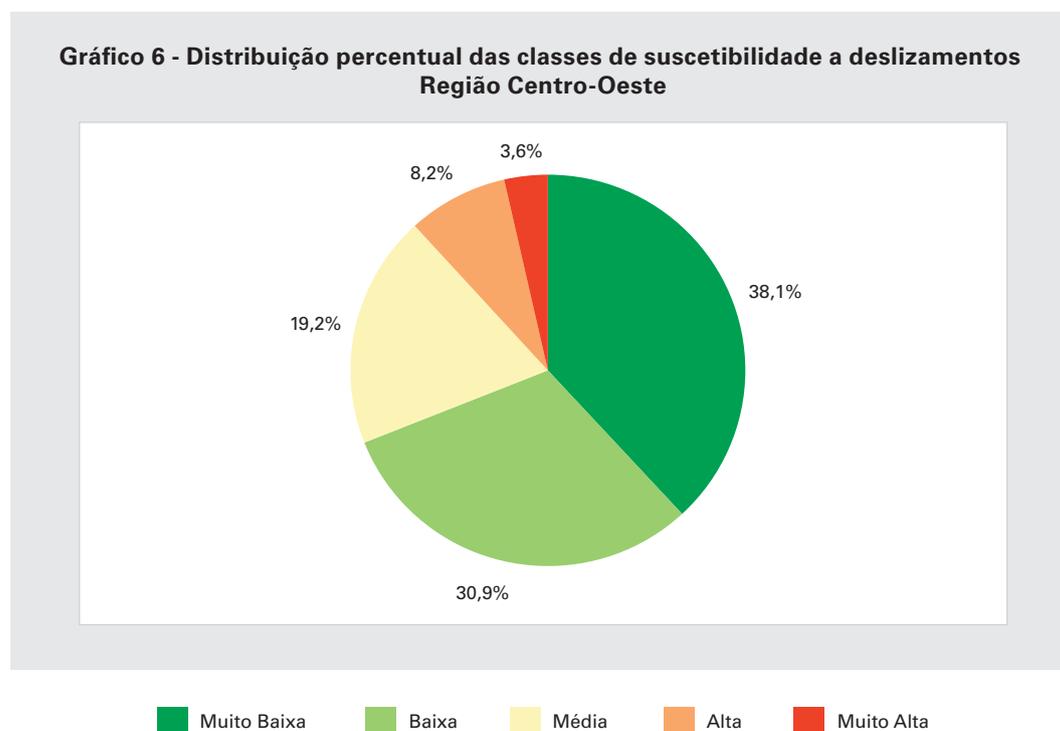
**Gráfico 4 - Distribuição percentual das classes de suscetibilidade a deslizamentos
Região Sudeste**

■ Muito Baixa ■ Baixa ■ Média ■ Alta ■ Muito Alta

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
 Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
 Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.

Validação e precisão

Para fins de validação dos resultados obtidos, foi utilizado o inventário de cicatrizes de movimentos gravitacionais de massa produzido pelo CPRM (CARTAS..., 2012-2018) (Tabela 11), no âmbito da atividade de prevenção de desastres naturais, construído apenas para os municípios prioritários, isto é, não cobrindo todo o território brasileiro. Observa-se uma correlação de cicatrizes, conforme o aumento da suscetibilidade a deslizamentos. As classes alta ou muito alta concentram mais de 90% das cicatrizes inventariadas.

Tabela 11 - Cicatrizes de movimentos de massa, segundo as classes e os graus de suscetibilidade

Suscetibilidade		Cicatrizes	
Classes	Graus	Total	Percentual (%)
Muito Baixa	0 - 3,50	80	0,7
Baixa	3,51 - 4,50	137	1,3
Média	4,51 - 5,50	380	3,6
Alta	5,51 - 6,50	1 617	15,1
Muito Alta	6,51 - 10	8 478	79,3

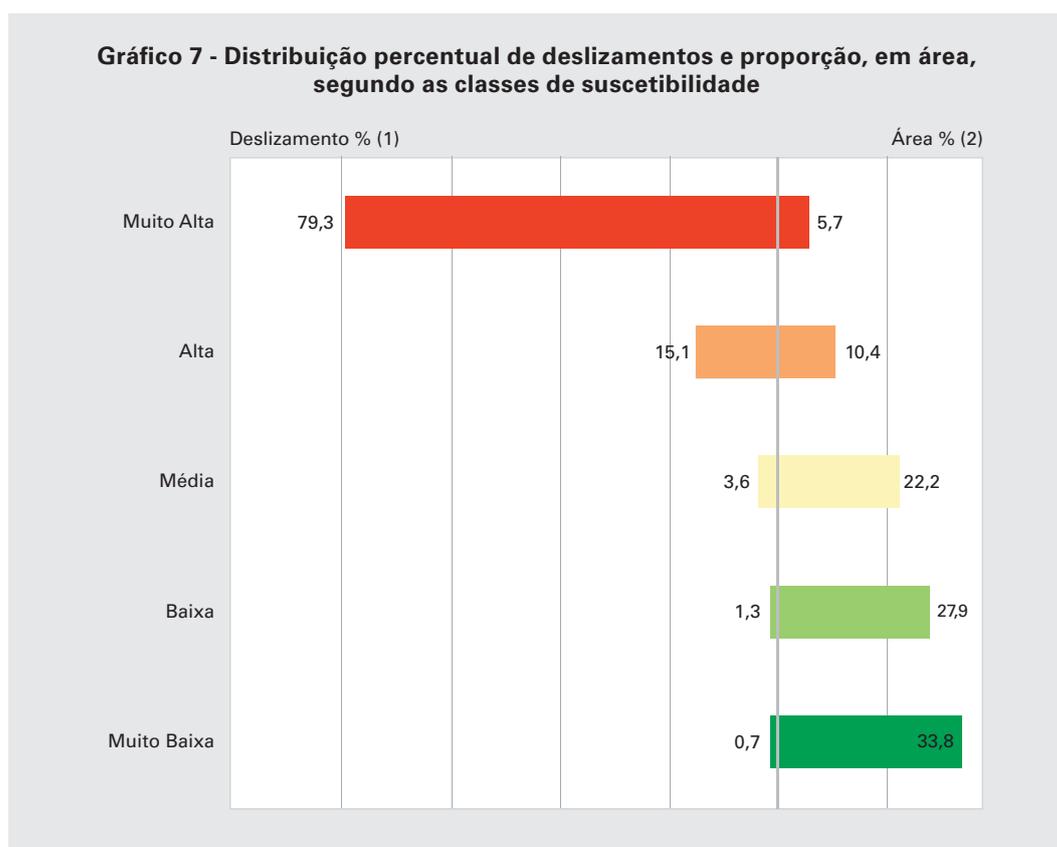
Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: 62 cicatrizes foram descartadas desta análise: 52 estavam fora da grade, e 10 possuíam problemas de georreferenciamento. O inventário de cicatrizes foi construído apenas para os municípios prioritários, isto é, para os quais o CPRM elaborou cartas de suscetibilidade.

Uma maneira eficiente de avaliar a precisão de acerto em mapeamentos de suscetibilidade a deslizamentos é a confrontação entre a distribuição dos deslizamentos inventariados, por classes de suscetibilidade, e a área proporcional de cada uma delas, conforme elaborado por Wilde e outros (2018). O Gráfico 7 mostra essa relação entre os deslizamentos e a área.

É possível notar que em uma pequena área do território brasileiro (6% do total) se encontram 79% das cicatrizes de deslizamentos inventariadas pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (CARTAS..., 2012-2018). Por outro lado, nas classes de suscetibilidade muito baixa ou baixa, que correspondem a mais de 60% do território, são identificados, aproximadamente, 2% dos deslizamentos. Dada a escala de análise (1:1 000 000) e os propósitos deste estudo, os resultados podem ser considerados bastante satisfatórios.

Por óbvio, é necessária a construção de um inventário de deslizamentos para todo o território brasileiro para que esta validação seja realizada de forma plena. No entanto, considerando que foram utilizados dados do inventário oriundos de escalas cartográficas de maior detalhe (1:25 000 e 1:50 000), é esperado que os resultados sejam positivos.



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Nota: As cores das categorias correspondem às utilizadas no Mapa 7.

(1) Distribuição de deslizamentos (cicatrizes), por classes de suscetibilidade, segundo o inventário de cicatrizes elaborado pelo CPRM (CARTAS..., 2012-2018). (2) Proporção, em área, das classes de suscetibilidade.

Considerações finais

A elaboração do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil deve-se a uma necessidade de reconhecer a distribuição espacial das áreas propensas ao desencadeamento desse fenômeno no território brasileiro. Eventos chuvosos que resultam em episódios de deslizamento e, frequentemente, em tragédias fazem parte da realidade brasileira; portanto, pesquisas relacionadas a essa temática são necessárias.

Os resultados aqui obtidos possuem um caráter informativo e, dessa forma, têm a função de comunicar ao público técnico ou leigo um conhecimento geral sobre a suscetibilidade a deslizamentos no Brasil. Assim, ressalta-se que o Mapa ora apresentado não pretende e nem deve ser utilizado para fins de planejamento e gestão ambiental e territorial local, tampouco para obras de engenharia. O objetivo principal que norteia a elaboração deste estudo é a criação de um mapa-guia que possa atuar como primeiro contato sobre o tema e orientar algumas ações específicas.

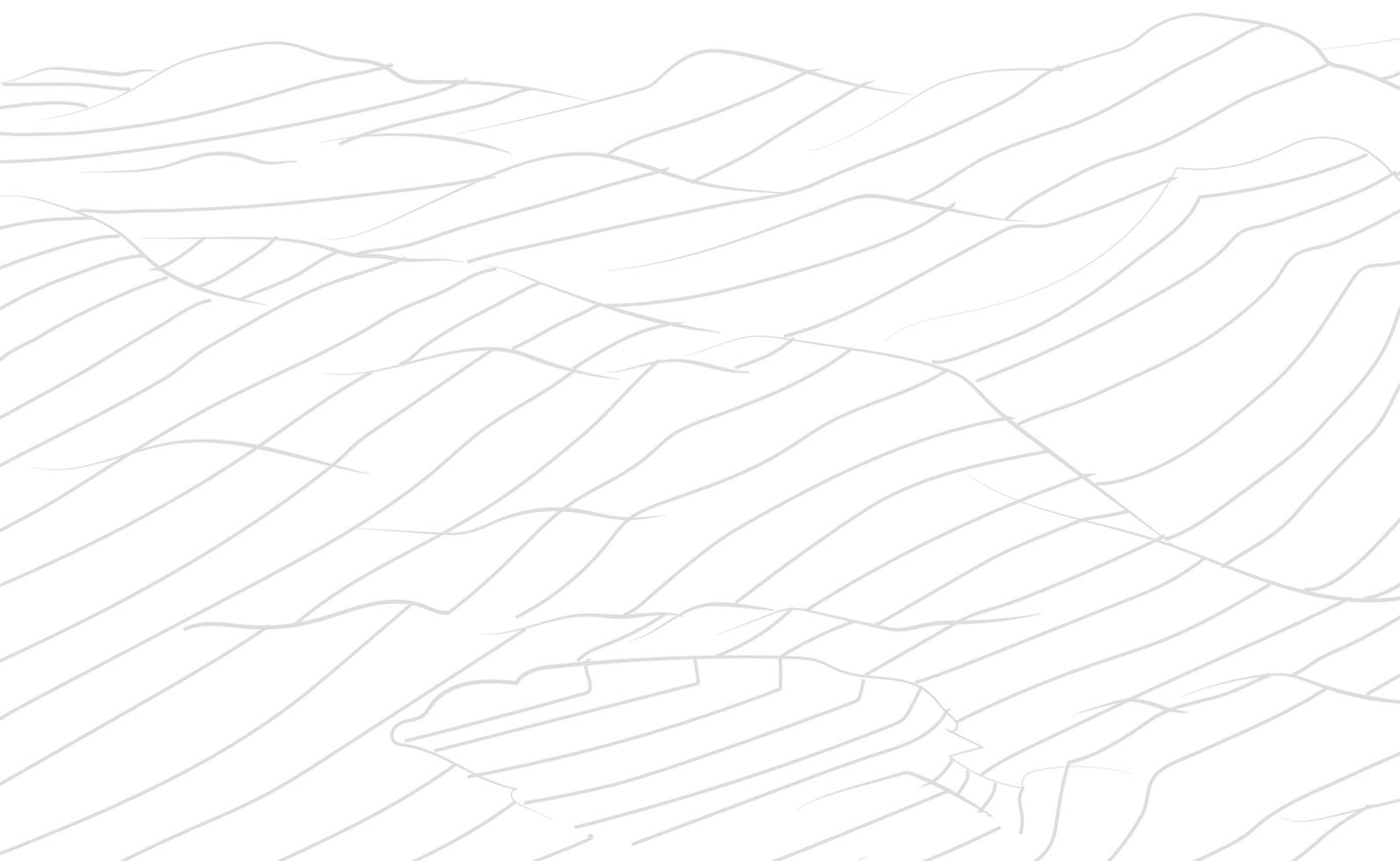
Nesse sentido, é importante destacar e difundir as Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações que o CPRM vem produzindo desde 2012, nas escalas 1:50 000 e 1:25 000, para municípios prioritários ao longo do território brasileiro (CARTAS..., 2014). Cabe ressaltar que o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil não se propõe, de modo algum, a substituir o excelente trabalho do CPRM, mas, sim, representar o País como um todo e propiciar o reconhe-

cimento de áreas de interesse para aprofundamento de pesquisas. Assim, espera-se, por exemplo, que o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil, elaborado pelo IBGE, possa fornecer subsídios para a seleção dos municípios prioritários pelo CPRM.

Cumprindo, mais uma vez, a missão institucional de “retratar o Brasil com informações necessárias ao conhecimento de sua realidade e ao exercício da cidadania” o IBGE contribui, com o presente estudo, para a difusão do tema – suscetibilidade a deslizamentos – aos diversos públicos. Logo, é desejável que o Mapa ora divulgado conste nas séries de Atlas Geográficos do Instituto, o que permitiria a apreensão do tema desde o Ensino Fundamental.

É de extrema importância que toda a população, independentemente da faixa etária, tenha cada vez mais informações sobre fenômenos naturais (influenciados ou não pela ação humana) de grande magnitude. Isso pode, eventualmente, ajudar na mudança do *status quo* brasileiro: remediar depois do desastre. É preciso fomentar a criação de uma cultura preventiva de percepção do risco, seja de deslizamentos, enchentes ou “ressacas” marinhas, seja de qualquer outro evento com alto potencial destrutivo.

Tratando-se de uma primeira aproximação, é esperado que as informações ora divulgadas se submetam às críticas bem-vindas da sociedade civil e dos especialistas. Um mapa de suscetibilidade a deslizamentos para uma área continental como o Brasil é um desafio enorme, que exige constante adaptação, correção e evolução. Além disso, espera-se que a escala cartográfica possa ser ampliada para 1:250 000 em uma segunda aproximação.



Referências

ÁREAS territoriais 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: http://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/areas_territoriais/2018/. Acesso em: out. 2019.

ATLAS pluviométrico do Brasil. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: out. 2019.

BASE cartográfica contínua do Brasil na escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em: out. 2019.

BOBROWSKY, P.T.; DOMINGUEZ-CUESTA, M. J. *Landslide susceptibility map of Canada*. Ottawa: Geological Survey of Canada - GSC, 2012. 1 mapa. Escala 1:6 000 000. Open file 7228. Disponível em: <https://doi.org/10.4095/291902>. Acesso em: out. 2019.

CANAVESI, V. *et al. Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP*. Trabalho apresentado no XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, realizado em Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2ChjzGH>. Acesso em: out. 2019.

CARTAS de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2012-2018. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Produtos-por-Estado---Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-5384.html>. Acesso em: abr. 2018.

CARTAS de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25 000: nota técnica explicativa. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT; Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014. 42 p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1. Acesso em: out. 2019.

CASANOVA, M. A. *et al.* (ed). *Bancos de dados geográficos*. Curitiba: MundoGEO, 2005. 504 p. Disponível em: <http://www-di.inf.puc-rio.br/~casanova/Publications/Books/2005-BDG.pdf>. Acesso em: out. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Súmula da 10. reunião técnica de levantamento de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. 83 p. (SNLCS. Micelânea, 1).

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. *ArcMap: how slope works*. Redlands: ESRI, 2016. Disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>. Acesso em: out.2019.

ESTIMATIVAS da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1o de julho de 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=22367&t=resultados>. Acesso em: jun. 2019.

FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, NewYork: Elsevier, v. 102, n. 3-4, p. 85-98, 2008.

GRADE estatística. Download. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica. Acesso em: out. 2019.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 194 p.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P.T. *The landslide handbook: a guide to understanding landslides*. Reston: U.S. Geological Survey - USGS, 2008. 129 p. (Circular, 1325). Disponível em: https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325_508.pdf. Acesso em: out. 2019.

HUNTER, G. J.; GOODCHILD, M. F. Modeling the uncertainty of slope and aspect estimates derived from spatial databases. *Geographical Analysis*, Columbus: Ohio State University; NewYork: Wiley, v. 29, n. 1, p. 35-49, Jan. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1997.tb00944.x>. Acesso em: out. 2019.

IBGE. Base temática vetorial 1:250.000 - Brasil - Geomorfologia. In: IBGE. *Catálogo de metadados*. Rio de Janeiro, 2018a. Metadados de: amostragem em campo, área, forma de relevo linear e forma de relevo pontual. Disponível em: <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2019.

IBGE. Base temática vetorial 1:250.000 - Brasil - Pedologia. *In*: IBGE. *Catálogo de metadados*. Rio de Janeiro, 2018b. Metadados de: ponto de amostragem e unidade de mapeamento. Disponível em: <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2019.

IBGE. Base temática vetorial 1:250.000 - Brasil - Vegetação. *In*: IBGE. *Catálogo de metadados*. Rio de Janeiro, 2018c. Metadados de: área, vegetação ponto e vegetação ponto de inventário. Disponível em: <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2019.

IBGE. *BDIA*: banco de dados de informações ambientais. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br>. Acesso em: mai. 2019.

IBGE. Províncias estruturais (1:250.000). *In*: IBGE. *Catálogo de metadados*. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em: <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2019.

JACKSON, L. E.; BOBROWSKY, P.T.; BICHLER, A. *Identification, maps and mapping: Canadian technical guidelines and best practices related to landslides: a national initiative for loss reduction*. Ottawa: Geological Survey of Canada - GSC, 2012. 33 p. Open file 7059. Disponível em: <https://doi.org/10.4095/292122>. Acesso em: out. 2019.

JARVIS, A. *et al.* E. *Hole-filled seamless SRTM data V4*. [S. l.]: Consultative Group on International Agricultural Research/Consortium for Spatial Information - CGIAR-CSI, 2008. SRTM 90m DEM Digital Elevation Database. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org>. Acesso em: jan.2019.

MANUAL técnico de Geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 178 p. Acompanha 1 CD-ROM. (Manuais técnicos em geociências, n. 5). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=244353>. Acesso em: out. 2019.

MANUAL técnico de Pedologia. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 428 p. Acompanha 1 CD-ROM. (Manuais técnicos em geociências, n. 4). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295017>. Acesso em: out. 2019.

MONITORAMENTO da cobertura e uso da terra do Brasil 2014-2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Escala 1:1 000 000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra>. Acesso em: out. 2019.

MONTGOMERY, C. W. *Environmental geology*. 3rd. ed. Dubuque: Wm. C. Brown, 1992. 465 p.

MUGAGGA, F.; KAKEMBO, V.; BUYINZA, M. Land use changes on the slopes of Mount Elgon and the implications for the occurrence of landslides. *Catena*, New York: Elsevier, v. 90, p. 39-46, Mar. 2012.

NASA. Jet Propulsion Laboratory. *Index of SRTM: version 1.0, global 3 arc second datasets*. Sioux Falls: U.S. Geological Survey, Earth Resources Observation and Science Center - USGS-EROS, [2004]. NASA Shuttle Radar Topography Mission - SRTM. Disponível em: <https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version1>. Acesso em: jan. 2019.

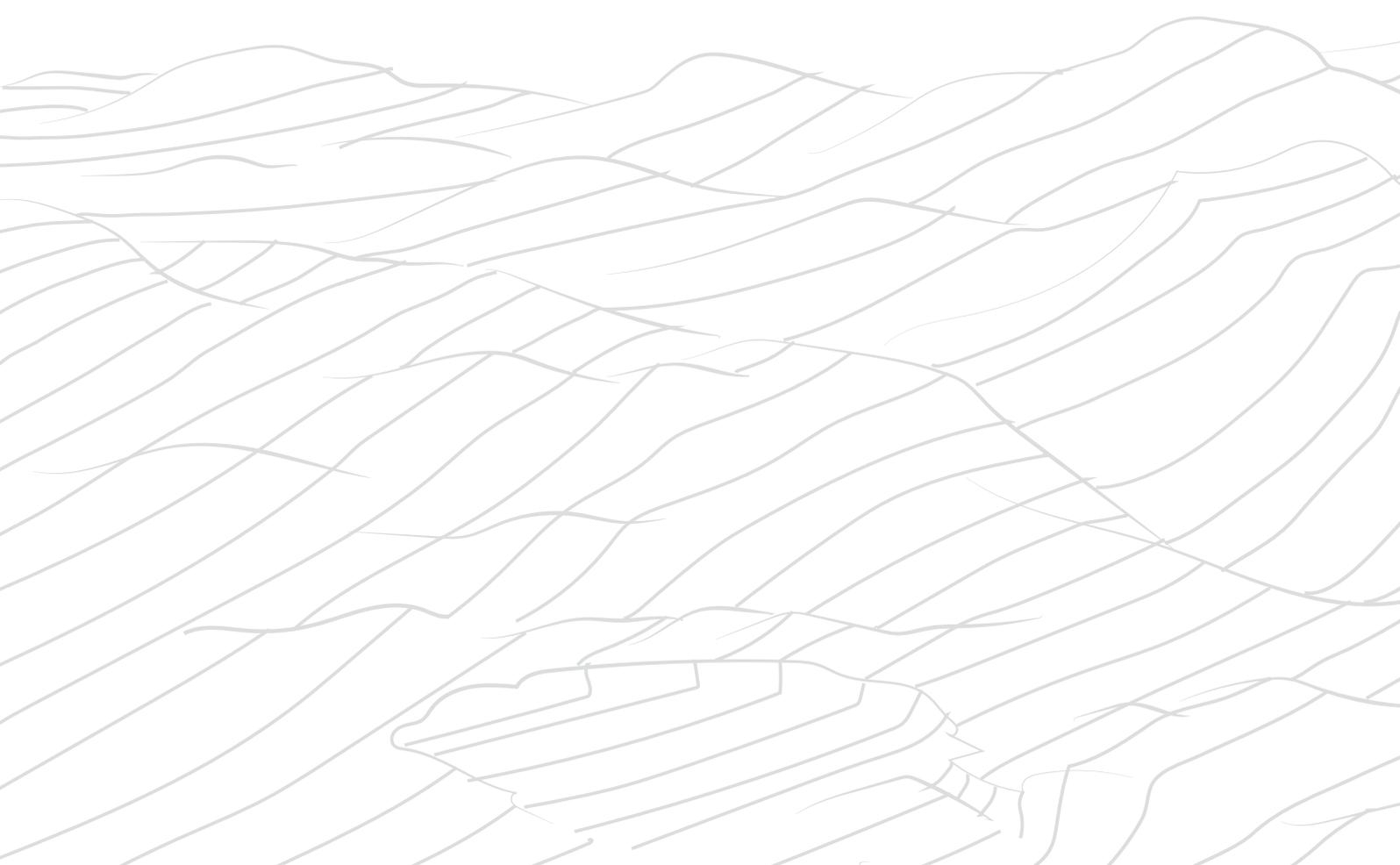
NUNES, B. de A. *et al.* (coord.) *Manual técnico de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 111 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 5). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281611>. Acesso em: out. 2019.

REICHENBACH, P.; BUSCA, C.; MONDINI, A.; ROSSI, M. The influence of land use change on landslide susceptibility zonation: the brigia catchment test site (Messina, Italy). *Environmental Management*, Heidelberg: Springer Verlag, v. 54, p. 1372-1384, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258780448_The_Influence_of_Land_Use_Change_on_Landslide_Susceptibility_Zonation_The_Brigia_Catchment_Test_Site_Messina_Italy. Acesso em: out. 2019.

SILVEIRA, H. L. F. da; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. *Revista Árvore*, Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118880/1/04-2014-Silveira-et-al-Arvore-1.pdf>. Acesso em: out. 2019.

VANWESTEN, C. J.; CASTELLANOS, E.; KURIAKOSE, S. L. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: an overview. *Engineering Geology*, New York: Elsevier, v. 102, n. 3-4, p. 112-131, Dec. 2008.

WILDE, M. *et al.* Pan-European landslide susceptibility mapping: ELSUS version 2. *Journal of Maps*, London: Taylor & Francis, v. 14, n. 2, p. 97-104, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2018.1432511>. Acesso em: out. 2019.



Equipe técnica

Diretoria de Geociências

Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

Gestão da Produção

Luciana Mara Temponi de Oliveira

Coordenação Técnica

André Souza Pelech

Equipe

Ana Clara Alencar Lambert

André Polly Assumpção

André Souza Pelech

Aurélio da Silva de Souza

Daniel Ramos Pontoni

Fábio Corrêa Didoné

Glailson Barreto Silva

Liane Barreto Alves Pinheiro

Luís Henrique Rocha Guimarães

Manoel Messias Santos

Mário Ivan Cardoso de Lima

Paula Suélen Correa de Medeiros

Pedro Edson Leal Bezerra

Sidney Geraldo Silveira Velloso

Colaborador

Therence Paoliello de Sarti

Projeto Editorial

Centro de Documentação e Disseminação de Informações

Coordenação de Produção

Marisa Sigolo

Gerência de Editoração

Estruturação textual

Fernanda Jardim

Leonardo Martins

Marisa Sigolo

Diagramação tabular e de gráficos

Márcia do Rosário Brauns

Solange Maria Mello de Oliveira

Diagramação textual

Alberto Guedes da Fontoura Neto

Programação visual

Fernanda Jardim

Luiz Carlos Chagas Teixeira

Marisa Sigolo

Gerência de Documentação

Pesquisa e normalização documental

Ana Raquel Gomes da Silva

Isabella Carolina do Nascimento

Juliana da Silva Gomes

Lioara Mandoju

Nádia Bernuci dos Santos

Normalização textual e padronização de glossários

Ana Raquel Gomes da Silva

Elaboração de quartas capas

Ana Raquel Gomes da Silva

Gerência de Gráfica

Ednalva Maia do Monte

Newton Malta de Souza Marques

Impressão e acabamento

Helvio Rodrigues Soares Filho

Se o assunto é **Brasil**,
procure o **IBGE**.



/ibgecomunica



/ibgeoficial



/ibgeoficial



/ibgeoficial

www.ibge.gov.br 0800 721 8181

Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil

Primeira aproximação

Os eventos de deslizamentos têm provocado, quase todos os anos, diversos problemas à sociedade, como destruição de edificações e equipamentos urbanos, prejuízos em atividades produtivas, impactos ambientais e perdas de vidas humanas, principalmente quando próximos ou inseridos em áreas urbanas. No Brasil, esses eventos causam grande preocupação à sociedade civil e às autoridades governamentais, pois, devido às características de seu meio físico, seu clima tropical e à alta pluviosidade, o País apresenta um conjunto de fatores que favorecem, em algumas regiões, o desencadeamento de tais fenômenos. Soma-se ainda a esse cenário uma dinâmica de uso e ocupação da terra muitas vezes desordenada, o que potencializa a incidência dos eventos de deslizamentos e agrava seus impactos.

No Território Nacional, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM tem produzido Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações nas escalas 1:25 000 e 1:50 000, desde 2012, com informações para o inventário sobre a suscetibilidade a deslizamentos em municípios prioritários sujeitos a essas ocorrências. No entanto, apesar de constituírem elementos de comprovada utilidade para o planejamento do território, existe, ainda, uma lacuna considerável de informações sobre o tema, tornando necessária, cada vez mais, a realização de estudos dessa natureza no País.

Sensível à extrema importância de tal questão, o IBGE traz a público, neste segundo volume da coleção Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil, uma primeira aproximação do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil, compatível com a escala 1:1 000 000, utilizando para tal bases de dados do próprio Instituto, nas áreas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, e Uso e cobertura da terra, bem como informações provenientes de fontes externas.

Os resultados deste estudo, embora ancorados em bases e conceitos presentes na literatura internacional, possuem um caráter informativo e, dessa forma, têm a função de propiciar um conhecimento geral sobre a suscetibilidade a deslizamentos aos diferentes públicos. Assim, ressalta-se que o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil ora apresentado não pretende e nem deve ser utilizado para fins de planejamento ou gestão ambiental e territorial local, ou para obras de engenharia, tampouco se propõe a substituir o excelente trabalho do CPRM. Seu objetivo é representar o País como um todo e propiciar o reconhecimento de áreas de interesse para o aprofundamento de pesquisas relacionadas ao tema.

A publicação, vastamente ilustrada, está disponibilizada no portal do IBGE na Internet. Tratando-se de uma primeira aproximação, espera-se que as informações divulgadas neste estudo se submetam às críticas bem-vindas da sociedade civil e dos especialistas.

