

O PAPEL DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NA GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS E DESASTRES

 Omar Yazbek Bitar^{1*},  Carlos Geraldo Luz de Freitas¹,  Alessandra Cristina Corsi¹

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, CEP 05508-901, São Paulo, SP, Brasil. *E-mails:* omar@ipt.br; cege@ipt.br; e accorsi@ipt.br

*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMO

Este artigo sintetiza resultados de estudo acerca do papel da cartografia geotécnica na gestão integrada de riscos e desastres associados a processos geológicos e/ou hidrológicos. Os procedimentos metodológicos empregados envolvem o levantamento dos tipos predominantes de cartografia geotécnica em desenvolvimento no Brasil desde a edição da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, em 2012. Distinguem-se as ações estratégicas que compõem a gestão de riscos e desastres, tendo como referência a diretriz de abordagem sistêmica expressa na Política e o conteúdo do marco internacional vigente acerca do tema, estabelecido pelo Acordo de Sendai das Nações Unidas para o período 2015-2030. As ações abordadas compreendem: *prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação*, discutindo-se a aplicação potencial da cartografia geotécnica em cada uma delas. Os resultados obtidos evidenciam a produção predominante de cartas geotécnicas de suscetibilidade, cartas geotécnicas de aptidão à urbanização e cartas geotécnicas de risco, estas últimas também denominadas de cartas de setorização de risco. As análises efetuadas propiciam concluir que as cartas de suscetibilidade e as de aptidão à urbanização tendem a contribuir especialmente na *prevenção*, de modo a evitar a criação de novos riscos. As cartas de suscetibilidade podem auxiliar também na *mitigação*, orientando a priorização de locais para fins de análise de risco em escala de detalhe. Tanto as cartas de suscetibilidade quanto as de aptidão à urbanização podem contribuir também na *recuperação*, evidenciando áreas mais favoráveis a novas construções. Por sua vez, as cartas de setorização de risco se constituem como base para *mitigação* de riscos existentes em nível local, fundamentando a elaboração de planos municipais de redução de riscos, podendo, ainda, auxiliar na *prevenção, preparação, resposta e recuperação*, subsidiando, respectivamente, o controle de fatores que podem levar ao risco, instalação de sistemas de alerta e mobilização, análise de riscos pós-evento e reocupação de áreas afetadas.

Palavras-chave: Cartografia geotécnica; Carta geotécnica; Carta de suscetibilidade; Carta geotécnica de aptidão à urbanização; Carta de setorização de riscos; Gestão de riscos e desastres.

ABSTRACT

THE ROLE OF GEOTECHNICAL MAPPING IN INTEGRATED RISK AND DISASTER MANAGEMENT. This article summarizes the results of a study on the role of geotechnical mapping in the integrated management of risks and disasters associated with geological and/or hydrological processes. The methodological

procedures employed involve a survey of the predominant types of geotechnical mapping in development in Brazil since the publication of the National Policy for Civil Defense and Protection in 2012. The strategic actions that make up risk and disaster management are distinguished, taking as reference the systemic approach guideline expressed in the Policy and the content of Sendai Framework established by the United Nations for the period 2015-2030. The actions addressed include: *prevention, mitigation, preparation, response* and *reconstruction*, discussing the potential application of geotechnical mapping in each of them. The results obtained show the predominant production of geotechnical susceptibility maps, geotechnical maps of urbanization suitability and geotechnical risk maps, the latter also called risk sectorization maps. The analyses performed allow us to conclude that susceptibility maps and urbanization suitability maps tend to contribute especially to *prevention*, in order to avoid the creation of new risks. Susceptibility maps can also assist in *mitigation*, guiding the prioritization of locations for the purposes of risk analysis at a detailed scale. Both susceptibility maps and urbanization suitability maps can also contribute to *reconstruction*, indicating the areas most favorable to new constructions. In turn, risk sectorization maps constitute the basis for *mitigation* of existing risks at a local level, supporting the development of municipal risk reduction plans, and can also assist in *prevention, preparation, response* and *reconstruction*, subsidizing, respectively, the control of factors that may lead to risk, installation of warning and mobilization systems, post-event risk analysis and reoccupation of affected areas.

Keywords: Geotechnical cartography; Geotechnical map; Susceptibility map; Geotechnical map of suitability for urbanization; Risk sectorization map; Risk and disaster management.

RESUMEN

EL PAPEL DE LA CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA EN LA GESTIÓN INTEGRADA DE RIESGOS Y DESASTRES. Este artículo resume los resultados de un estudio sobre el papel de la cartografía geotécnica en la gestión integrada de riesgos y desastres asociados a procesos geológicos o hidrológicos. Los procedimientos metodológicos empleados implican el estudio de los tipos predominantes de cartografía geotécnica desarrollados en Brasil desde la promulgación de la Política Nacional de Defensa y Protección Civil en 2012. Se distinguen las acciones estratégicas que comprenden la gestión de riesgos y desastres, tomando como referencia la directriz del enfoque sistémico expresada en la Política y el contenido del marco internacional vigente sobre el tema, establecido por el Marco de Sendai de las Naciones Unidas para el período 2015-2030. Las acciones abordadas incluyen la *prevención*, la *mitigación*, la *preparación*, la *respuesta* y la *recuperación*, analizando la posible aplicación de la cartografía geotécnica en cada una de ellas. Los resultados demuestran la producción predominante de mapas de susceptibilidad, mapas de aptitud para la urbanización y mapas de riesgo geotécnico, estos últimos también conocidos como mapas de sectorización del riesgo. Los análisis concluyen que los mapas de susceptibilidad e de aptitud para la urbanización suelen contribuir especialmente a la *prevención*, evitando la creación de nuevos riesgos. Los mapas de susceptibilidad también pueden contribuir a la *mitigación*, orientando la priorización de ubicaciones para un análisis detallado de riesgos. Tanto los mapas de susceptibilidad como los de idoneidad urbanística pueden contribuir a la *recuperación*, destacando las zonas más favorables para la nueva construcción. A su vez, los mapas de sectorización de riesgos sirven de base para mitigar los riesgos existentes a nivel local, apoyando el desarrollo de planes municipales de reducción de riesgos. También pueden contribuir a la *prevención*, la *preparación*, la *respuesta* y la *recuperación*, apoyando, respectivamente, el control

de los factores que pueden generar riesgo, la instalación de sistemas de alerta y movilización, el análisis de riesgos posterior al evento y la reocupación de las zonas afectadas.

Palabras clave: Cartografía geotécnica; Mapa geotécnico; Mapa de susceptibilidad; Mapa de aptitud geotécnica a la urbanización; Mapa de sectorización de riesgos; Gestión de riesgos y desastres.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos instrumentos de planejamento desenvolvidos para orientar as intervenções humanas no ambiente, encontra-se a cartografia geotécnica. Busca-se caracterizar o meio físico em determinada área e apresentar diretrizes e recomendações para que as intervenções pretendidas nesse contexto possam ser realizadas de modo seguro e sustentável, tendo em conta as interações potenciais com processos geológicos e/ou hidrológicos atuantes.

A origem do instrumento remonta ao século XIX, em países europeus. À época, os mapeamentos de caráter geotécnico estavam mais voltados ao planejamento da construção de obras civis. Visava-se solucionar problemas de engenharia e reduzir riscos criados pelas obras, ante a variabilidade de características e processos do meio físico. Em seu início, a cartografia geotécnica compreendia a realização de mapeamentos para obras localizadas, estendendo-se, posteriormente, à ocupação urbana, incrementada pela industrialização e implantação de sistemas viários, assim como a atividades de mineração, escavações subterrâneas e cálculos de estabilidade de taludes (Freitas, 2000).

Com o tempo, face à intensificação das dinâmicas de urbanização e de degradação ambiental no mundo, sobretudo a partir de meados do século XX, a cartografia geotécnica passa a colaborar, também, nos esforços para o ordenamento do uso e ocupação do solo e prevenção de riscos urbanos, a cargo do poder público. Configurava-se, então, a atuação dirigida às atividades de planejamento e gestão territorial, incluindo-se os aspectos ambientais e de risco envolvidos, tanto em âmbito urbano quanto regional, sendo por vezes denominada de cartografia geoambiental.

No Brasil, a cartografia geotécnica se desenvolve notadamente a partir dos anos de 1970, nas aplicações ao planejamento e gestão territorial e, ainda, à gestão de riscos e desastres associados a processos geológicos e/ou hidrológicos. Em sua evolução tecnológica, a ferramenta tem contado

com o apoio da comunidade técnico-científica brasileira do campo das geociências aplicadas, especialmente na área de geologia de engenharia, envolvendo profissionais de institutos de pesquisa, universidades, associações técnico-científicas, entidades profissionais, empresas públicas e consultorias privadas.

No início do século XXI, o instrumento segue em sua trajetória de consolidação e avanço progressivos, sendo aplicada a diferentes finalidades, desde o planejamento de obras e da ocupação do território até a gestão de impactos ambientais decorrentes. Contudo, as aplicações voltadas à gestão de riscos e desastres em assentamentos urbanos passam a se destacar de modo notório, em razão da recorrência de eventos de chuvas cada vez mais intensas e frequentes, gerando deslizamentos e inundações de grande magnitude e importância em diversas localidades do País.

Nesse contexto, em meio a projeções sobre mudanças climáticas e de sucessivos desastres verificados em cidades das regiões sul, sudeste e nordeste, a cartografia geotécnica se torna legalmente obrigatória no Brasil aos municípios que possuem áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos e hidrológicos correlatos. Essa obrigatoriedade foi estabelecida em 2012, pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012), visando auxiliar nas ações de proteção e defesa civil, devendo integrar-se a outras políticas setoriais (Brasil, 2012a).

De fato, além dos dispositivos próprios de defesa civil, contidos no corpo básico da Lei, a edição da PNPDEC introduziu a exigência de cartografia geotécnica em normas de outras políticas públicas correlatas, modificando o texto legal destas. As alterações nessas outras políticas setoriais foram efetuadas pela edição da PNPDEC por meio de seu Capítulo IV - Disposições Finais, com exigências diretas e indiretas para a elaboração da cartografia geotécnica nos municípios, destacando-se as seguintes leis correspondentes:

- Lei Federal 6.766/1979 (Lei Lehmann, que regula o parcelamento do solo urbano - Brasil, 1979), onde se inclui a determinação de que os requisitos contidos na *carta geotécnica de aptidão à urbanização* devam ser atendidos em novos projetos de parcelamento do solo, como loteamentos, condomínios e projetos similares. Além disso, estabelece-se que é vedada a aprovação de projeto de loteamento e desmembramento em áreas de risco definidas como não edificáveis, no plano diretor ou em legislação dele derivada, o que pressupõem a elaboração prévia de *carta de risco*;

- Lei Federal 10.257/2001 (Estatuto da Cidade, que regula o desenvolvimento das cidades - Brasil, 2001), na qual se estabelece a obrigatoriedade de plano diretor em municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos (o que remete diretamente à necessidade de produção de *carta de suscetibilidade*), bem como que a identificação e o mapeamento de áreas de risco (o que remete diretamente à produção de *carta de risco*) levem em conta as *cartas geotécnicas* (o que sugere a aplicação integrada de diferentes tipos de cartas geotécnicas); e

- Lei Federal 12.340/2010 (que regula o acesso a recursos financeiros da União para aplicação na gestão de riscos - Brasil, 2010), que estabelece cinco requisitos aos municípios incluídos em cadastro nacional, por abrigarem áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos que podem gerar impactos. O primeiro desses requisitos é o de mapear as áreas suscetíveis (o que remete, novamente, à necessidade da *carta de suscetibilidade*). O terceiro diz respeito ao plano para redução de riscos, o que pressupõem o conhecimento prévio desses riscos, por meio de mapeamento e elaboração da *carta de risco*. O quarto trata dos mecanismos de controle e fiscalização para evitar a edificação em áreas suscetíveis, o que também remete à elaboração prévia da *carta de suscetibilidade*. O quinto requisito explicita, diretamente, a necessidade de elaborar a *carta geotécnica de aptidão à urbanização*, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas à segurança dos novos parcelamentos do solo e ao aproveitamento de agregados para a construção civil.

No contexto internacional relacionado à gestão de riscos e desastres, tem-se o marco do Acordo de Sendai para Redução de Risco de Desastre da Organização das Nações Unidas (UN, 2015). O Acordo foi firmado por mais de 180 países durante a 3ª conferência promovida pela sua agência dedicada ao tema dos riscos e desastres, sendo vigente

para o período 2015-2030 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR).

O Acordo estabelece quatro ações prioritárias a serem adotadas pelos países signatários no período. A primeira delas é a de ampliar a compreensão dos riscos, melhorando o conhecimento do território e dos múltiplos fatores que nele atuam, objetivando tanto reduzir os riscos existentes quanto evitar a criação de novos riscos, o que pressupõem a contribuição da cartografia geotécnica. As outras prioridades se referem ao fortalecimento da governança do risco para a gestão compartilhada, ao investimento na redução do risco para a resiliência – que requer o mapeamento de riscos, ante o desafio de adaptação a eventos extremos – e à melhoria da preparação para desastres.

Assim, pode-se observar que, tanto em nível nacional quanto internacional, tem-se um conjunto de fundamentos legais e institucionais que amparam e estimulam o desenvolvimento da cartografia geotécnica, particularmente em suas aplicações à gestão de riscos e desastres associados a processos geológicos e/ou hidrológicos. Nesse contexto, podem ser efetuadas algumas considerações gerais sobre a cartografia geotécnica em desenvolvimento no País, especialmente quanto ao seu papel frente ao desafio da gestão integrada de riscos e desastres, tendo em conta as aplicações em âmbito municipal.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo realizado é o de discutir o papel potencial da cartografia geotécnica em relação à gestão integrada de riscos e desastres em municípios brasileiros, considerando-se a diretriz de abordagem sistêmica das ações de proteção e defesa civil prevista na PNPDEC.

Os objetivos específicos compreendem: distinguir os tipos predominantes de cartografia geotécnica de âmbito municipal em desenvolvimento no País a partir da edição da PNPDEC; distinguir as principais ações de proteção e defesa civil, voltadas à gestão integrada de riscos e desastres, conforme contempladas na Política; e discutir a aplicação potencial dos tipos predominantes de cartografia geotécnica em relação às ações apontadas.

3 PROCEDIMENTOS

A realização do presente estudo parte de um levantamento geral acerca dos principais tipos de cartografia geotécnica de âmbito municipal em desenvolvimento a partir da PNPDEC, com destaque

aos que derivam de programas governamentais relacionados à implementação da Política. O levantamento pode ser efetuado diretamente em sítios na internet, geridos por órgãos públicos envolvidos na produção e/ou disponibilização de cartas geotécnicas, com apoio em artigos da revista e de congressos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), posteriores à edição da PNPDEC, entre outras publicações.

No levantamento, deu-se ênfase aos dados do Serviço Geológico do Brasil (SGB), Ministério das Cidades e Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDIR), tendo em conta a atuação desses órgãos na execução da PNPDEC em âmbito nacional. Têm-se, ainda, os dados contidos no sítio da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Estado de São Paulo (CEPDEC/SP), face ao desenvolvimento do Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos (PDN - criado pelo Decreto Estadual 57.512/2011 e reorganizado pelo Decreto Estadual 64.673/2019), que vem fomentando a elaboração e utilização de cartas geotécnicas nos municípios paulistas. A base de dados da CEPDEC/SP inclui cartas geotécnicas elaboradas por iniciativa própria de administrações municipais. Dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e de outras instituições que vem atuando na elaboração de cartas geotécnicas no País fazem parte do acervo considerado nas análises.

A partir do levantamento realizado, distinguindo-se os tipos predominantes de cartas geotécnicas elaboradas no País nos últimos anos e, em particular, no estado de São Paulo (SP), discute-se a aplicação potencial dos produtos gerados em relação a cada uma das principais ações de proteção e defesa civil: *prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação*, conforme explicitadas na PNPDEC e em seus regulamentos. Dada a diretriz da Política no sentido de que essas ações sejam abordadas de forma sistêmica, pode-se, em vista da interdependência evidenciada, salientar o caráter estratégico presente em cada uma delas.

A discussão realizada se apoia em casos de âmbito municipal, incluindo-se experiências práticas dos autores na elaboração de cartas geotécnicas ao longo do tempo e de seguidos contatos com técnicos e gestores municipais envolvidos na utilização da ferramenta, em diferentes estados do País. Aplicações acerca do uso integrado dos diferentes tipos de cartas geotécnicas por parte de municípios, como as apontadas em Canil e Nogueira (2018),

incluem-se no rol de experiências consideradas no presente estudo.

Parte-se do pressuposto de que o planejamento e a implementação das ações estratégicas previstas na PNPDEC e no Acordo de Sendai devam ser efetuados sempre de modo articulado, tendo em vista a ocorrência de eventos que possam vir a causar - ou que já tenham causado - perdas e danos significativos ou até mesmo desastres, configurando-se como base para a gestão integrada de riscos e desastres. Ao final, sintetizam-se os resultados obtidos e as principais conclusões que podem ser extraídas do estudo realizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos quanto a características e tipos predominantes de cartografia geotécnica no País, desenvolvidos pós-PNPDEC, assim como as ações estratégicas previstas na Política e a discussão sobre a aplicabilidade das cartas para a gestão integrada de riscos e desastres.

Quanto aos tipos de cartografia geotécnica frequentes no Brasil, tem-se como referência o trabalho de Canil et al. (2018), publicação de síntese da ABGE acerca do tema, abordando a variedade de denominações e de conteúdos elaborados, entre os quais se encontram os que derivam dos dispositivos estabelecidos pela PNPDEC sobre o assunto.

4.1 Características gerais da cartografia geotécnica no período 2012-2024

O levantamento geral efetuado propiciou distinguir trabalhos de cartografia geotécnica em âmbito municipal produzidos no Brasil a partir da edição da PNPDEC e do lançamento do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN - Brasil, 2012b). O PNGRRDN foi concebido para orientar os primeiros anos de execução da PNPDEC, entre 2012 e 2014, incluindo os mapeamentos dirigidos para a gestão de riscos e desastres associados a processos geológicos e/ou hidrológicos em todo o território nacional.

Dados sobre a abrangência territorial das cartas geotécnicas, suas características gerais e produtos disponibilizados podem ser encontrados nos principais sítios pesquisados (CEPDEC/SP, 2025; Ministério das Cidades, 2022; SGB, 2025), assim como em outras fontes consultadas, como Dantas (2025), que discute o nível de conhecimento gerado a partir da cartografia geotécnica voltada à

prevenção de desastres e apresenta o diagnóstico sobre os municípios brasileiros que possuem mais ou menos mapeamentos com essa finalidade.

Nos sítios pesquisados, identificam-se cerca de 2.900 cartas geotécnicas, devendo-se salientar que há casos em que se dispõe de duas ou mais cartas no mesmo município, algumas até anteriores ao período focalizado, bem como que esses dados se encontram em atualização contínua, podendo ser alterados a qualquer tempo. Analisando-se de maneira expedita os dados obtidos, particularmente quanto à denominação das cartas, identificação dos municípios contemplados, data de elaboração e outros aspectos gerais, podem-se efetuar algumas considerações iniciais quanto ao perfil geral dos trabalhos de cartografia geotécnica realizados. Acrescentam-se considerações sobre abordagens metodológicas e conceituais empregadas nesses mapeamentos, igualmente em caráter preliminar e amostral, tendo em vista os objetivos do presente trabalho, quanto à contribuição potencial da cartografia geotécnica nas ações estratégicas voltadas para a gestão integrada de riscos e desastres.

No panorama obtido é possível observar a predominância dos seguintes tipos de cartas geotécnicas (enquanto produtos do processo de cartografia geotécnica), aqui simplificados em suas denominações: carta geotécnica de suscetibilidade, também denominada de *carta de suscetibilidade*, dirigida a processos geológicos e/ou hidrológicos; *carta geotécnica de aptidão à urbanização*; e carta geotécnica de risco, frequentemente denominada de *carta de risco* ou de *setorização de riscos*. Nota-se que essas denominações se coadunam com aquelas expressas em requisitos introduzidos pela PNPDEC.

Quanto às quantidades envolvidas, estima-se que 1/3 dos municípios brasileiros (cerca de 1.850, dentre o total de 5.570) possuem atualmente ao menos um desses três tipos de cartas geotécnicas. As de suscetibilidade são encontradas em cerca de 20% do total de municípios do País, enquanto as de aptidão chegam a 4% e as de risco a 32%, estas últimas abrangendo ao menos uma parte dos assentamentos urbanos que poderiam ser objeto desse tipo de mapeamento nos municípios contemplados, geralmente em ocupações precárias e periféricas (Ministério das Cidades, 2022; SGB, 2025).

No caso de SP, 59% dos municípios (380, dentre o total de 645) possuem ao menos um dos três tipos de cartas geotécnicas predominantes, o que evidencia a necessidade de um esforço adicional para elaboração desses produtos no estado, as-

sim como na esfera federal. Nessa parcela de 380 municípios contemplados em SP, 293 (77%) possuem as de suscetibilidade, 19 (5%) as de aptidão à urbanização e 333 (88%) as de risco, setorização de risco ou similar. Em relação às cartas de risco, nota-se que há municípios com mais de uma carta ou documento similar, efetuadas em datas distintas, o que sugere cautela na análise dos dados. Ao todo, os registros referentes a SP mostram 1.005 cartas geotécnicas disponibilizadas em formatos digitais, sendo 324 (32%) de suscetibilidade, 19 (2%) de aptidão à urbanização e 662 (66%) de risco (CE-PDEC/SP, 2025).

Outros tipos relevantes de cartas geotécnicas são encontrados nos sítios consultados, assim como na literatura técnico-científica correspondente, porém com frequência relativamente menor a partir da edição da PNPDEC. Exemplos disso estão nas *cartas de perigo* executadas em escala de detalhe para algumas localidades em âmbito municipal, bem como nas de *prevenção de desastres*, de caráter mais abrangente e com várias áreas num mesmo município, ambas elaboradas pelo SGB.

De acordo com a data de edição das cartas geotécnicas levantadas, pode-se constatar que a elaboração sistemática desses produtos no Brasil obteve impulso significativo a partir do lançamento do PNGRRDN, em 2012. A maior parte das cartas identificadas é decorrente de requisitos postos hoje de maneira direta e indireta pela legislação federal, bem como abordado em normas e requisitos estaduais e municipais complementares. As cartas de risco constituem o exemplo mais claro sobre esse aspecto, respondendo pela maior parte da quantidade de produtos pós-PNPDEC.

Quanto a aspectos conceituais e metodológicos, observa-se que os trabalhos de cartografia executados no período geralmente se apoiam em estudos de síntese disponíveis à época da edição da PNPDEC e do PNGRRDN, sobre métodos e práticas de cartografia geotécnica, como os de Zuquette (1993), Prandini et al. (1995), Zuquette e Nakasawa (1998), Freitas (2000), Vedovello (2000), Zaine (2000) e Zuquette e Gandolfi (2004), entre outros. Estudos sobre características dos processos do meio físico passíveis de abordagem, como os de Fornasari Filho et al. (1992) e Tominaga et al. (2009), compõem a base de conhecimento inicialmente utilizada.

Sobre os conceitos básicos envolvidos nos zoneamentos geotécnicos elaborados, como os de suscetibilidade (*susceptibility*), perigo (*hazard*)

e risco (*risk*), além de outros correlatos, pode-se destacar a utilização do trabalho de Fell et al. (2008), elaborado por comitê representativo das associações técnicas internacionais de geologia de engenharia e engenharia geotécnica (reunindo a mecânica das rochas e a mecânica dos solos), tendo sido traduzido no Brasil pela ABGE (Macedo & Bressani, 2013). Bressani e Costa (2013) discutem esses conceitos quanto a suas aplicações ao mapeamento geotécnico no contexto brasileiro.

Focalizado em processos de deslizamento, mas passível de aplicação a outros fenômenos do meio físico, o referido trabalho (Fell et al., 2008) explicita que o risco pode ser estimado por uma combinação entre a probabilidade de ocorrência de um evento e a magnitude e importância de suas consequências. Assim, a probabilidade que se pretende analisar deve estar associada a uma condição de ameaça em relação a uma determinada ocupação, configurando-se o cenário de perigo. Para essa análise de perigo é necessário considerar as susceptibilidades do meio físico, bem como o período de tempo dentro do qual o cenário previsto poderá se tornar real.

A previsão da magnitude e a análise de sua importância, no cenário de perigo em relação a comunidades e ecossistemas que podem ser afetados, determinam a significância dos impactos, ou seja, a relevância das consequências. Essas consequências devem ser ponderadas em vista das vulnerabilidades humanas e físicas envolvidas na área ocupada e seus entornos, bem como por outros aspectos socioambientais e econômicos que venham a ser considerados.

Na execução dos mapeamentos previstos no PNGRRDN de 2012, assim como nas demais ações executivas relacionadas que se seguiram – e que continuam em andamento – a base de referências tem sido progressivamente complementada com estudos que visam atender diretrizes contidas na PNPDEC e legislação correlata. Isso especialmente quanto aos tipos e procedimentos específicos de cartografia geotécnica, bem como sobre os processos geológicos e/ou hidrológicos a mapear.

Nesse âmbito, podem ser citados os seguintes estudos: os de Diniz (2012), Sobreira e Souza (2012), IPT (2015), Canil e Nogueira (2018) e Canil et al. (2018), quanto aos tipos de cartas geotécnicas em desenvolvimento a partir da PNPDEC; os de Augusto Filho (1992), Cerri e Amaral (1998), Gramani e Kanji (2000) e Carvalho et al. (2007), utilizados para o mapeamento de processos do meio físico comumente abordados

em cartas de risco, como deslizamento de encosta e solapamento de margem de rio; os de Stabile et al. (2013), Bitar (2014) e Silva e Bitar (2014 e 2015), quanto às cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações; e os de Sobreira e Souza (2013), Batista et al. (2015), UFABC (2017), Antonelli (2021) e Bitar e Sepe (2024), especificamente sobre a elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização.

Devem-se salientar os mapeamentos geotécnicos efetuados em universidades, como os da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade de São Paulo (USP-São Carlos e São Paulo), Universidade Estadual Paulista (UNESP-Rio Claro e Ilha Solteira) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), assim como os do SGB e do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA/SP – que incorporou o Instituto Geológico-IG), entre outros voltados ao âmbito municipal e regional que vêm contribuindo para a cartografia geotécnica no País nos últimos anos, incluindo-se os de empresas privadas de consultoria geotécnica e ambiental.

Agregam-se, ainda, os trabalhos que apresentam um caráter mais abrangente sobre o assunto, como os de Santos (2014) e de Coutinho (2022), contemplando tanto questões sobre os procedimentos metodológicos e os processos do meio físico esperados nos mapeamentos geotécnicos a realizar quanto no que diz respeito à diversidade de aplicações possíveis.

Em decorrência de práticas em andamento, observa-se, também, que as cartas geotécnicas têm, por vezes, incorporado novos conceitos, definições e abordagens. Os métodos de elaboração podem variar de acordo com as finalidades específicas de cada cartografia empreendida, mas os produtos geralmente apresentam elementos comuns, como: zoneamento, no qual se distinguem as unidades homogêneas de terreno ou classes mapeadas; quadro-legenda correspondente, com a descrição das características de cada unidade delimitada; e texto explicativo, relatório técnico e/ou guia de utilização, conforme o caso, em linguagem acessível a

um público mais amplo, apresentando as orientações quanto ao emprego do instrumento para as finalidades às quais se destina, de acordo com as especificidades de cada classe ou unidade mapeada.

4.2 Tipos predominantes da cartografia geotécnica em desenvolvimento

Nesse contexto, seguem-se breves considerações acerca de características dos três tipos de cartografia geotécnica que vêm sendo realizados com frequência relativamente maior no País.

Carta geotécnica de suscetibilidade

A cartografia de suscetibilidade atende demanda específica da PNPDEC, quanto ao mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos nos municípios.

As cartas geradas têm sido elaboradas de maneira sistemática desde então, particularmente na forma de *carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações*, geralmente em escala de semidetalhe (1:25.000), para a totalidade do território municipal. Baseiam-se, principalmente, na análise da influência de fatores predisponentes inerentes ao meio físico, relacionados ao relevo, geologia e solos, bem como no mapeamento de feições e processos correlatos detectados em campo. Em casos de municípios com grandes extensões territoriais e desprovidos de bases planialtimétricas compatíveis podem se apresentar em escala reduzida (1:50.000, 1:75.000 ou 1:100.000), visando facilitar o manuseio e a eventual impressão em papel.

Compreendem, geralmente, dois conjuntos principais de processos do meio físico: processos geológicos de movimentos gravitacionais de massa, que incluem deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa/fluxo de detritos; e processos hidrológicos, abrangendo inundação, alagamento e enxurrada. Esses dois conjuntos têm sido priorizados nesse tipo de cartografia dado que correspondem à maior parte de ocorrências e de desastres associados ao meio físico registrados no País, até a época da edição da PNPDEC, mas que continuam sendo registrados nestes tempos mais recentes.

Suscetibilidades a erosão (pluvial, eólica, costeira) e a subsidências e colapsos de solo em áreas cársticas, entre outros processos do meio físico, podem ser incorporados a esse tipo de cartografia geotécnica, sendo encontrados em alguns casos. Suscetibilidades ou vulnerabilidades de aquíferos,

que podem ser afetados por poluição e/ou contaminação decorrentes de atividades humanas, pela disposição de resíduos e/ou lançamento de efluentes no solo começam a ser considerados nesse contexto de mapeamento de áreas suscetíveis.

As suscetibilidades inerentes ao meio físico são representadas para cada conjunto de processos, segundo diferentes classes (alta, média e baixa). No caso de enxurrada e de corrida de massa/fluxo de detritos, indicam-se apenas as bacias de drenagem com alta suscetibilidade à deflagração desses processos, que podem ocorrer de modo associado, não contemplando a trajetória e o alcance dos materiais mobilizáveis, o que tem sido tratado em cartas de risco e, ainda, em cartas de perigo dirigidas a localidades específicas.

A carta de suscetibilidade se constitui como um insumo básico na elaboração da carta de aptidão à urbanização, a ser realizada em escala maior (Batista et al., 2015; Sobreira & Souza, 2013). O caráter geotécnico da carta de suscetibilidade está apresentado de maneira genérica nas diretrizes à ocupação contidas na Nota Técnica Explicativa (Bitar, 2014), elaborada para esse tipo de produto, devendo ser desenvolvido em cada município, mediante análise da relação entre as classes apontadas no zoneamento e a incidência ou não de áreas urbanizadas/edificadas em cada porção do território. Contém, ainda, a sobreposição das zonas de área urbanizada/edificada, extraídas à parte, cuja incidência deve ser ressaltada, dado que pode modificar a suscetibilidade indicada numa determinada zona (polígono homogêneo), para mais ou para menos, quando observada e analisada em nível local.

Carta geotécnica de aptidão à urbanização

Por seu lado, a cartografia geotécnica de aptidão à urbanização procura sintetizar o conhecimento do meio físico no território mapeado, em vista da interação dinâmica dos processos geológicos e hidrológicos atuantes face às intervenções humanas, apontando-se diretrizes e recomendações para a ocupação segura e sustentável do uso e ocupação do solo, considerando-se o planejamento de novos parcelamentos urbanos e o aproveitamento de agregados para a construção civil, sendo geralmente elaborada em escala 1:10.000 ou maior. Em casos de municípios com grandes extensões territoriais podem se apresentar em escala menor (1:25.000, 1:50.000 ou 1:75.000), igualmente para facilitar o manuseio e a eventual impressão em papel. Áreas urbanas e de expansão urbana, situadas

dentro dos perímetros legalmente estabelecidos nos municípios para esse tipo de uso, constituem o objeto principal de mapeamento, podendo alcançar zonas rurais sob pressão da dinâmica de urbanização, além de distritos urbanos isolados e de outras glebas passíveis de parcelamento do solo.

As unidades geotécnicas delimitadas na carta de aptidão se fundamentam em fatores predisponentes (relevo, geologia, solo, hidrologia/hidrografia, água subterrânea) e resultam de análise e interpretação do comportamento geotécnico predominante face aos fatores de indução, deflagração e/ou aceleração de processos do meio físico (precipitação, urbanização, infraestrutura, mineração e outros), distinguindo-se as zonas mais e menos favoráveis à ocupação. Pode-se, eventualmente, gerar uma carta síntese nesse tipo de produto, apresentada em formato de visualização semafórica (vermelho, amarelo e verde), com três classes correspondentes (respectivamente: baixa aptidão e/ou inapta; média aptidão; e alta aptidão), de modo a facilitar a comunicação rápida quanto à aptidão geotécnica geral atribuída a cada parcela do território.

Contém, ainda, a sobreposição da área urbanizada/edificada, geralmente extraída do mapa intermediário de uso e ocupação do solo, cuja incidência pode modificar a aptidão geotécnica indicada numa determinada zona (polígono), para mais ou para menos, quando analisada localmente. Propicia-se, assim, o conhecimento acerca das condições do meio físico, de modo a subsidiar políticas, planos, programas e projetos relacionados ao uso e ocupação do solo urbano no território mapeado, auxiliando as ações municipais voltadas à gestão de riscos e de adaptação ao cenário de mudanças climáticas, bem como nas áreas de planejamento territorial (com destaque ao plano diretor municipal e normas correlatas, para o zoneamento do uso e ocupação do solo), obras de infraestrutura, licenciamento urbanístico-ambiental, aproveitamento de agregados minerais na construção civil e outras.

As diretrizes e recomendações são geralmente apresentadas na carta de aptidão de modo distinto quanto ao fato de haver ou não ocupação numa determinada área. Ou seja, discutem-se os aspectos geotécnicos em relação a *áreas não ocupadas* (aplicáveis também a situações de mudança do tipo de uso e ocupação do solo), visando antecipar e evitar problemas futuros, bem como a *áreas ocupadas*, de modo a auxiliar a gestão de problemas que possam ser encontrados na interação atual entre meio físico e ocupação, a depender da unidade

geotécnica específica e em conformidade com os parâmetros legais vigentes no município.

Carta geotécnica de risco

Na cartografia geotécnica de risco ou de setorização de risco são avaliadas parcelas ou totalidades de assentamentos urbanos, geralmente precários e/ou periféricos, delimitados pelas administrações municipais para fins de análise de risco. Geram-se cartas de setorização de risco, classificando os terrenos em distintos graus (ex.: muito alto, alto, médio, baixo, muito baixo ou nulo), mediante análise da interação entre os processos do meio físico e a ocupação instalada em um dado local, sendo comumente apresentadas em escala 1:2.000 ou maior. Os graus de risco em cada setor delimitado costumam incluir as seguintes classes: Risco muito alto (R4), Risco alto (R3) e Setor de monitoramento (SM), este último reunindo os setores de Risco médio (R2) e de Risco baixo (R1). Há cartas de risco onde essa classificação é utilizada apenas em parte, bem como outras com formas distintas a essas aqui mencionadas.

As cartas geotécnicas de risco ou cartas de setorização de risco se encontram contempladas em diversos outros requisitos legais editados em âmbito federal, estadual e municipal para gestão das denominadas “áreas de risco”. Sobre isso, convém salientar o cuidado a observar quanto ao termo “áreas de risco”, utilizado com frequência por técnicos e gestores municipais para se referir ao objeto de mapeamento de risco. Dado que a finalidade da cartografia geotécnica de risco é exatamente a de distinguir, no âmbito de determinado assentamento urbano, as parcelas ou setores locais que, de fato, se encontram em situação de risco, maior ou menor, no momento da avaliação, distinguindo-os claramente daqueles desprovidos de qualquer perigo, deve-se recomendar prudência no sentido de evitar o emprego antecipado do termo.

4.3 Ações estratégicas para a gestão integrada de riscos e desastres

De acordo com a PNPDEC, tem-se a diretriz de abordagem sistêmica das ações estratégicas de *prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação*. (Art. 4º, inciso II – Brasil, 2012a).

Tais ações apresentam correspondência direta com as ações equivalentes contidas no Acordo de Sendai (UN, 2015). Em realidade, neste último menciona-se uma ação adicional, denominada de *reabilitação*, a qual, no caso brasileiro, parece estar abrangida pela *recuperação*, conforme se pode

depreender a partir das definições expressas na PNPDEC (Art. 1º, inciso I – Brasil, 2012a).

Observa-se que algumas definições legais acerca do significado das ações estratégicas, contidas em regulamentos posteriores à Lei da PNPDEC, como no Decreto 10.593/2020 (acerca da organização e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e sobre o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Sistema Nacional de Informações sobre Desastres) e no Decreto 10.692/2021 (que institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos), podem conflitar parcialmente com as contidas na PNPDEC e no Acordo de Sendai, dando margem a dúvidas. Dessa forma, tendo em conta o objetivo geral do presente trabalho, empregam-se aqui as conceituações mais próximas às dos referidos marcos nacional e internacional.

Os objetivos primordiais de cada ação estratégica apontada podem ser resumidos conforme a seguir, pressupondo-se que a implementação articulada do conjunto de ações tende a contribuir para o efetivo desenvolvimento da gestão integrada de riscos e desastres:

- *Prevenção*, com a finalidade primordial de evitar a criação de novas situações de risco, seja pela ocupação em áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos ou pela alteração de fatores que podem levar ao risco em locais onde antes não havia. Observa-se, ainda, que o conceito é utilizado também quanto a riscos instalados, devendo-se, porém, nesses casos, limitar-se a medidas que visem impedir que as situações se agravem. Aqui convém salientar o desejável rigor na acepção do termo “prevenção”, restrito ao contexto desta ação estratégica, considerando que sua utilização genérica em meio às demais ações subsequentes tende a diluir sua importância em relação ao objetivo de evitar a criação de novos riscos. Esta ação deve se fundamentar em plano municipal de prevenção de riscos;

- *Mitigação*, visando reduzir riscos existentes, mediante a formulação e execução de medidas estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (soluções diversas), podendo até mesmo abranger a erradicação dos riscos instalados, quando viável sob o ponto de vista de sustentabilidade socioambiental e econômica. Esta ação deve se fundamentar em plano municipal de redução de riscos (PMRR);

- *Preparação*, com o objetivo de implantar sistemas de alerta e de mobilização das populações

sob ameaça, organizando a estrutura e o funcionamento detalhado da *resposta* a ser executada em operações de emergência e/ou contingência. Esta ação deve se fundamentar na elaboração prévia de plano municipal específico e/ou de contingência (PLANCON), voltado a situações de emergência, ante a previsão de cenários de ocorrência de eventos que possam resultar em perdas e danos significativos ou mesmo em desastres;

- *Resposta*, de modo a proteger vidas e bens e restabelecer quanto antes os serviços essenciais, ante a ocorrência de um evento com registros de perdas e danos. Esta ação deve se fundamentar na aplicação do Plancon municipal e/ou regional elaborado(s) na *Preparação* anterior, frente às consequências adversas mais imediatas de um evento, considerando-se a possibilidade de ajustes que venham a ser requeridos na ocasião em relação a situações não previstas;

- *Recuperação*, no sentido de reconstruir a infraestrutura básica (saúde, saneamento, viária, comunicação e outras) e reabilitar as dinâmicas socioambiental e econômica afetadas pela ocorrência de eventos que resultem em perdas e danos significativos ou em desastres. Esta ação deve se fundamentar na elaboração de plano municipal de recuperação de áreas afetadas ou similar.

Conforme se pode observar nas sínteses apresentadas, as ações de *prevenção*, *mitigação* e *preparação* precedem a ocorrência de eventos que possam resultar em perdas e danos significativos e, ainda, em desastres, estes últimos considerados em seu sentido mais amplo de ruptura da dinâmica socioeconômica então vigente. Essas três ações configuram a gestão de riscos propriamente dita. Seguem-se a *resposta* e a *recuperação*, que se referem, nessa ordem, às ações a empreender ante a ocorrência de eventos que tenham resultado em perdas e danos significativos, seja de magnitudes e importâncias médias e altas ou mesmo em caso de desastres (perdas e danos totais).

4.4 Aplicação potencial da cartografia geotécnica na gestão de riscos e desastres

Discute-se, a seguir, de maneira breve, a aplicação potencial de cada um dos três tipos predominantes de cartografia geotécnica em desenvolvimento no Brasil, tendo em vista as ações estratégicas de *prevenção*, *mitigação*, *preparação*, *resposta* e *recuperação* contidas na PNPDEC. Os critérios de análise utilizados compreendem a finalidade e o conteúdo geral de cada tipo de cartografia, discutindo-se, sinteticamente, as potencialidades de aplicação em relação às ações citadas.

No contexto específico da gestão de riscos e desastres, observa-se que as cartas geotécnicas de suscetibilidade tendem a auxiliar principalmente na *prevenção*, no sentido de contribuir para evitar a criação de novos riscos, apoiando os gestores municipais na identificação e monitoramento de áreas não ocupadas presentes em zonas de suscetibilidades altas aos processos geológicos e/ou hidrológicos mapeados, de modo a protegê-las em vista de pressões da urbanização. Ao mesmo tempo, as cartas de suscetibilidade indicam as áreas não ocupadas que se encontram em zonas de suscetibilidades baixas, para as quais se devem dirigir eventuais necessidades de expansão urbana, a partir das sedes e distritos municipais.

Por outro lado, em relação a áreas ocupadas, as cartas de suscetibilidade tendem a auxiliar na orientação de atividades para evitar que assentamentos urbanos sem riscos, no momento, venham a induzir a deflagração de processos, por meio do controle de mudanças internas à ocupação envolvida. Pode au-

xiliar, também, na *mitigação*, em meio à elaboração de PMRR, apontando ou corroborando a priorização de áreas ocupadas para fins de análise em escala de detalhe, tendo em vista eventual sobreposição destas com zonas de maior suscetibilidade aos processos mapeados.

Assim, em áreas não urbanizadas, as cartas de suscetibilidade podem contribuir para limitar o avanço da ocupação em direção a zonas mais suscetíveis, de modo a protegê-las e evitar a geração de novos riscos no futuro. Em áreas urbanizadas, para orientar as análises de risco a realizar em seu interior, em escala de detalhe, considerando-se as vulnerabilidades físicas, socioambientais e econômicas existentes e as medidas de *mitigação* que devem ser formuladas e executadas pelos agentes responsáveis.

A Figura 1 ilustra algumas das características da carta de suscetibilidade, voltada à gestão integrada de riscos e desastres, particularmente à *prevenção*, podendo, ainda, auxiliar na *mitigação*.

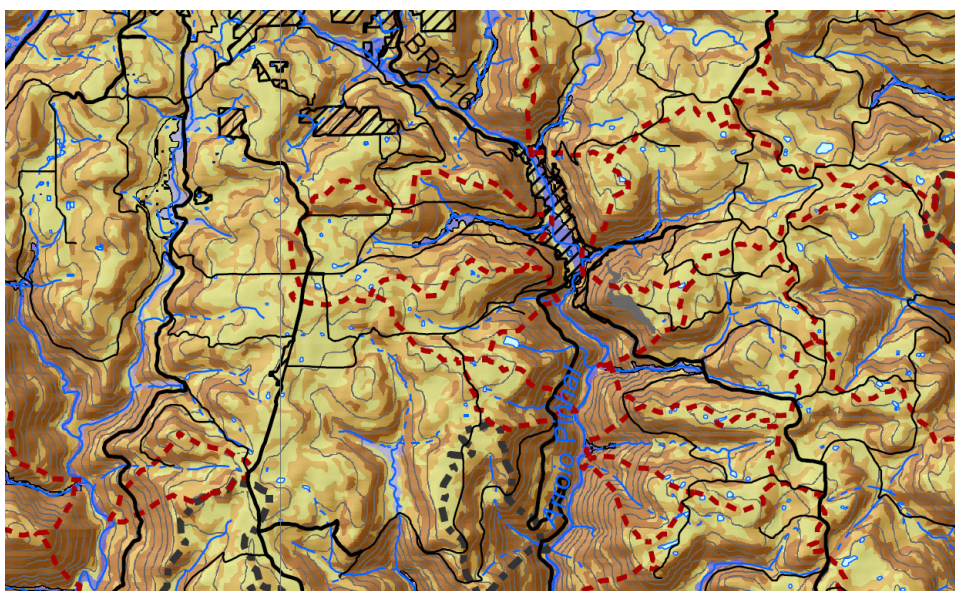


FIGURA 1 – Ilustração parcial da Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do município de Caxias do Sul/RS. Notar a variabilidade de classes no território, conforme tonalidades em azul (inundação e/ou alagamento) e marrom (deslizamento). Quanto mais escuras as tonalidades, maior é a suscetibilidade. Polígonos com contornos tracejados indicam bacias de drenagem suscetíveis a enxurrada (em vermelho) e a corrida de massa e/ou enxurrada (em preto). Análise quanto à incidência de áreas urbanizadas (polígonos hachurados em preto) em diferentes classes propicia a formulação de diretrizes para zonas não ocupadas e de controle para zonas ocupadas, podendo auxiliar nas ações de *prevenção*, *mitigação* e *recuperação*. Fonte: SGB (2017).

FIGURE 1 – Partial illustration of the *Susceptibility Map for Mass Gravitational Movements and Floods for the municipality of Caxias do Sul, Rio Grande do Sul*. Note the variability of classes within the territory, according to the shades of blue (flooding and/or inundation) and brown (landslide). The darker the shades, the greater the susceptibility. Polygons with dashed contours indicate drainage basins susceptible to flash floods (in red) and debris flow and/or flash floods (in black). Analysis of the incidence of urbanized areas (black hatched polygons) in different classes allows for the formulation of guidelines for unoccupied areas and control for occupied areas, being able to assist in *prevention*, *mitigation* and *reconstruction* actions. Source: SGB (2017).

As cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, contendo diretrizes e recomendações para a segurança e sustentabilidade do uso e ocupação do solo urbano, tendem a contribuir principalmente na *prevenção*, igualmente no sentido de evitar a criação e/ou surgimento de novos riscos. As cartas apresentam as unidades geotécnicas cujas características se mostram mais favoráveis à urbanização, dentro dos perímetros legalmente instituídos nos municípios,

compreendendo geralmente a sede municipal e os distritos urbanos comumente mais afastados em relação ao centro administrativo municipal.

A Figura 2 ilustra algumas das características da carta de aptidão à urbanização, voltadas à gestão de riscos e desastres, particularmente na *prevenção*.

Tanto as cartas de suscetibilidade quanto as de aptidão à urbanização tendem, ainda, a contribuir na *recuperação*, particularmente na tarefa de encon-

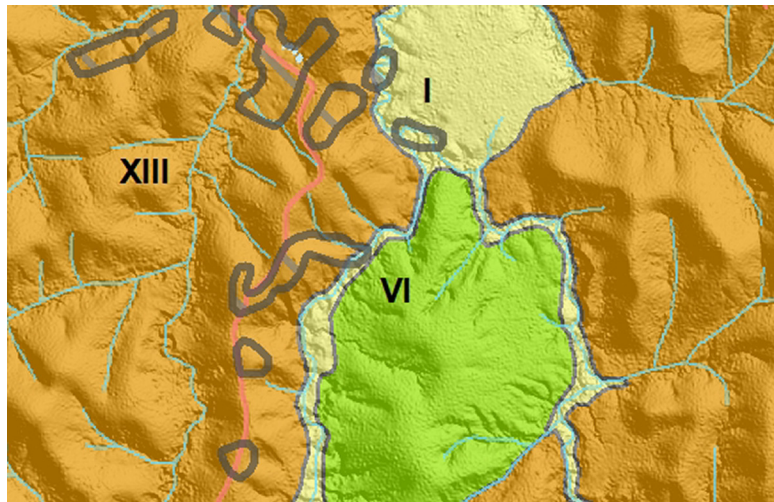


FIGURA 2 – Ilustração parcial e ampliada da *Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de São Paulo/SP*. As unidades geotécnicas indicadas se diferenciam pela cor e numeração (algarismos romanos), cada qual refletindo suas especificidades quanto à interação da ocupação urbana com processos geológicos e/ou hidrológicos*. As diretrizes recomendações à urbanização estão apresentadas no quadro-legenda correspondente, bem como no guia de utilização da Carta, segundo zonas ocupadas (polígonos hachurados, em cinza) e zonas não ocupadas (sem hachuras), podendo auxiliar nas ações de *prevenção* e *recuperação*. Fonte: Bitar e Sepe (2024).

* I - Áreas de sedimentos aluviais inconsolidados em planícies atuais e terraços fluviais baixos, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão. Predominam suscetibilidades altas a inundação e alagamento, assim como a enxurrada, erosão fluvial, solapamento de taludes marginais e assoreamento. Atingimento por deslizamento e recalque diferencial acentuado (associado ao adensamento de solos compressíveis por sobrecarga e/ou rebaixamento do nível d'água subterrânea) localizados. Vulnerabilidade alta a poluição/contaminação de aquífero subterrâneo; VI- Áreas de gnaisses e migmatitos e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados; e XIII - Áreas de gnaisses e migmatitos e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias e altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.

FIGURE 2 – Partial and enlarged illustration of the *Geotechnical Urbanization Suitability Map for the municipality of São Paulo, SP*. The indicated geotechnical units are distinguished by color and numbering (roman numerals), each reflecting its specificities regarding the interaction of urban occupation with geological and/or hydrological processes*. The urbanization guidelines and recommendations are presented in the corresponding legend table, as well as in the Map's user guide, according to occupied zones (shaded polygons, in gray) and unoccupied zones (without hatching), being able to assist in *prevention* and *reconstruction* actions. Source: Bitar and Sepe (2024).

* I - Areas of unconsolidated alluvial sediments on present-day plains and low-lying river terraces, generally unsuitable and/or of low suitability. High susceptibility to flooding and inundation predominates, as well as to flash floods, river erosion, undermining of marginal slopes, and siltation. Impact by landslides and marked differential settlement (associated with the consolidation of compressible soils due to overloading and/or lowering of the groundwater table) is localized. High vulnerability to pollution/contamination of underground aquifers; VI- Areas of gneisses and migmatites and mature residual soils, on hills, generally of medium suitability. Low susceptibility to landslides and medium to high susceptibility to rainfall erosion predominates. Rockfall (on natural slopes and cut slopes) and settlement (associated with blocks/boulders in the subsurface) are localized; and XIII - Areas of gneisses and migmatites and mature residual soils, with varied relief, generally of medium suitability. Low susceptibility to landslides and medium to high susceptibility to rainfall erosion predominate. Rockfall (on natural slopes and cut slopes) and settlement (associated with blocks/boulders in the subsurface) are localized.

trar alternativas locais para novos empreendimentos habitacionais, em meio a procedimentos de transferência de populações afetadas por eventos e desastres. Nessas situações, as zonas de baixas suscetibilidades aos processos do meio físico que foram mapeados nas cartas de suscetibilidades, assim como as unidades geotécnicas que apresentam condições mais favoráveis à ocupação, presentes nas cartas de aptidão à urbanização, correspondem às áreas recomendadas para fins de planejamento, instalação e operação de novos empreendimentos habitacionais.

As cartas geotécnicas de risco ou cartas de setorização de risco se constituem como ferramentas de base especial à *mitigação* em nível local, sendo essenciais para a formulação do PMRR. A classificação obtida nos mapeamentos quanto ao grau de risco em cada setor (ex.: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo ou nulo – ou em outro, mais comum: R1, R2, R3 e R4), conforme expressos nesse tipo de carta, constitui a base orientativa para a proposição

de medidas estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (soluções diversas) correspondentes. Quanto maior a estimativa do grau de risco, maior tende a ser a magnitude e complexidade das intervenções propostas. As cartas de risco podem auxiliar também na *preparação*, subsidiando a estruturação de sistemas de alerta dirigidos a setores de maior risco, bem como na *resposta*, mediante avaliação de riscos que ainda persistem em áreas afetadas por algum evento ou desastre anterior ocorrido. Podem, ainda, auxiliar na *recuperação*, sobretudo em casos nos quais se pretenda avaliar a possibilidade de reconstrução em alguma parcela dos locais afetados por eventos que tenham resultado em perdas e danos significativos ou mesmo em desastres. Assim como na *prevenção*, quanto a mudanças constatadas na ocupação analisada, de modo a evitar a progressão ou o surgimento de novas situações de risco no interior destas.

A Figura 3 ilustra algumas das características da carta de setorização de risco, voltadas à gestão

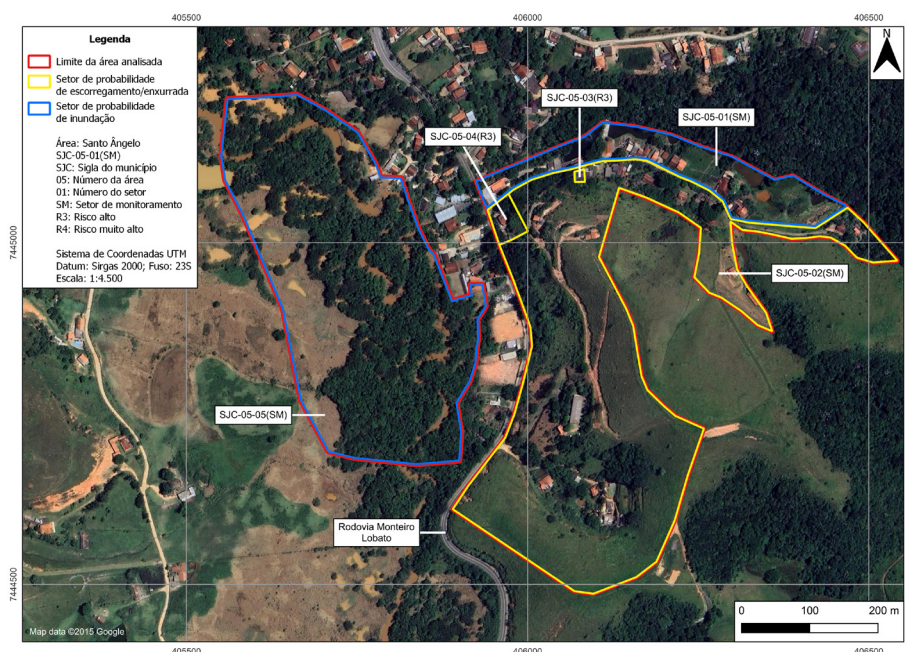


FIGURA 3 – Ilustração parcial da *Carta de Setorização de Risco do município de São José dos Campos/SP*. O polígono com contorno vermelho corresponde ao limite da área analisada. Contorno em amarelo indica a delimitação de setores de risco para deslizamento e em azul para inundação. Os graus de risco em cada setor delimitado podem incluir as seguintes classes: Risco muito alto (R4), Risco alto (R3) e Setor de monitoramento (SM), este último reunindo os setores de Risco médio (R2) e de Risco baixo (R1). A carta visa sua utilização primordial em ações de *mitigação*, podendo ser utilizada também nas demais ações de gestão de riscos. Fonte: IPT (2024).

FIGURE 3 – Partial illustration of the *Risk Sectorization Map for the municipality of São José dos Campos/SP*. The red-outlined polygon represents the boundary of the analyzed area. The yellow outline indicates the delimitation of risk sectors for landslide, and the blue outline for flood. The risk levels in each delimited sector may include the following classes: Very High Risk (R4), High Risk (R3), and Monitoring Sector (MS), the latter encompassing the Medium Risk (R2) and Low Risk (R1) sectors. The map is intended for primary use in *mitigation* actions, and can also be used in other risk management actions. Source: IPT (2024).

de riscos e desastres, particularmente na *mitigação* e elaboração de PMRR.

O Quadro 1 sintetiza os três tipos de cartas geotécnicas quanto à abrangência territorial, escala de apresentação, finalidade cartográfica, conteúdo para a gestão de riscos e desastres e aplicação potencial no contexto da diretriz de abordagem sistêmica das ações estratégicas previstas na PNPDEC.

Convém reiterar a expectativa de que a implementação de cada uma das ações estratégicas seja orientada por um plano específico, elabora-

do com antecedência devida e endereçado a um dado contexto territorial focalizado (assentamento, bairro, distrito, município), considerando-se a participação pública tanto na sua formulação quanto na implementação. Ainda, na perspectiva de desenvolvimento da gestão integrada de riscos e desastres, considera-se que os planos específicos devem servir de base à elaboração de um plano geral de integração das ações estratégicas, associado a outros planos sobre temas correlatos, como os que dizem respeito às políticas de habitação e de

QUADRO 1 – Características gerais referentes aos tipos de cartas geotécnicas em desenvolvimento pós-PNPDEC e sua aplicação potencial em relação às ações estratégicas voltadas à gestão integrada de riscos e desastres.

** Escala de elaboração predominante. A escala de apresentação pode variar: na carta de suscetibilidade (1:25.000, 1:50.000, 1:75.000 ou 1:100.000), a depender da extensão territorial do município mapeado e da disponibilidade prévia de dados básicos sobre a região. Na carta de aptidão, a apresentação pode ser em 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 ou 1:75.000, a depender da extensão do município. Na carta de risco, as escalas de elaboração e de apresentação tendem a se aproximar.*

*** Os três tipos de cartas geotécnicas tendem a contribuir nas atividades das diferentes áreas da administração municipal envolvidas no planejamento territorial e na gestão de riscos e desastres, bem como das correspondentes instâncias de governo no âmbito estadual e federal, além de comunidades ameaçadas e/ou afetadas, empresas públicas e privadas, organizações da sociedade civil e cidadãos em geral.*

**** Tendo em vista a diretriz de abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, prevista na PNPDEC.*

TABLE 1 – General characteristics regarding the types of geotechnical maps in development post-PNPDEC and their potential application in relation to strategic actions aimed at integrated risk and disaster management.

** Predominant scale of elaboration. The presentation scale may vary in the susceptibility map (1:25,000, 1:50,000, 1:75,000 or 1:100,000), depending on the territorial extent of the mapped municipality and the prior availability of basic data about the region. In the suitability map, the presentation may be 1:10,000, 1:25,000, 1:50,000, or 1:75,000, depending on the size of the municipality. In the risk map, the elaboration and presentation scales tend to be similar.*

*** The three types of geotechnical maps tend to contribute to the activities of the different areas of municipal administration involved in territorial planning and risk and disaster management, as well as the corresponding government agencies at the state and federal levels, in addition to threatened and/or affected communities, public and private companies, civil society organizations, and citizens in general.*

**** In view of the systemic approach guideline for prevention, mitigation, preparedness, response, and reconstruction actions, as established in the PNPDEC.*

Tipo	Característica				
	Abrangência territorial	Escala de elaboração *	Finalidade cartográfica	Conteúdo para a gestão de riscos e desastres **	Aplicação potencial ***
Carta de suscetibilidade	Área total do município	1:25.000	Apresentar os resultados do mapeamento e a classificação das áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos	Indicação das zonas de baixa, média e alta suscetibilidade a processos geológicos e/ou hidrológicos, às quais se associam diretrizes diferenciadas para áreas não ocupadas e também para áreas urbanizadas e/ou edificadas	Prevenção, Mitigação e Recuperação
Carta de aptidão à urbanização	Áreas urbanas e de expansão urbana, podendo alcançar zonas rurais sob pressão da dinâmica de urbanização, além de distritos isolados e glebas passíveis de parcelamento	1:10.000 ou maior	Apresentar o zoneamento e as unidades geotécnicas, definidas conforme a dinâmica interativa dos processos geológicos e/ou hidrológicos face ao uso e ocupação do solo	Indicação das unidades geotécnicas, com a aptidão menor ou maior à urbanização e respectivas diretrizes e recomendações para ocupação segura e sustentável do solo, proteção ambiental e priorização de áreas para fins de setorização de risco	Prevenção e Recuperação
Carta de risco	Assentamentos urbanos delimitados	1:2.000 ou maior	Apresentar os resultados do mapeamento e a setorização de risco, conforme os graus atribuídos em vista dos cenários de perigo avaliados em nível local	Indicação dos setores com menor ou maior grau de risco, com as respectivas diretrizes e recomendações de medidas estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (soluções diversas) a adotar para a redução do risco	Prevenção, Mitigação, Preparação, Resposta e Recuperação

regularização fundiária, voltados a assentamentos precários e/ou periféricos.

Sobre isso, deve-se mencionar a elaboração do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PN-PDC), referente ao período 2024-2034, em fase de edição do decreto federal correspondente. O PN-PDC foi desenvolvido em sintonia com os marcos legais nacionais e internacionais, enfatizando a necessidade de articulação entre diferentes esferas governamentais e setores da sociedade para enfrentar os riscos e desastres, bem como a importância de adaptar as ações às particularidades regionais e manter diretrizes flexíveis para atender a necessidades emergentes, promovendo a inclusão, sustentabilidade e redução de desigualdades, requerendo-se o compromisso contínuo dos entes federativos, recursos mobilizados e participação ativa da sociedade. No PN-PDC, a cartografia geotécnica está inserida no Indicador de Capacidade Municipal (ICM), composto por 20 instrumentos para a gestão de riscos e desastres, destacando-se: PMRR; Carta de Suscetibilidade; Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização; Mapeamento de áreas de risco; Cadastro ou identificação de famílias em áreas de risco; e Plano de Contingência (Brasil, 2024).

Abordagem similar quanto à capacidade municipal para enfrentamento de riscos é encontrada no caso do estado de SP, onde o Índice de Efetividade da Gestão Municipal (IEG-M), criado em 2015 pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo (TCESP), com a finalidade de medir o desempenho das administrações municipais, inclui a disponibilidade prévia e a utilização dos três tipos de cartas geotécnicas entre os componentes relativos à proteção da cidade. O IEG-M busca oferecer elementos que possam subsidiar o acompanhamento da atuação do poder público, por meio dos mecanismos de controle instituídos e pela sociedade em geral, bem como pelas próprias prefeituras e respectivas câmaras municipais, na avaliação da efetividade na implementação de políticas públicas setoriais (Bitar, 2025; São Paulo, 2025).

Juntam-se a esse contexto, iniciativas empreendidas pelo Ministério Público no País e no estado de SP, assim como pela CEPDEC/SP na implementação do PDN/SP, que têm requerido a elaboração das cartas geotécnicas por parte dos municípios, com apoio dos estados e da União, especialmente para as finalidades de *prevenção* e de *mitigação*, no âmbito da gestão de riscos e desastres.

Por fim, deve-se acrescentar a perspectiva desejável no sentido de que os diferentes tipos de

cartas geotécnicas sejam incorporados de maneira integrada aos planos diretores municipais e à legislação de uso e ocupação do solo, conforme preconizado pela PNPDEC e na elaboração do PN-PDC, sendo também prevista no IEG-M do TCESP. Há casos de municípios, em diferentes unidades da federação, nos quais se procedeu à utilização integrada, aproveitando-se boa parte dos conteúdos disponíveis nas três cartas e das complementariedades que apresentam entre si. O mesmo pode ser esperado quanto aos instrumentos específicos para orientar a gestão de riscos e desastres, associados a processos geológicos e/ou hidrológicos, como os planos referentes às ações estratégicas e às necessárias medidas de adaptação antecipadas face aos prováveis efeitos das mudanças climáticas. Com isso, pode-se assegurar a aplicação plena de toda a base de conhecimento gerada na elaboração das cartas geotécnicas, acerca do meio físico no qual as cidades se assentam,

5 CONCLUSÕES

Considerando os tipos predominantes de cartografia geotécnica identificados, as análises aqui efetuadas propiciam concluir que as cartas de suscetibilidade e as cartas de aptidão à urbanização tendem a contribuir especialmente na *prevenção* a riscos associados a processos geológicos e/ou hidrológicos, uma vez que nelas se podem distinguir, respectivamente, as áreas com altas suscetibilidades e as áreas desfavoráveis à ocupação, as quais devem ser protegidas sob o ponto de vista ambiental, evitando-se sua ocupação e a consequente possibilidade de se criar novos riscos no futuro.

As cartas geotécnicas de suscetibilidade podem, ainda, auxiliar na *mitigação*, fundamentando a priorização de áreas em assentamentos urbanos que estejam situadas em zonas mais suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos, para fins de análises de risco a realizar em nível local. Tanto as cartas de suscetibilidade quanto as de aptidão à urbanização podem contribuir também na *recuperação*, mediante indicação de áreas mais favoráveis a novos empreendimentos de moradias, para atendimento a populações vulneráveis afetadas por desastres e a outras iniciativas referentes a políticas públicas correlatas, como a habitacional e a de regularização fundiária.

Por sua vez, as cartas de setorização de risco se constituem como base para a *mitigação* de riscos em nível local, fundamentando a elaboração de PMRR e outros estudos correlatos, podendo, ain-

da, auxiliar na *prevenção, preparação, resposta e recuperação*, subsidiando, respectivamente: o controle de fatores que podem levar à geração do risco em locais onde antes não havia; a instalação prévia de sistemas de alerta, mobilização e contingência por parte dos distintos atores sociais e governamentais envolvidos; a análise de risco pós-evento ou desastre; e a necessidade e/ou possibilidade de execução de obras de reocupação ou reabilitação em áreas afetadas por eventos ocorridos.

Os três tipos de cartas geotécnicas estão incluídos entre os instrumentos requeridos no PN-PDC, o que tende a incrementar o desenvolvimento da cartografia geotécnica no País, antevendo-se a importância de monitorar a evolução desse processo, por meio de estudos sistemáticos para avaliar, também, a efetividade na aplicação do instrumento. O mesmo pode ser esperado no caso de SP, em função do IEG-M e da implementação do PDN/SP, bem como por iniciativas do Ministério Público, que vem intensificando a requisição pela elaboração das cartas por parte dos municípios, tendo em conta o apoio dos governos estaduais e federal.

Tais estudos podem ser efetuados em relação a um universo representativo de municípios, seja no contexto regional ou mesmo em nível estadual e nacional, identificando-se os avanços obtidos quanto à aplicação do instrumento, bem como eventuais desafios que estejam sendo enfrentados pelas administrações municipais e que dificultam a implementação das diretrizes e recomendações apresentadas nas cartas geotécnicas disponíveis. O conhecimento a ser gerado nesses estudos certamente ensinará a realização de avaliações críticas, em prol do aprimoramento contínuo da produção e da aplicação de cartas geotécnicas voltadas à gestão integrada de riscos e desastres no País.

6 AGRADECIMENTOS

Aos colegas do IPT que colaboram, direta ou indiretamente, nos trabalhos de cartografia geotécnica executados pelo Instituto desde os anos da década de 1970; a Nivaldo Paulon, pelo apoio contínuo no levantamento, acompanhamento e registro de dados acerca dos municípios que contam com cartas geotécnicas elaboradas; às equipes do Ministério das Cidades, SGB, IPA/SP e CEPDEC/SP, pela cooperação permanente na execução de mapeamentos em SP e em outros estados; a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SCTI/SP), pelo estímulo ao desenvolvimento do assunto por meio de seu programa de apoio tecnológico aos

municípios; às prefeituras municipais empenhadas no fomento e aplicação de suas cartas geotécnicas, propiciando o desenvolvimento do tema no País; e aos editores e avaliadores do manuscrito originalmente elaborado acerca do presente trabalho, pelas contribuições apresentadas.

7 REFERÊNCIAS

- Antonelli, T., Menezes, I. P., Bispo Filho, I., Silva, D. R. A., Conceição, R.A.C., Jesus, D., & Ferreira, C. E. O. (Orgs.) (2021). *Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: Cartas geotécnicas de aptidão à urbanização* (Vol. 2, versão 1). CPRM – Serviço Geológico do Brasil. https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/22307/1/guia_de_procedimentos_tecnicos_cartas_geotecnicas.pdf
- Augusto Filho, O. (1992). Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: Uma proposta metodológica. *Anais do 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas*, 2, 721–733.
- Batista, P. H. L., Canil, K., Moretti, R. S., Fukumoto, M. M., Ramalho, P. C., Pollini, P. B., Regino, T. M., & Gomes, A. H. (2015). Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente aos desastres: Instrumento de suporte ao planejamento territorial com apoio do Ministério das Cidades. *Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, Bento Gonçalves, RS.
- Bitar, O. Y. (Coord.). (2014). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000: Nota técnica explicativa* (Publicação IPT nº 3016). Instituto de Pesquisas Tecnológicas, SGB-CPRM. <https://ipt.br/wp-content/uploads/2024/08/Cartas-de-Suscetibilidade.pdf>
- Bitar, O. Y. (2025). Inclusão da carta geotécnica no Índice de Efetividade da Gestão Municipal – IEG-M do TCESP. *Revista Municípios de São Paulo*, 106, 34–37. https://apaulista.org.br/wp-content/uploads/2025/06/Revista_MUSP_Ed107_JUNHO-site.pdf
- Bitar, O. Y., & Sepe, P. M. (Coords.). (2024). *Carta geotécnica de aptidão à urbanização do*

- município de São Paulo, SP: Guia de utilização* (Publicação IPT nº 3059). Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Prefeitura Municipal de São Paulo. <https://ipt.br/wp-content/uploads/2024/08/Carta-Geotecnica-de-Sao-Paulo.pdf>
- Brasil. (1979). *Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm
- Brasil. (2001). *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências*. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm
- Brasil. (2010). *Lei nº 12.340 de 01 de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da união aos órgãos e entidades dos estados, distrito federal e municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o fundo nacional para calamidades públicas, proteção e defesa civil; e dá outras providências*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm
- Brasil. (2012a). *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil-PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências*. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm
- Brasil. (2012b). *Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais – PNGRRDN*. Presidência da República. <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/197>
- Brasil. (2024). *Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil*. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. <https://pnpc.com.br/>
- Bressani, L. A., & Costa, E. A. (2013). Mapeamento geotécnico: Suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental* (CD-ROM). ABGE.
- Canil, K., Freitas, C. G. L. de, Sobreira, F. G., & Collares, E. G. (2018). Cartografia geotécnica e geoambiental. In A. M. S. Oliveira & J. J. Monticeli (Eds.), *Geologia de engenharia e ambiental* (2ª ed., vol. 2, pp. 422–437). ABGE.
- Canil, K., & Nogueira, F. R. (2018). São Bernardo do Campo: Uso das cartas geotécnicas para prevenção. In S. N. Sulaiman & P. R. Jacobi (Orgs.), *Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre* (Cap. 4, pp. 111–115). IEE-USP.
- Carvalho, C. S., Macedo, E. S. de, & Ogura, A. T. (Orgs.). (2007). *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.
- Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil/SP. (2025). *Cartas geotécnicas de suscetibilidade, aptidão à urbanização e risco*. <https://www.defesacivil.sp.gov.br/instrumentos-de-identificacao-de-riscos/>
- Cerri, L. E. S., & Amaral, C. P. (1998). Riscos geológicos. In A. M. S. Oliveira & S. N. A. Brito (Eds.), *Geologia de engenharia* (Cap. 18, pp. 301–310). Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE.
- Coutinho, R. Q. (Org.). (2022). *Governança de áreas sujeitas a desastres de movimentos de massa*. MXM Gráfica e Editora.
- Dantas, C. E. O. (Coord.). (2025). *Plano estratégico do SGB: 2025–2029*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- Diniz, N. C. (2012). Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(1), 29–77.

- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., & Savage, W. Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102(3-4), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>
- Fornasari Filho, N. (Coord.), Braga, T. O., Galves, M. L., Bitar, O. Y., Amarante, A. (1992). *Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia* (Publicação IPT nº 1972). Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.
- Freitas, C. G. L. (2000). *Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: Proposta teórica e metodológica* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo].
- Gramani, M. F., & Kanji, M. A. (2000). Debris flows in Brazil: Geological settings and parameters. *Proceedings of the 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, CD-ROM. International Union of Geological Sciences – IUGS; Sociedade Brasileira de Geologia – SBG.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (2015). *Guia Cartas geotécnicas: orientações básicas aos municípios* (Publicação nº 3022). Orgs: O. Y. Bitar, C. G. L. de Freitas, & E. S. de Macedo, IPT. https://escriba.ipt.br/pdf/1280-Cartas_geotecnicas_municipais___orientacoes_basicas.pdf
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (2025). *Atualização do Plano Municipal de Redução de Riscos para o município de São José dos Campos e elaboração de manchas de inundação para quatro sub-bacias hidrográficas: relatório final* (RT no 175 050-205). IPT. <https://www.sjc.sp.gov.br/media/hlvpa0k0/atualizacao-do-plano-municipal-de-reducao-de-riscos.pdf>
- Macedo, E. S., & Bressani, L. A. (Orgs.). (2013). *Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo*. ABGE/ABMS.
- Ministério das Cidades. (2022). *Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização: um instrumento para prevenção de riscos e desastres naturais*. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/acoes-e-programas/cartas-geotecnicas-de-aptidao-a-urbanizacao-um-instrumento-para-prevencao-de-riscos-e-desastres-naturais#:~:text=As%20cartas%20geot%C3%A9cnicas%20de%20aptid%C3%A3o%20%C3%A0%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%A3o%20elaboradas%20com,abordagem%20preventiva%20e%20de%20planejamento>
- Prandini, F. L., Nakasawa, V. A., Freitas, C. G. L., & Diniz, N. C. (1995). Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In O. Y. Bitar (Coord.), *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente* (Cap. 4, pp. 187–202). Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.
- Santos, A. R. (2014). *Manual básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica*. Rudder.
- São Paulo (Estado). (2025). *Índice de Efetividade da Gestão Municipal*. Tribunal de Contas do Estado de São Paulo. https://painel.tce.sp.gov.br/pentaho/api/repos/%3Apublic%3Aieg_m%3Aiegm.wcdf/generatedContent?userid=anony&password=zero
- Serviço Geológico do Brasil. (2017). *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do município de Caxias do Sul/RS*. <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18173>
- Serviço Geológico do Brasil (2025). *Nossos produtos: Gestão Territorial e Prevenção de Desastres*. <https://www.sgb.gov.br/nossos-produtos?aba=#collapse-gestaoterritoriale-prevencaodedesastres>
- Silva, S. F., & Bitar, O. Y. (2014). Incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em municípios abrangidos pelo Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 4(2), 95–108.
- Silva, S. F., & Bitar, O. Y. (2015). Aplicabilidade dos métodos de mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em distintas regiões do Brasil. *Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geolo-*

- gia de Engenharia e Ambiental*, Bento Gonçalves (CD-ROM).
- Sobreira, F. G., & Souza, L. A. (2012). Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(1), 79–97.
- Sobreira, F. G., & Souza, L. A. (2013). *Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão urbanização frente aos desastres naturais* (Relatório 4). UFOP, Ministério das Cidades.
- Stabile, R. A., Ferreira, A. L., Carvalho, A. M., Siqueira, A. G., & Bitar, O. Y. (2013). Análise de fatores condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, Rio de Janeiro (CD-ROM).
- Tominaga, L. K., Santoro, J., & Amaral, R. (2009). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. Instituto Geológico.
- United Nations. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. UN. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- Universidade Federal do ABC / Ministério das Cidades. (2017). *Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização: instrumento de planejam-*
- to para prevenção de desastres naturais nos municípios de Caieiras, Itapeverica da Serra, Itapevi e Santana de Parnaíba, Estado de São Paulo* (Relatório Final). UFABC.
- Vedovello, R. (2000). *Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação UBCs* [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista].
- Zaine, J. E. (2000). *Mapeamento geológico geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)* [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista].
- Zuquette, L. V. (1993). *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração* [Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.18.2019.tde-27092019-143236>
- Zuquette, L. V., & Gandolfi, N. (2004). *Cartografia geotécnica*. Oficina de Textos.
- Zuquette, L. V., & Nakazawa, V. A. (1998). Cartas de Geologia de Engenharia. In A. M. S. Oliveira & S. N. A. Brito (Eds.), *Geologia de Engenharia* (Cap. 17, pp. 283–300). Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE.

Manuscrito submetido em 28 de abril de 2025, aceito em 10 de agosto de 2025.

Como citar: Bitar, O. Y., Freitas, C. G. L., & Corsi, A. C. (2025). O papel da cartografia geotécnica na gestão integrada de riscos e desastres. *Derbyana*, 46, Artigo e857.

Contribuição dos autores: a estrutura básica e o conteúdo geral do trabalho foram inicialmente propostos e elaborados pelo primeiro autor (O.Y.B.), recebendo posteriormente diversas contribuições e complementações por parte dos colegas coautores (C.G.L.F. & A.C.C.), efetuando-se, ainda, discussões sobre as versões de redação e de apresentação dos resultados contidas nas sucessivas minutas elaboradas.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesses

