

ELABORAÇÃO DE MAQUETES VIRTUAIS 3D APLICADAS À PREVENÇÃO DE RISCOS E DESASTRES RELACIONADOS A FENÔMENOS NATURAIS

Ana Paula Silva NORONHA

Márcia Vieira SILVA

Ricardo VEDOVELLO

RESUMO

O presente trabalho apresenta as diretrizes, o arcabouço técnico-conceitual, as etapas e os resultados de uma pesquisa voltada para a estruturação de um procedimento sistemático de elaboração de maquetes, em apoio ao aumento da percepção sobre desastres naturais. A modelagem da maquete levou em consideração estudos prévios sobre situações de riscos e desastres realizados pela equipe técnica do Instituto Geológico no município de Mauá (SP). A partir desses estudos foi possível elaborar um modelo virtual de maquete 3D, com ênfase nos processos de escorregamentos que ocorrem no município. O desenvolvimento da pesquisa foi balizado pelas recomendações nacionais e internacionais presentes em legislações e marcos de ação vinculados à Gestão de Riscos e Desastres (GRD). As etapas foram definidas e estruturadas de maneira a poderem ser reproduzidas e adaptadas para a obtenção de material didático para o ensino médio. A aplicação foi inicialmente vislumbrada para uso prioritário em unidades escolares de municípios que apresentem situações expressivas de riscos associados a fenômenos geodinâmicos perigosos, tais como escorregamentos. A maquete foi elaborada com uso do programa *SketchUP*, da empresa *Trimble Navigation*, que possui versão *online* gratuita, e permite tanto a representação dos fatores associados a ocorrência dos escorregamentos, como a visualização do modelo em 3D e com níveis de zoom variáveis. Este programa normalmente é utilizado para se elaborar esboços de ambientes tridimensionais e possui ferramentas de edição e de navegação simples, sendo, portanto, muito utilizado para a elaboração de maquetes 3D. O uso de maquetes virtuais se mostrou mais adequado e exequível do que as maquetes físicas, em função dos custos envolvidos e da possibilidade de navegação tridimensional pelo ambiente representado. Novas abordagens e a reprodução da pesquisa em outras áreas geográficas e para diferentes processos naturais permitirão aperfeiçoar a proposta e ampliar o alcance das maquetes para o aumento da percepção sobre desastres.

Palavras-chave: Escorregamentos; Desastres naturais; Gestão de riscos; Maquete 3D; Ensino e educação.

ABSTRACT

ELABORATION OF 3D VIRTUAL MODELS APPLIED TO THE DISASTERS RISK PREVENTION RELATED TO NATURAL PHENOMENA. This study presents the guidelines, technical-conceptual framework, stages and results of a research focused on the structuring of a systematic procedure for the elaboration of models, supporting the growing perception about natural disasters. The construction of the model was based on previous studies on risk and disaster situations carried out by the technical team of the Geological Institute in the municipality of Mauá (SP). From these studies it was possible to elaborate a virtual 3D model, with emphasis on landslides processes that occur in the municipality. The development of the research was guided by Brazilian and international recommendations regarding Risk and Disaster Management. The

procedure was structured so that they could be reproduced and adapted into high school-level teaching materials. At first, the application was initially envisioned for priority use in school units of municipalities that present significant situations of risks associated with dangerous geodynamic phenomena, such as landslides. The model was developed using the *SketchUP* program, by *Trimble Navigation*, which has a free online version and allows both the representation of the factors associated with the occurrence of landslides and the visualization of the 3D model with variable zoom levels. Usually, this program is used to elaborate sketches of 3D environments, with simple editing and navigation tools, thus being widely used for the elaboration of 3D models. New approaches, and the reproduction of this study in other geographical areas and for different natural processes will improve the procedure and expand the scope of the models to increase the perception of disasters.

Keywords: Landslides; Natural disasters; Risk management; 3D models; Education.

1 INTRODUÇÃO

Desastres naturais são resultantes de fenômenos que ocorrem na natureza, tais como terremotos, tsunamis, erupções e emanações vulcânicas, furacões, ciclones, inundações, deslizamentos, entre outros tipos de processos naturais perigosos, os quais podem atingir áreas ou regiões habitadas ou utilizadas pelo homem, causando perdas e danos. Embora estejam associados a processos que ocorrem na natureza, os desastres naturais podem ser influenciados ou decorrentes de ações antrópicas que contribuem para desencadear o fenômeno ou aumentar sua magnitude, intensidade e frequência, ou mesmo ser potencializados em decorrência da exposição de indivíduos e das construções e atividades humanas aos perigos em uma dada região.

Assim designados nas classificações que tratam do assunto, os desastres naturais diferem de desastres tecnológicos, os quais são determinados diretamente por ações, atividades e construções humanas, tais como guerras, convulsões sociais, vazamentos de poluentes, explosões em plantas industriais, etc.

Pesquisas, estudos e atividades de prevenção, gerenciamento e mitigação de desastres perpassam por diversas áreas do conhecimento, incluindo geociências, medicina, epidemiologia, ciências sociais, defesa civil, engenharia, segurança pública, entre inúmeras outras. Tal abrangência e interfaces revelam que a prevenção dos desastres demanda uma gestão ampla e integrada de todos os aspectos e fatores relacionados à sua ocorrência, contemplando não apenas a preparação para as respostas aos desastres (planos preventivos, ações emergências, salvamento e recuperação), mas também ações destinadas à prevenção e mitigação

de riscos, tais como: planejamento territorial; implantação de medidas estruturais (obras de engenharia, reurbanização, etc) e não-estruturais (realocações, sistemas de aviso e de alerta, etc); estruturação de políticas públicas de gestão de riscos de desastres; e aumento da percepção de risco por parte dos indivíduos, da comunidade e da sociedade como um todo.

Ainda que existam pesquisas, estudos, produtos, fóruns e estratégias importantes para promover o aumento da percepção de riscos de desastres, considera-se que ações de educação são relativamente mais recentes em comparação com os demais aspectos que se integram em uma adequada Gestão de Riscos e Desastres (GRD). Neste sentido, e de forma alinhada às diretrizes nacionais e internacionais de GRD, o presente trabalho apresenta uma proposta para elaborar maquetes virtuais que possam ser utilizadas de forma lúdica e interativa, em ambientes escolares e junto ao público em geral, para fornecer informações e contribuir com a educação sobre as características, os indicadores e os aspectos de desastres relacionados a fenômenos naturais típicos do Brasil. Tal proposta foi desenvolvida no âmbito de um projeto de iniciação científica do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Geológico (IG) - Modalidade Ensino Médio (PIBIC-IG-EM) - Categoria: Iniciação Científica Júnior do CNPq (ICJ/CNPq).

O objetivo geral foi o de estabelecer um procedimento sistemático para a elaboração de maquetes físicas ou virtuais, que possam ser utilizadas para o aumento da percepção das pessoas sobre os fenômenos perigosos que acarretam desastres naturais.

Na pesquisa, resolveu-se estudar os desastres naturais associados aos escorregamentos, também tratados popularmente como deslizamentos. Tal opção justificou-se diante da frequência desse tipo de fenômeno no Brasil e, em particular, no Estado de São Paulo (BROLLO & TOMINAGA 2012, BROLLO & FERREIRA 2016), o que permitiria aproveitar o conhecimento e o acervo técnico disponível junto ao Núcleo de Geologia de Engenharia e Ambiental do Instituto Geológico (NGEA/IG), que forneceu apoio ao trabalho, cujas atividades atualmente são desenvolvidas junto ao Núcleo de Geociências, Gestão de Riscos e Monitoramento Ambiental do Instituto de Pesquisas Ambientais (NGGRMA/IPA).

Os escorregamentos são fenômenos que ocorrem na natureza, induzidos ou não pelas atividades humanas. Conforme as classificações de desastres adotadas pela Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos – CODAR (BRASIL 2007) e pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (BRASIL 2012), existem diversos tipos de escorregamentos, incluindo os de solo e de rocha, os rastejos, as corridas de massa, quedas e rolamentos de blocos de rochas, entre outras formas de diferenciá-los como, por exemplo, especificando a geometria (planar, circular ou em cunha), e a mecânica da movimentação (rotacional ou translacional).

Tais características permitem abordar e explorar diferentes aspectos associados às causas, condições e consequências dos escorregamentos, os quais podem ser representados em maquetes físicas ou virtuais, com grande potencial de auxiliar o público alvo desse tipo de material na compreensão e percepção desses processos naturais perigosos.

2 O CENÁRIO DA GRD E AS DIRETRIZES ASSOCIADAS À EDUCAÇÃO

A busca constante por uma melhor Gestão de Riscos de Desastres (GRD), de forma ampla e focada não apenas nas respostas aos desastres, tem sido indicada e destacada pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR*), em alinhamento às diretrizes estabelecidas pelo Marco de Ação de Sendai (MAS) (UN/ISDR 2015). Aprovado durante a terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada entre os dias 14 e 18 de março de 2015, em Sendai, no Japão, o MAS dá continuidade, renovando e atualizando, as estratégias técnicas, científicas, econômicas, ambientais, e de governança em âmbito local, regional e global, para a redução de riscos de

desastres, que começaram a ser estruturadas desde a indicação, pelas Nações Unidas, da Década de 90, como a Década Internacional para a Redução de Desastres Naturais.

Avaliadas periodicamente pela comunidade internacional, as estratégias foram sendo atualizadas e estruturadas por meio de conferências mundiais e com apoio do UNDRR, o que tem permitido e viabilizado a implantação de redes e plataformas colaborativas, mecanismos de financiamento e o estabelecimento de acordos internacionais. Tais estratégias inclusive se articulam e se integram aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados a partir de 2015 pela Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, bem como ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*), que fornece as bases para as negociações internacionais durante as Conferências das Partes (*Conference of the Parties - COP*) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*).

Inicialmente focada na “Redução de Desastres” Naturais, as diretrizes e ações indicadas ao longo dos últimos 30 anos foram evoluindo para se priorizar a “Prevenção de Desastres” e, de forma mais objetiva, se conseguir a “Redução dos Riscos” de Desastres por meio da construção e aumento da resiliência aos desastres, conforme sintetizado no “Marco de Ação de Hyogo (MAH) 2005-2015: Construindo a resiliência das nações e comunidades frente aos desastres” (UN/ISDR 2007). Instituído durante a segunda Conferência Mundial para Redução de Desastres (*World Conference on Disaster Reduction*), realizada entre 18 e 22 de janeiro de 2005, em Kobe, Hyogo, no Japão, o MAH adota como Resiliência a “*capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposto a riscos de resistir, absorver, acomodar e recuperar dos efeitos de um perigo em tempo hábil e de maneira eficiente, inclusive através da preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas essenciais*” (UN/ISDR 2009).

Entretanto, durante a terceira Conferência, em Sendai, os participantes avaliaram que, “*embora tenham sido realizados alguns progressos em aumentar a resiliência e reduzir perdas e danos, uma redução substancial do risco de desastres exige perseverança e persistência, com foco mais explícito nas pessoas, em sua saúde e seus meios de subsistência, com acompanhamento regular*”. Assim, concluíram que para a “*Redução substancial dos riscos de desastres e das perdas de vidas, meios*

de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países”, o novo Marco deveria ter como objetivo: “Prevenir novos riscos de desastres e reduzir os riscos de desastres já existentes, através da implementação de medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais (grifo nosso), ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas que previnam e reduzam a exposição a perigos e a vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação, e, assim, aumentar a resiliência”.

Estruturado em quatro prioridades de ação (1. Compreensão do risco de desastres; 2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; 3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência; 4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução), o Marco de Ação de Sendai - MAS 2015-2030 (UN/ISDR 2015) discute e indica diversas diretrizes e princípios norteadores que se relacionam de forma transversal com a questão da educação e da comunicação. De forma sintética se destaca que informações e conhecimento sobre o risco de desastres devem ser oferecidos de maneira acessível e de fácil compreensão, tanto na educação formal como na não formal, e em todos os níveis, inclusive treinamentos profissionalizantes. Observa, também, que as informações devem apresentar base científica, porém complementadas por meio de conhecimentos tradicionais que observem as culturas locais e as necessidades de diferentes tipos de públicos e de suas especificidades de idades, gênero, deficiências, posição social e outras. Ressalta ainda que as atividades educativas devem se dar por meio de diferentes instrumentos e mecanismos de divulgação, incluindo, além de materiais tradicionais, o uso de mídias sociais, concursos temáticos, campanhas públicas e mobilização comunitária.

Quanto ao foco, o MAS 2015-2030 destaca que ações de educação devem contemplar todas as dimensões do risco de desastres, incluindo vulnerabilidade, capacidade de resposta, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente. Dessa forma poderão constituir *“instrumentos para a sensibilização e educação da sociedade, a fim de promover uma cultura de prevenção de desastres, resiliência e cidadania responsável, gerar compreensão dos riscos de desastres, apoiar*

a aprendizagem mútua, compartilhar experiências” (UN/ISDR 2015).

No Brasil as diretrizes globais para a Gestão de Riscos e Desastres (GRD) têm tido influência tanto na definição e aplicação de políticas públicas integradas e setoriais, como condicionando acesso a financiamentos e a distribuição orçamentária para investimentos e gastos públicos, entre outros aspectos. Embora tais políticas e experiências sejam várias e variadas destacam-se, de forma mais expressiva, as políticas de proteção e defesa civil e as de mudanças climáticas.

Em termos nacionais, o principal instrumento orientador e normativo de GRD está definido pela Lei Federal 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que destacou: a necessidade de atuação articulada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para redução de desastres; a abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação; o desenvolvimento de uma cultura de prevenção, destinada à conscientização acerca dos riscos de desastre; o estímulo a comportamentos de prevenção capazes de evitar ou minimizar a ocorrência de desastres; entre outros aspectos.

No estado de São Paulo é importante destacar o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos – PDN (Decreto Estadual nº 57.512/2011), posteriormente reorganizado pelo Decreto Estadual nº 64.673/2019. Instituído ainda anteriormente à Lei Federal 12.608/2012, e de forma concomitante à formulação e promulgação da PEMC (Lei Estadual nº 13.798/2009), que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas e que também abordou ações e diretrizes associadas à GRD, o PDN foi formatado com o objetivo de viabilizar a gestão de riscos de desastres em seu sentido mais amplo, ampliando o foco para além do gerenciamento de riscos já instalados, e incorporando diretrizes para se evitar, reduzir, gerenciar e mitigar situações de risco, por meio de mecanismos de governança e de planos de ação intersetoriais. Estruturado em um ciclo contínuo de ações, o PDN contempla cinco eixos principais: diagnóstico; planejamento e ordenamento territorial; monitoramento e fiscalização; redução e erradicação; e capacitação e disseminação de informações (Figura 1). Em relação ao último eixo, observa-se que estão incluídas atividades de comunicação e de educação voltadas para o aumento da percepção de riscos e da resiliência aos desastres.

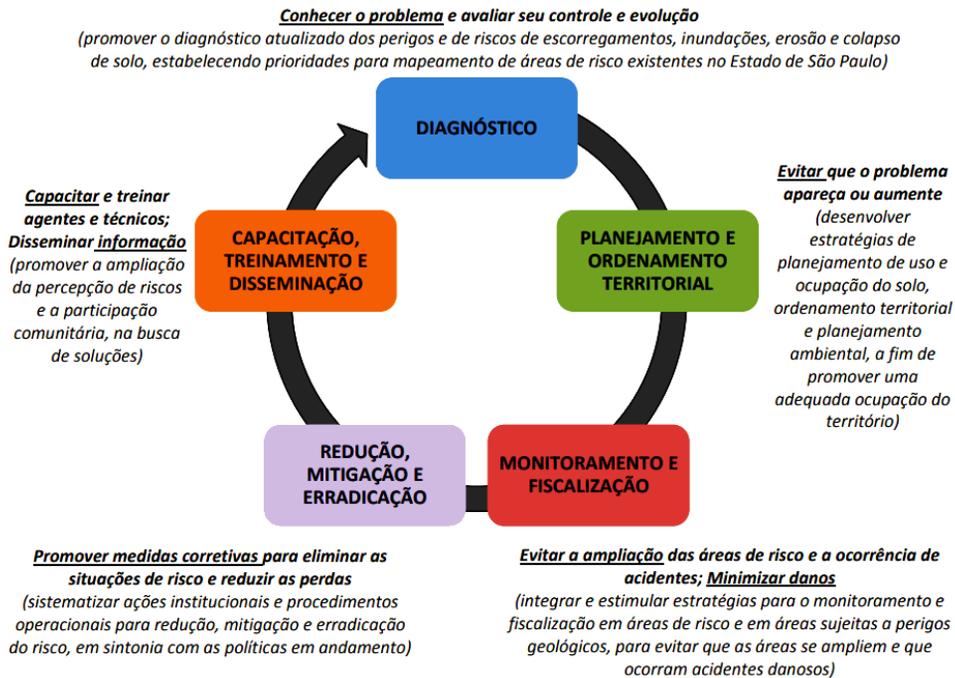


FIGURA 1 – Estruturação do Programa Estadual de Prevenção de Desastres e Redução de Riscos Geológicos – PDN (BROLLO & TOMINAGA 2012).

FIGURE 1 – Structure of the State Program for Disaster Prevention and Geological Risk Reduction – PDN (BROLLO & TOMINAGA 2012).

Conforme se depreende do cenário acima descrito, fica evidente a importância de ações de comunicação e de educação para o aumento da resiliência aos desastres, seja nas diretrizes, princípios, objetivos e prioridades estabelecidos pelo Marco de Sendai e de seus instrumentos e documentos predecessores, seja nas diretrizes nacionais e subnacionais destacadas para o Brasil em particular na PNPDC, no PDN/SP e em outras políticas correlatas.

Dessa forma, considera-se fundamental criar maneiras de informar e capacitar a população sobre o tema, incluindo: a identificação dos perigos e riscos em seu entorno; a adoção de atitudes que não contribuam para a ocorrência dos desastres; e o aprendizado das formas de se proteger ou conseguir ajuda para evitar perdas e danos.

Ações educativas, voltadas para a “Compreensão do risco de desastres” (Prioridade 1, do Marco de Ação de Sendai), devem ser desenvolvidas no sentido de aumentar a resiliência individual e coletiva, pública e privada, sejam em esfera local (cidades e municípios), em esferas subnacionais (estados, bacias hidrográficas e regiões

administrativas) e nacionais (países), ou ainda contemplando riscos de grande ou pequena magnitude.

Neste sentido o Marco de Ação de Sendai (UN/ISDR 2015) observa que “pequenos desastres recorrentes e desastres de início lento afetam particularmente comunidades, famílias e pequenas e médias empresas, constituindo um percentual elevado das perdas totais”. Assim, a GRD, e consequentemente ações de educação sobre os riscos de desastres, não deve focar apenas em fenômenos de grande magnitude e com elevados danos associados, mas preocupar-se igualmente com fenômenos de menor intensidade ou impacto, mas que possuam expressão e ocorrência generalizada no território.

Diante deste cenário, vislumbra-se um amplo espectro de ações de caráter educativo bem como de atividades e de materiais lúdicos que possam ser estruturados e sistematizados para fins de aumento da percepção aos desastres. Importantes discussões teóricas e experimentais podem ser encontradas na literatura, destacando-se pela proximidade com o objeto da presente pesquisa as contribuições de VALENCIO *et al.* (2009), MENDONÇA

& LUCENA (2013), MARCHEZINI *et al.* (2019), entre outras.

3 A ÁREA DE ESTUDO

Desastres associados a escorregamentos são muito estudados no Brasil e o Instituto Geológico (IG) (atual IPA/NGGRMA) possui muitos levantamentos e informações importantes que podem ser usados para definir um modelo de maquete. A partir da avaliação do acervo do Núcleo de Geologia de Engenharia e Ambiental (NGEA/IG), optou-se por analisar os dados existentes para o município de Mauá, SP (Figura 2), o qual constitui a área alvo para o desenvolvimento do modelo de maquete.

A escolha levou em consideração atividades de ensino que o Instituto estava desenvolvendo na região, bem como a recorrência de escorregamentos neste município, o que permitiria utilizar o produto da pesquisa em futuros trabalhos na região.

Além disso, o cenário de risco relacionado a escorregamentos em diversas áreas do município e o acervo de dados (relatórios, fichas de vistorias, fotografias e mapas) disponíveis junto ao IG, permitiam a identificação dos diferentes fatores envolvidos no desencadeamento do fenômeno e na

potencialização dos desastres, o que seria muito importante para definir elementos a serem representados na maquete.

4 METODOLOGIA

O projeto envolveu o desenvolvimento de uma série de estudos e atividades voltadas para embasar o conhecimento sobre o tema da pesquisa e para possibilitar a definição de um procedimento adequado para elaborar maquetes que contribuam para ampliar o conhecimento sobre desastres classificados como naturais e sua prevenção. As atividades incluíram: levantamentos bibliográficos para o entendimento do cenário de gestão de riscos de desastres e sobre processos geodinâmicos perigosos; seleção de fenômeno que pudesse ser analisado e representado em materiais lúdicos considerando a realidade de cidades brasileira e, em especial, do estado de São Paulo; avaliação e seleção de programa digital para produção de modelos virtuais em 3D; sistematização dos procedimentos e elaboração de modelo virtual de maquete, com base em situações reais. Tais atividades foram organizadas em duas etapas principais de pesquisa, conforme apresentadas a seguir.

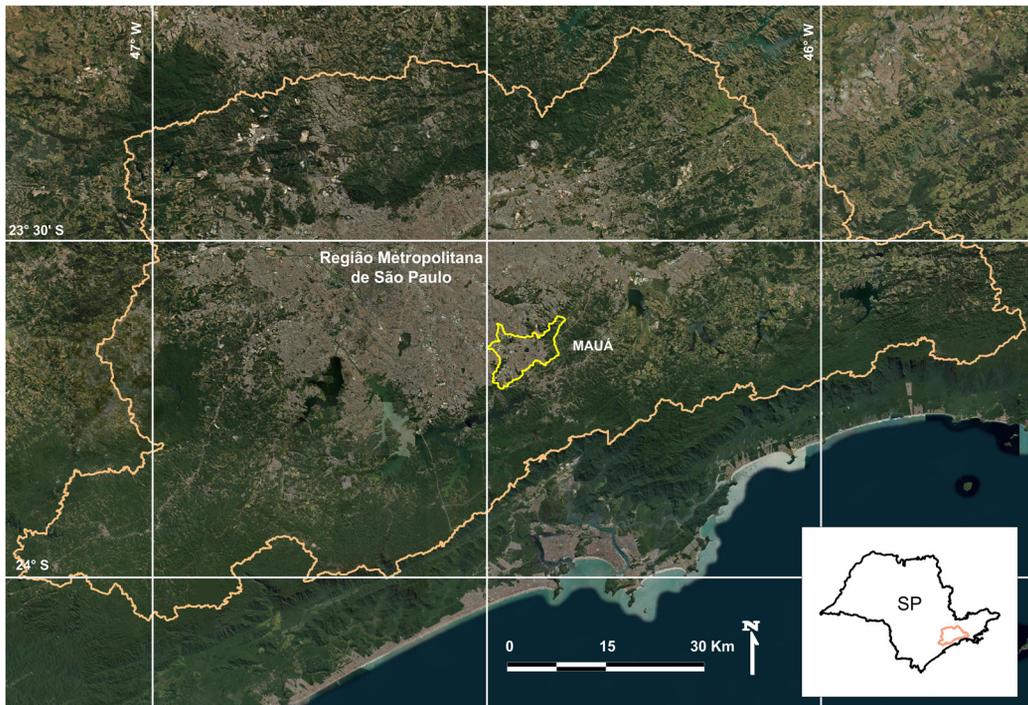


FIGURA 2 – Localização da área de estudo.

FIGURE 2 – Location of the study area.

4.1 Etapa 1: Análise do cenário de gestão de riscos de desastres a ser representado

Esta etapa contemplou o conjunto de estudos e levantamentos básicos voltados para embasar o conhecimento essencial sobre o tema da pesquisa, com consequente organização de quadros e tabelas guias, seleção do fenômeno perigoso e da área alvo a serem representados, e a obtenção de material de apoio que possibilitasse compreender o cenário real de risco e de desastres para a área selecionada. As atividades incluíram: a análise dos tipos de desastres e seleção de fenômeno a ser representado na maquete; a definição dos fatores relacionados à ocorrência de escorregamentos; e a seleção de exemplos reais de áreas afetadas por escorregamentos.

Paralelamente foi realizada uma pesquisa prospectiva sobre a estrutura geral dos conteúdos indicados para cada ano e disciplina do Ensino Médio (BRASIL 1999, CARNEIRO *et al.* 2004), de maneira a se identificar disciplinas com maior interface com o tema da pesquisa, e para balizar quais aspectos seriam propícios de se representar nas maquetes, para uso futuro das mesmas em atividades didáticas.

4.1.1 Análise dos tipos de desastres e seleção de fenômeno a ser representado na maquete

Os desastres são diferenciados entre naturais e tecnológicos. Algumas classificações estudadas incluem ainda desastres mistos, quando ocorrem em decorrência de fenômenos naturais e tecnológicos em conjunto. De forma simplificada, os desastres naturais ocorrem em consequência de fenômenos da natureza, induzidos ou não por atividades humanas, e causam perdas de vidas e danos socioeconômicos e/ou ambientais. Já os desastres tecnológicos relacionam-se a problemas decorrentes de atividades e construções humanas que também geram perdas e danos.

As principais classificações analisadas para o estudo foram: CODAR (BRASIL 2007), COBRADE (BRASIL 2012) e o EM-DAT (BELOW *et al.* 2009). Este último é um banco de dados internacionais que estabeleceu uma classificação de desastres, também considerada para a proposição da classificação COBRADE.

Para a presente pesquisa escolheu-se utilizar a classificação COBRADE, pois é a utilizada no Brasil atualmente, inclusive indicada pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/12). Essa classificação separa os desastres

naturais em geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos, biológicos e siderais.

Considerando os principais tipos de desastres que ocorrem no Brasil, conforme observado em diversos estudos técnicos (TOMINAGA *et al.* 2009, BROLLO *et al.* 2011, BROLLO & TOMINAGA 2012, FERREIRA 2012, BROLLO & FERREIRA 2016, entre outros), e mesmo na imprensa, observa-se que os que ocorrem com maior frequência são os escorregamentos e as inundações. Para o presente trabalho optou-se por trabalhar com os escorregamentos, pois estavam associados aos trabalhos que a equipe do IG vinha realizando na época da pesquisa e, portanto, facilitaria o contato com os especialistas e a obtenção de informações sobre elementos a serem representados na maquete. Além disso, os escorregamentos possuem muito potencial para provocar perdas de vidas e de residências, de maneira que é importante contribuir para que as pessoas entendam porquê e como ocorrem.

Conforme a classificação da COBRADE, os escorregamentos estão agrupados em um subgrupo de classificação designado como movimentos de massa, incluídos nos grupos dos desastres de natureza geológica (Tabela 1).

4.1.2 Definição dos fatores relacionados à ocorrência de escorregamentos

A partir da escolha dos escorregamentos como fenômeno a ser representado, foram estudados os principais fatores relacionados à sua ocorrência. Para isso foram utilizadas fichas de trabalhos de campo utilizadas em levantamentos, avaliações e estudos técnicos do IG (INSTITUTO GEOLÓGICO 2014), para identificar que tipos de informações são analisados em atividades e situações práticas (Figuras 3 e 4).

Na sequência, essas informações foram agrupadas de maneira a definir se faziam referência: aos aspectos (naturais e antrópicos) que condicionam a ocorrência dos escorregamentos; às evidências da movimentação; à avaliação de riscos; aos tipos de consequências; e às medidas de prevenção ou de recuperação. O agrupamento realizado para fins específico do trabalho é mostrado na tabela 2, observando-se que a equipe do IG estava sistematizando de forma mais ampla e precisa tais agrupamentos, fatores e categorias, para fins de elaboração de um aplicativo de apoio aos trabalhos de campo, bem como para a elaboração de um banco de dados de imagens fotográficas de GRD, a partir do trabalho de MACIEL *et al.* (2019).

TABELA 1 – Tabela parcial de classificação de desastres, com destaque para os fenômenos selecionados para representação na pesquisa. Adaptado a partir de COBRADE (BRASIL 2012).

TABLE 1 – Partial disaster classification table, highlighting the phenomena selected for representation in the research. Adapted from COBRADE (BRASIL 2012).

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
1. NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
		3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. blocos	1.1.3.1.1
				2. lascas	1.1.3.1.2
				3. matacões	1.1.3.1.3
				4. lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
			2. Rocha/Detrimento	1.1.3.3.2	
		4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
			3. Erosão Continental.	1. Laminar	1.1.4.3.1
		2. Ravinas		1.1.4.3.2	
	3. Boçorocas	1.1.4.3.3			

4.1.3 Seleção de exemplos reais de áreas afetadas por escorregamentos

Para ajudar na visualização dos fatores associados a escorregamentos (Tabela1), foram selecionadas fotos obtidas pelo IG no município de Mauá (SP). Esse município sofreu vários problemas com escorregamentos em anos anteriores ao presente trabalho, e a equipe do IG, em conjunto com a Defesa Civil (estadual e municipal) e as escolas da região, estava desenvolvendo atividades de ensino sobre o tema, onde maquetes poderiam ser. A figura 5 mostra algumas das fotos selecionadas para a visualização dos diversos tipos de fatores que podem ser representados na maquete.

4.2 Etapa 2: Construção de sistemática para a elaboração de maquetes sobre desastres

Na segunda parte da pesquisa, foi proposto e testado um procedimento que pudesse ser organizado, de forma adequada e sistemática, para a elaboração de maquetes voltadas para contribuir com a ampliação do conhecimento sobre desastres naturais e sua prevenção.

É importante destacar que o projeto previa, inicialmente, a obtenção de uma maquete física que pudesse ser utilizada tanto em exposições

como em atividades educacionais, de forma similar a experiências anteriores desenvolvidas pelo Núcleo de Comunicação em Geociências do IG. Assim, além da estruturação de procedimento sistemático a ser adotado na elaboração de tais maquetes, pretendia-se identificar materiais recicláveis que pudessem ser utilizados para representar de forma adequada alguns dos fatores e condições que determinam a ocorrência de escorregamentos na área alvo. Entretanto, devido à situação de pandemia associada à COVID 19, com limitação das atividades práticas e presenciais, decidiu-se ajustar o trabalho no sentido de se elaborar um modelo de maquete virtual. Não obstante a este fato, observa-se que os procedimentos contemplados poderiam ser ajustados de forma similar, seja para a elaboração de maquetes físicas, seja para as virtuais.

Com base nas pesquisas e análises preliminares sobre tipologia do fenômeno, fatores relacionados à sua ocorrência, relatórios, fichas e fotos de levantamentos de campo existentes, etc., definiu-se um procedimento para elaboração do modelo em quatro etapas, apresentadas na sequência.

The image shows a detailed data collection form. Key sections include:

- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ANÁLISE:** Includes 'Estágio de ocupação' (Consolidada, Em consolidação, Rarefeita, Loteam.), 'Vegetação' (Mata, Arbustiva, Cultivo, Árvores, Rasteira, Sem vegetação/solo exposto, Não Observado), and 'Clima' (Pluviosidade, Temperatura, Excedente hídrico, Meses).
- Geologia:** 'gnaisse, migmatito'.
- Cobertura superficial:** 'Tálus', 'Colúvio', 'Solo' (checked).
- Perfil predominante das vertentes:** 'Convexo' (checked), 'Retilínio' (checked), 'Côncavo' (unchecked). 'Encosta' data: 'Altura máxima: 92 m', 'Inclinação: 18-30°'.
- CARACTERÍSTICAS DO SETOR EM ANÁLISE:** 'Posição na encosta' (Topo, Meia-encosta, Base, Talvegue), 'Critérios para definição do setor', 'CONDIÇÃOANTES'.
- CONSTRUÇÃO:** 'Tipo construção' (Alvenaria 80%, Madeira 20%), 'Padrão Construtivo: médio', 'Densidade ocupação' (Alta >70% checked), 'Nº de moradias: 7', 'Nº de moradores: 28', 'Área: 1.099 m²'.
- GEOMETRIA, MATERIAIS E ESTRUTURAS:** 'Material predominante' (Colúvio, Solo desenvolvido, Solo pouco desenvolvido, Taludes naturais), 'Observação: solo argiloso, danado', 'resistência ao material e baixa erodibilidade', 'Descrição da rocha: fragmentos de gnaisse/migmatito alterados em meio a solo pouco desenvolvido...'.

FIGURA 4 – Detalhe da ficha da figura 3, com destaque dos tipos de informações que foram identificadas para a seleção de elementos a serem representados nas maquetes.

FIGURE 4 – Detail of the form in figure 3, highlighting the types of information that were identified for the selection of elements to be represented in the models.

TABELA 2 – Agrupamento de alguns tipos de fatores que podem ser analisados e representados nas maquetes, obtidos a partir da análise das fichas apresentadas nas figuras 3 e 4.

TABLE 2 – Some types of factors that can be analyzed and represented in the models, based on the analysis of the forms presented in figures 3 and 4.

GRUPOS DE FATORES AVALIADOS PARA A ELABORAÇÃO DA MAQUETE		
CARACTERÍSTICAS DO TERRENO	Relevo	perfil da encosta: <i>convexo, retilíneo, côncavo</i> setor da encosta: <i>topo, meia encosta, base, talvegue</i>
	Solos/Rochas	perfil de alteração: <i>rocha alterada, rocha sã, saprolito, solo residual</i>
	Vegetação	tipo de material: <i>argiloso, arenoso, silto-argiloso</i>
CARACTERÍSTICAS HUMANAS	Habitação	material de construção: <i>alvenaria, madeira, palafitas</i>
	Ocupação	estágio: <i>consolidado, em consolidação, rarefeito</i> densidade: <i>alta, média, baixa</i>
FEIÇÕES DE INSTABILIDADE		<i>trincas, degraus de abatimento, sulcos, ravinas, muros e paredes embarrigados, árvores e postes inclinados</i>
ANÁLISE DE RISCO	Processo Perigoso	escorregamentos (mecânica): <i>planares, circulares, rotacionais, translacionais, em cunha</i>
		escorregamentos (tipologia): <i>quedas e tombamentos de rocha, escorregamentos de solo/rocha, corridas, rastejo</i>
	Vulnerabilidade	<i>físicas, humanas (econômicas e sociais), ambientais</i>
AÇÕES PREVENTIVAS E MITIGATÓRIAS	Dano	<i>óbitos, deslocamentos, perdas econômicas, destruição de casas e de infra-estrutura, problemas de saúde</i>
	Medidas Estruturais	obras: <i>sistema de drenagem, estruturas de contenção, desmonte e remoção de blocos rochosos, retaludamento</i>
	Medidas não Estruturais	<i>planos preventivos e de contingência, monitoramento, remoções e realocações, ações educativas e treinamentos</i>



FIGURA 5 – Fotografias utilizadas para identificação de feições a serem representadas na maquete. (A) Cicatriz de escorregamento. (B) Habitações de alvenaria, em área de encosta. (C) Cortes e modificações no terreno, incluindo supressão de vegetação em área de encosta. (D) Vista do tipo de relevo e da forma e densidade de ocupação nas encostas da área. (E) Evidência de movimentação do terreno (trinca), registrada durante vistoria emergencial da equipe do IG. Município de Mauá, SP (Acervo Instituto Geológico).

FIGURE 5 – Photographs used to identify the features to be represented in the model. (A) Slide scar. (B) Masonry buildings in a hillside area. (C) Land cuts and modifications, including removal of vegetation, in a hillslope. (D) View of the type of relief and the form and density of occupation on the slopes of the area. (E) Evidence of ground movement (crack), recorded during an emergency survey by the IG team. Municipality of Mauá, SP (Geological Institute archive).

4.2.1 Identificação de fotos representativas de elementos ou fatores típicos relacionados com a ocorrência de escorregamentos

Para a representação na maquete foram selecionadas fotos com aspectos gerais e de detalhe da área de estudo, relacionados aos fatores que condicionam a ocorrência de escorregamentos, tais como: relevo, trincas, padrão de ocupação da área e outros aspectos relacionados na tabela 2. Tais fotos foram obtidas na localidade do município de Mauá, SP, designada como Jardim Zaira, e estão ilustradas na figura 5 (item 4.1.3), onde é possível se observar algumas das condições analisadas.

4.2.2 Produção de esboço (desenho) sobre os elementos das fotos a serem representados no modelo

A partir das fotos selecionadas foram definidos os aspectos a serem representados na maquete. Além das fotos, foram avaliados outros modelos de

maquetes físicas já elaboradas anteriormente pelo setor de comunicações do IG. A figura 6 apresenta umas das referidas maquetes. Com base no material de referência foram feitos desenhos (esboços) à mão dos elementos a serem representados (Figura 7).

4.2.3 Seleção de programa digital para elaboração da maquete virtual

Foram consultados especialistas que utilizam programas de modelagem virtual de ambientes naturais e construídos para identificação de programa que permitisse a construção da maquete virtual. O programa selecionado foi o *SketchUP*, da empresa *Trimble Navigation*, que possui versão *online* gratuita na *web*, e permite, tanto a representação dos fatores associados a ocorrência dos escorregamentos, como a visualização do modelo em 3D e com níveis de zoom variáveis. Este programa normalmente é utilizado para se elaborar esboços de ambientes tridimensionais e possui ferramentas



FIGURA 6 – Exemplo de uma das maquetes analisadas para auxiliar na elaboração do projeto e no modelo a ser desenvolvido durante a pesquisa. Acervo Instituto Geológico.

FIGURE 6 – Example of one of the models analyzed to assist in the design of the project and the model to be developed during the study. Geological Institute archive.

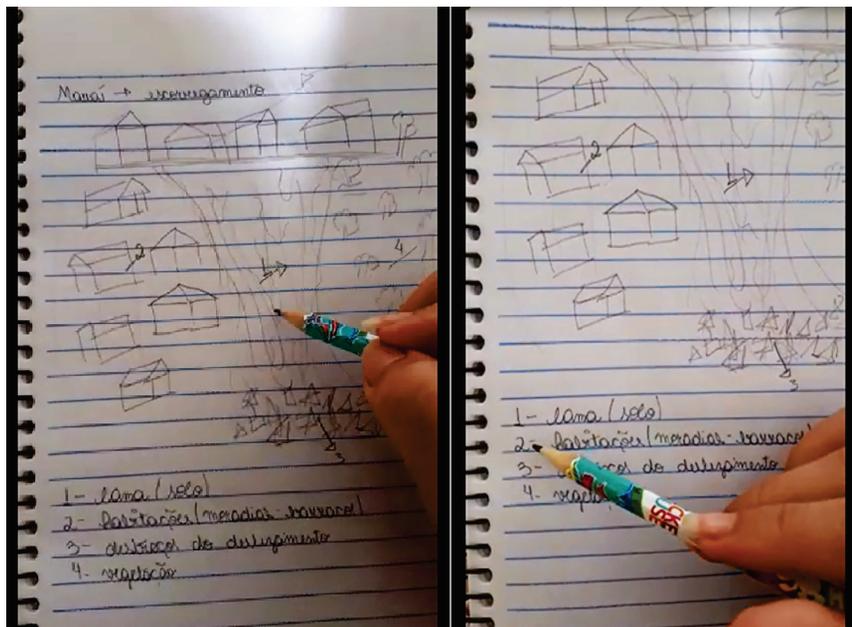


FIGURA 7 – Esboço de elementos a serem representados na maquete. Desenhos elaborados com base na análise das fotos dos trabalhos de campo obtidas pelos técnicos do IG.

FIGURE 7 – Sketch of elements to be represented in the model. Drawings prepared based on the analysis of photos of fieldwork obtained by IG technicians

de edição e de navegação simples, sendo, portanto, muito utilizado para a elaboração de maquetes 3D. Além disso, a seleção do programa levou em conta a disponibilidade de uso, em conjunto com colaboradores do projeto.

4.2.4 Representação da maquete em ambiente virtual

Com base no esboço dos elementos escolhidos para representação, selecionados a partir das fotografias, foram identificados e construídos elementos gráficos no ambiente do *SketchUP* que pudessem representar as condições de ocorrência de escorregamentos para a área de estudo. Além da elaboração dos elementos gráficos, foram realizados diversos testes de representação e navegação tridimensional até a definição de um modelo que se considerasse representativo do fenômeno e da área estudada. Além disso, foram desenvolvidas modelagens com variações de elementos e de edição gráfica para avaliar as possibilidades de representação e mesmo a indicação de situações locais pré e pós-desastre.

Os testes e modelagens permitiram definir o tipo de acabamento gráfico e a quantidade de elementos de composição da maquete, até sua formatação final para navegação e visualização pelos usuários.

5 RESULTADOS

Com base nos procedimentos descritos no item 4 foi obtido um modelo de maquete em ambiente virtual 3D, o qual possibilita a representação e visualização de diversos elementos

que se relacionam com a ocorrência de desastres naturais.

Esse tipo de modelo permite observar características do terreno que condicionam a ocorrência e o desenvolvimento de fenômenos perigosos, bem como de suas consequências e das formas de intervenção antrópica que potencializam o seu desencadeamento. Além da representação e visualização em 3D, o programa utilizado permite a navegação pela maquete virtual, possibilitando diferentes direções de observação e níveis de detalhes (zoom) dos elementos representados.

Assim, a maquete virtual permite tanto a interação direta em ambiente computacional durante processos educativos, como permite produzir, ajustar e testar modelos que sirvam de base para a elaboração de maquetes físicas, minimizando a ocorrência de erros e desperdício de recursos durante sua elaboração.

As figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram o modelo 3D obtido e apresentam algumas das características relacionadas ao desencadeamento, ocorrência e consequências do fenômeno selecionado para representação na maquete virtual, no caso, os escorregamentos. Além disso, permitem identificar possibilidades de edição de elementos gráficos complementares ao modelo, como, por exemplo, a representação de nuvens de chuva e mudanças de coloração dos elementos representados.

De forma mais específica, a figura 8 apresenta dois modelos elaborados para a área: um com a representação de uma situação anterior à ocorrência de escorregamento e outro, após a ocorrência do fenômeno perigoso. Esses modelos permitem observar o panorama geral do padrão de ocupação (adensado e sem organização) em parte das encostas no município de Mauá, SP,

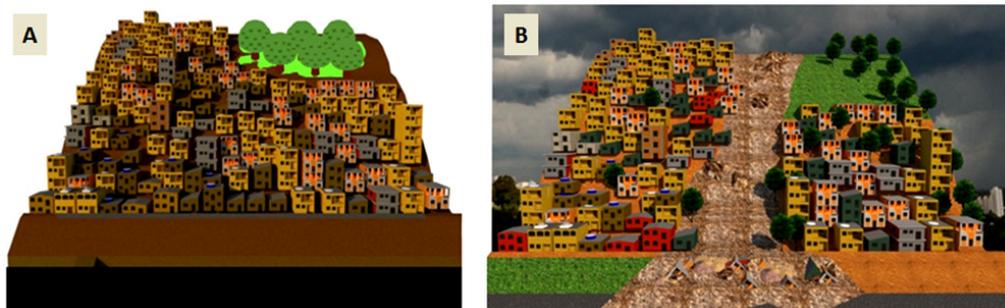


FIGURA 8 – Representação do panorama geral do padrão de ocupação das encostas no município de Mauá, SP (A) e da ocorrência de escorregamento do tipo planar raso, fenômeno típico na área de estudo (B).

FIGURE 8 – Representation of the general panorama of the occupation pattern of the slopes in the municipality of Mauá, SP (A), and the occurrence of shallow planar landslides, a typical phenomenon in the study area (B).

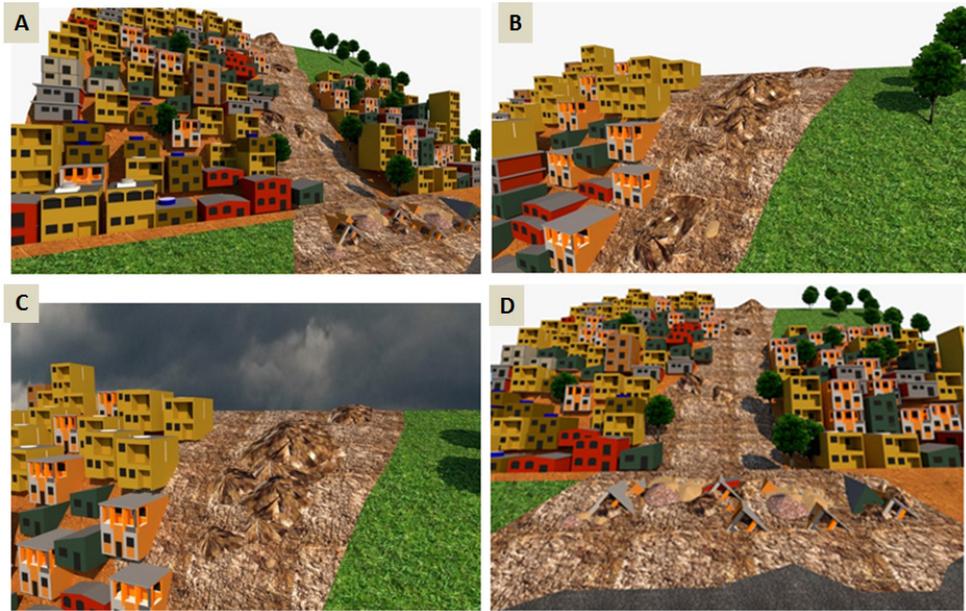


FIGURA 9 – Exemplos de possibilidades de visualização do modelo a partir de diferentes ângulos de observação e níveis de zoom. (A) Visão geral da área com visada a partir da esquerda. (B) Visão geral da área com visada a partir da direita. (C) Visão da parte superior da área com aumento de zoom e inserção de elemento gráfico complementares, no caso, presença de nuvens de chuva. (D) Visão frontal da área.

FIGURE 9 – Examples of visualization possibilities for the model from different observation angles and zoom levels. (A) Overview of the area from the left. (B) Overview of the area from the right. (C) View of the upper part of the area with increased zoom and insertion of additional graphic elements (presence of rain clouds). (D) Frontal view of the area.



FIGURA 10 – Representação de características e fatores que contribuem para a ocorrência de escorregamentos. (A) Representação de padrão de ocupação sem planejamento urbano. (B) Detalhe de elementos (círculos amarelos) que contribuem para a instabilização do solo, no caso, presença de tubulações com lançamento direto de águas servidas no talude.

FIGURE 10 – Representation of characteristics and factors that contribute to the occurrence of landslides. (A) Representation of occupation pattern without urban planning. (B) Detail of elements (yellow circles) that contribute to soil instability, in the case of the presence of pipes with direct discharge of wastewater on the slope.



FIGURA 11 – Vista frontal geral da área representada, onde se pode ver, em primeiro plano, massa de solo mobilizada pelo escorregamento e destroços das moradias atingidas.

FIGURE 11 – General frontal view of the represented area where, in the foreground, the mass of soil mobilized by the landslide and the debris of the affected houses can be seen.

bem como a tipologia predominante de escorregamentos, do tipo planar raso, que são registrados na área de estudo. No caso, de forma mais específica, na localidade conhecida como Jardim Zaíra.

Na figura 9 são apresentadas algumas possibilidades de visualização do modelo a partir de diferentes ângulos de observação e níveis de zoom. A navegação permite ângulos de visada variados em relação aos eixos vertical e horizontal, inclusive de forma concomitante. Além disso, é possível verificar a possibilidade de inserção de elementos gráficos complementares, como a presença de nuvens de chuva.

Na figura 10 pode-se observar, com mais detalhes, algumas das características e fatores que contribuem para a ocorrência de escorregamentos, tais como a representação de padrão de ocupação sem planejamento urbano e a presença de tubulações com lançamento direto de águas servidas no talude, que contribuem para a instabilização do solo.

Por fim a figura 11 apresenta uma vista frontal e geral da área representada, onde se pode ver, em primeiro plano, a massa de solo mobilizada pelo escorregamento e destroços das moradias atingidas.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o estudo alcançou o seu objetivo geral de indicar um procedimento sistemático de elaboração de maquetes voltadas para contribuir com o conhecimento e ensino de prevenção de desastres naturais. Neste sentido a pesquisa e organização de tabelas associadas aos diferentes tipos de desastres, suas classificações, os fatores que determinam sua ocorrência, suas consequências e formas de prevenção constituíram etapa muito importante para a elaboração da maquete.

A escolha de uma área de estudo com histórico de ocorrência de problemas associados ao fenômeno escolhido (escorregamentos) também foi importante para permitir melhor visualização dos fatores e elementos a serem representados nas maquetes. Além disso, essa estratégia favorece o entendimento do fenômeno por estudantes que vivem na mesma região, pois reconhecem sua realidade na representação feita.

Em relação especificamente à maquete virtual, considera-se que ela constitui um formato moderno e compatível com os novos recursos tecnológicos, que podem ser utilizados para a educação. O programa utilizado permite inclusive vi-

sualizações em 3D e por diferentes visadas, o que supre os objetivos de representação por maquetes físicas. Além disso, a opção de zoom permite a visualização de elementos que poderiam ficar pouco evidentes na maquete física, constituindo um diferencial para as maquetes virtuais.

Por outro lado, considerando-se a importância das maquetes físicas para interação em ambientes com restrição de acesso aos recursos tecnológicos, a elaboração de um modelo virtual pode ser considerada como uma etapa importante para a elaboração de maquetes físicas. Isso porque permite simulações e modificações ao longo da modelagem da representação pretendida, até que um modelo final seja definido. Assim, a partir do modelo de maquete virtual é possível construir uma maquete física com menor possibilidade de erros de representação e montagem e, em consequência, evitar desperdício de tempo e de recursos materiais. Tal aspecto, inclusive, pode subsidiar o uso de impressoras 3D para montagem das maquetes físicas.

Acredita-se que com a continuidade das pesquisas sobre o tema, bem como a replicação do procedimento proposto, em outras áreas geográficas e para outros tipos de fenômenos naturais perigosos, poder-se-á contribuir para a melhoria e o aperfeiçoamento do método e, em decorrência, ajudar na prevenção de novos desastres e para a segurança das pessoas e de seus bens.

A utilização, e mesmo a construção, desses modelos de maquetes junto às grades curriculares do ensino médio, também permitirá ampliar o potencial do material não apenas para a ampliação da percepção de comunidades escolares que possuam proximidade com áreas de risco, mas também dos jovens de qualquer localidade ou região, visto a importância de que o assunto seja cada vez mais incorporado pela sociedade como um todo e, consequentemente, favorecendo o adequado enfrentamento de aspectos socioeconômicos e ambientais que condicionam a ocorrência dos desastres.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à arquiteta Luma Chaves da Silva e ao geólogo Antonio Carlos Moretti Guedes pelo apoio na elaboração de figuras e no uso do ferramental tecnológico, bem como os consultores e revisores pela valiosa contribuição ao aprimoramento do artigo. Agradecem, também, à parceria entre a Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano, o Instituto Geológico (IG) e o CNPq, que viabilizaram a presente pesquisa, por meio

do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Categoria: Iniciação Científica Júnior (ICJ) - Modalidade Ensino Médio (PIBIC-IG-EM). (Processo nº 167562/2018-5).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. 2009. *Disaster Category Classification and peril Terminology for Operational Purposes. Common accord Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Reinsurance Company (Munich RE)*. Working paper, 264, Catholic University of Louvain - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Disponível em http://cred.be/sites/default/files/DisCatClass_264.pdf. Acessado em 20 set. 2022.

BRASIL. 1999. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica/MEC, Brasília. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acessado em 25 mai. 2018.

BRASIL. 2007. *Política Nacional de Defesa Civil*. Brasília, Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 82 p. Disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/pndc.pdf>. Acessado em 25 mai. 2018.

BRASIL. 2012. *Procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e outras providências*. Instrução Normativa nº 1, Ministério da Integração Nacional, Brasília, Diário Oficial da União, 169, Seção I, p. 30-39, de 24 de agosto de 2012.

BROLLO, M.J.; FERREIRA, C.J. 2016. *Gestão de riscos de desastres no Estado de São Paulo: Cenário 2000-2015*. São Paulo: Instituto Geológico, 72 p.

- (Boletim, 67). Disponível em https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2016/10/boletim_IG_vol_67.pdf
- BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K. (Orgs.). 2012. *Desastres Naturais e Riscos Geológicos no Estado de São Paulo: Cenário de Referência – 2012*. São Paulo, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, Boletim nº 1, Grupo de Articulação de Ações Executivas (GAAE), Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos, 1ª ed., 100 p. Disponível em <http://www.defesacivil.sp.gov.br/pdn-programa-estadual-de-prevenção-de-desastres-naturais/>
- BROLLO, M.J.; FERREIRA, C.J.; TOMINAGA, L.K.; VEDOVELLO, R.; FERNANDES DA SILVA, P.C.; ANDRADE, E.; GUEDES, A.C.M. 2011. Situação dos desastres e riscos no estado de São Paulo e instrumentos de gerenciamento. In: ABGE, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13, São Paulo, *Anais*, CD-ROM.
- CARNEIRO, C.D.R.; TOLEDO, M.C.M.; ALMEIDA, F.F.M. 2004. Dez motivos para inclusão de temas de geologia na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 553-560.
- FERREIRA, C.J. 2012. Gestão de riscos e desastres (relacionados a perigos) naturais. In: A. Gonçalves Jr. et al. (Orgs.) *ZEE zoneamento ecológico-econômico: base para o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo: seminário 12 a 14 de dezembro de 2011* (recurso eletrônico), SMA, p. 159-168. Disponível em http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/portalzee/2016/12/SAO-PAULO_SMA_Semin%C3%A1rio-ZEE-SP.pdf
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 2014. *Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens - Município de Campos do Jordão, SP*. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 3 vols. (Relatório Técnico). Boletim do Instituto Geológico nº 63. Disponível em <http://igeologico.sp.gov.br/gestao-de-risco-de-desastres/mapeamento-de-areas-de-risco-de-municipios/>
- MACIEL, L.V.; VEDOVELLO, R.; RIBEIRO, S.R. 2019. Aplicação de critérios descritivos de documentos fotográficos, para organização e inserção de imagens de desastres naturais e de eventos geodinâmicos em bancos de dados. In: IG, SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA PIBIC-IG, 9, São Paulo, *Caderno de resumos*, p. 21-26.
- MARCHEZINI, V.; MENDONÇA, M.B.; SATO, A.M.; ROSA, T.C.S.; ABELHEIRA, M. 2019. Educação para Redução de Riscos e Desastres: Experiências Formais e Não Formais no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 42(4): 102-117. https://doi.org/10.11137/2019_4_102_117
- MENDONÇA, M.B.; LUCENA, R. 2013. Atividades Socioeducativas para a Redução de Desastres Associados a Deslizamentos. *Revista de Educação Ambiental*, 3(2): 109-123.
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). 2009. *Desastres Naturais: Conhecer para prevenir*. Instituto Geológico, São Paulo, 196 p.
- UN/ISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. 2007. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters. Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction (A/CONF.206/6)*. United Nations, 25 p. Disponível em https://www.preventionweb.net/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf
- UN/ISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. 2009. *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. United Nations, Geneva, 30 p. Disponível em https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf

UN/ISDR–UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. United Nations, Geneva, 32 p. Disponível em <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

VALENCIO, N.F.L.S.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V. 2009. Maquetes Interativas: fundamentos teóricos, metodológicos e experiências de aplicação. In: N. Valencio, M. Siena, V. Marchezini, J.C. Gonçalves (Orgs.) *Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil*. São Carlos, RiMa Editora, vol. 1, p. 199-215.

Endereço dos autores:

Ana Paula Silva Noronha – Rua Colônia da Glória, 368, Vila Mariana, CEP 04113-001, São Paulo, SP, Brasil. *E-mail:* anapaula.noronhaa@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-6159-2609>

Márcia Vieira Silva – Núcleo de Divulgação Científica, Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, Rua Joaquim Távora, 822, Vila Mariana, CEP 04015-011, São Paulo, SP, Brasil. *E-mail:* marciavsilva@sp.gov.br
<https://orcid.org/0009-0003-1055-4103>

Ricardo Vedovello* – Núcleo de Geociências, Gestão de Riscos e Monitoramento Ambiental, Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, Rua Joaquim Távora, 822, Vila Mariana, CEP 04015-011, São Paulo, SP, Brasil. *E-mail:* rvedovello@sp.gov.br
<https://orcid.org/0000-0003-2002-0650>

* Autor correspondente

Artigo recebido em 9 de junho de 2022, aceito em 28 de março de 2023.

