XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/103

Prevenção de Deslizamentos em Áreas de Risco: Diagnóstico das Causas e Aplicação de Metodologia Qualitativa em Encostas Urbanas de Recife – PE.

Raíza Silva Bezerra
Mestre em Geotecnia, UFPE, Recife, Brasil, engraizabezerra@gmail.com

Joaquim Teodoro Romão de Oliveira
Professor Adjunto de Engenharia Civil, UNICAP, Recife, Brasil, jtrdo@uol.com.br

Eduardo Antonio Maia Lins
Professor Adjunto de Engenharia Ambiental, UNICAP, Recife, Brasil, eduardomaialins@gmail.com

Edwagner Silva de Oliveira
Mestrando em Engenharia Civil, UFPE, Recife, Brasil, edwagner.eng@gmail.com

Severino Gomes de Oliveira
Mestre em Sociologia, UFAL, Maceió, Brasil, gomessiva@hotmail.com

RESUMO: Os deslizamentos de encostas constituem um dos desastres naturais mais recorrentes e impactantes em áreas urbanas brasileiras, especialmente em cidades costeiras densamente ocupadas, onde fatores físicos e sociais se sobrepõem na produção do risco. Neste contexto, o presente estudo analisa a suscetibilidade a movimentos de massa em duas encostas localizadas nos bairros da Bomba do Hemetério e do Alto José Bonifácio, no município do Recife – PE, integrando abordagens geotécnicas, socioambientais e climáticas para subsidiar estratégias de prevenção e gestão territorial. A metodologia baseou-se na aplicação do modelo qualitativo de avaliação de risco proposto por Gusmão Filho *et al.* (1992), que considera a interação entre fatores topográficos, geológicos e ambientais, permitindo a classificação setorial do Grau Final de Risco (GRF) por meio de critérios operacionais de campo e geoprocessamento em ambiente SIG. Os resultados indicaram predominância de setores classificados como de alto e muito alto risco, associados a declividades superiores a 40%, ausência de sistemas adequados de drenagem, cortes antrópicos instáveis e supressão da cobertura vegetal. Do ponto de vista geotécnico, destacam-se os solos da Formação Barreiras, caracterizados por elevada erodibilidade, baixa coesão e redução significativa da resistência ao cisalhamento quando saturados, condicionando a ocorrência de escorregamentos rasos e fluxos de detritos. Sob a perspectiva social, verificou-se que a ocupação irregular e a elevada densidade habitacional refletem déficits históricos de planejamento urbano e políticas habitacionais, transformando o risco natural em vulnerabilidade socioambiental. Adicionalmente, o regime pluviométrico regional, com acumulados anuais superiores a 2.000 mm, aliado à intensificação de eventos extremos associados às mudanças climáticas, atua como fator deflagrador dos processos de instabilidade, ampliando a frequência e magnitude dos desastres. Conclui-se que a mitigação efetiva do risco demanda a integração entre intervenções estruturais, como drenagem superficial e profunda, contenções e estabilização de taludes - e medidas não estruturais, incluindo educação ambiental, monitoramento contínuo e reassentamento planejado. A abordagem interdisciplinar adotada demonstra que a gestão de encostas urbanas requer a articulação entre engenharia geotécnica, políticas sociais e adaptação climática, promovendo maior resiliência territorial e redução sustentável de desastres.

PALAVRAS-CHAVE: Deslizamentos de encostas; Geotecnia urbana; Vulnerabilidade socioambiental; Mudanças climáticas; Gestão de riscos.

ABSTRACT: Landslides represent one of the most frequent and impactful natural hazards affecting Brazilian urban areas, particularly in densely occupied coastal cities where physical, social, and climatic

factors interact to intensify risk conditions. This study evaluates the susceptibility to mass movements on two urban slopes located in the neighborhoods of Bomba do Hemetério and Alto José Bonifácio, Recife, northeastern Brazil, integrating geotechnical, socio-environmental, and climate-related perspectives to support prevention and territorial management strategies. The methodological approach was based on the qualitative risk assessment model proposed by Gusmão Filho *et al*. (1992), which considers the interaction among topographic, geological, and environmental factors to determine a Final Risk Grade (FRG). Field surveys and GIS-based mapping were conducted to classify homogeneous sectors according to slope geometry, soil characteristics, land use, and drainage conditions. Results indicate the predominance of high and very high-risk sectors, mainly associated with slopes steeper than 40%, inadequate surface drainage, anthropogenic cuts and fills, and vegetation removal. From a geotechnical standpoint, soils derived from the Barreiras Formation exhibit high erodibility, low cohesion, and significant shear strength reduction under saturation, favoring shallow landslides and debris flows. From a social perspective, irregular occupation patterns and high population density reflect historical deficiencies in urban planning and housing policies, converting natural susceptibility into socio-environmental vulnerability. Furthermore, the regional rainfall regime, exceeding 2,000 mm annually, combined with the increasing frequency of extreme precipitation events linked to climate change, acts as a triggering mechanism that enhances landslide occurrence and magnitude. The findings highlight that effective risk mitigation requires the integration of structural measures - such as surface and subsurface drainage systems, slope stabilization works, and retaining structures - with non-structural actions, including environmental education, continuous monitoring, and planned resettlement programs. The interdisciplinary framework adopted demonstrates that urban slope management must combine geotechnical engineering, social policies, and climate adaptation strategies to promote territorial resilience and sustainable disaster risk reduction.

KEYWORDS: Landslides; Urban geotechnics; Socio-environmental vulnerability; Climate change; Risk management.

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa em encostas urbanas configuram um dos principais problemas socioambientais nas cidades brasileiras, especialmente em áreas densamente ocupadas por populações de baixa renda. Em contextos de urbanização acelerada e planejamento territorial insuficiente, a ocupação de terrenos declivosos e ambientalmente frágeis amplia a exposição a processos de instabilidade, transformando eventos naturais em desastres recorrentes com impactos humanos, materiais e econômicos significativos.

Do ponto de vista físico, a suscetibilidade dessas áreas está associada à combinação entre elevada declividade, solos pouco coesivos, cortes antrópicos e deficiência de drenagem superficial. Essas condições favorecem a redução do fator de segurança dos taludes, sobretudo durante períodos de chuva intensa, quando ocorre aumento das pressões neutras e perda de resistência ao cisalhamento, conforme discutido na literatura clássica de estabilidade de encostas (GLADE *et al*. 2005; HUNGR *et al*. 2014).

Entretanto, estudos recentes demonstram que a ocorrência de deslizamentos urbanos não pode ser explicada apenas por condicionantes geotécnicos. A materialização do risco depende da vulnerabilidade social, expressa por moradias precárias, ausência de infraestrutura básica e limitada capacidade de resposta das comunidades afetadas. Assim, o desastre emerge da interação entre perigo físico e desigualdades socioespaciais historicamente construídas (COELHO NETTO *et al*. 2007).

Esse quadro é particularmente evidente na Recife, onde a expansão urbana sobre morros e encostas resulta em elevada concentração populacional em áreas suscetíveis. Nessas localidades, a carência de sistemas de drenagem, saneamento e contenção potencializa a instabilidade dos taludes, ampliando os danos associados a eventos pluviométricos extremos e evidenciando a sobreposição entre pobreza e risco ambiental.

Além disso, as mudanças climáticas impõem um agravamento adicional desse cenário. Projeções indicam aumento na frequência e intensidade de chuvas extremas no Nordeste brasileiro, o que tende a elevar a recorrência de episódios de saturação dos solos e, consequentemente, de escorregamentos rasos

(MARENGO *et al*. 2023). Dessa forma, eventos anteriormente considerados excepcionais podem tornar-se mais frequentes, ampliando a pressão sobre populações já vulneráveis.

Diante desse contexto, torna-se fundamental adotar abordagens integradas de avaliação do risco, que considerem simultaneamente condicionantes geotécnicos, fatores socioambientais e cenários climáticos futuros. Assim, este estudo tem como objetivo analisar o risco de movimentos de massa em encostas urbanas por meio de diagnóstico de campo e análise multicritério, buscando subsidiar estratégias de planejamento territorial, adaptação climática e redução da vulnerabilidade social.

2. METODOLOGIA

2.1. Abordagem metodológica geral

A investigação foi conduzida a partir de uma abordagem interdisciplinar, integrando fundamentos da geotecnia, da análise socioambiental e da climatologia aplicada à gestão de riscos. Partiu-se do entendimento teórico de que o risco de deslizamentos não é determinado exclusivamente por condicionantes físicos, mas resulta da interação sistêmica entre suscetibilidade geológica, exposição populacional e vulnerabilidade social, conforme o arcabouço conceitual de avaliação de risco adotado por Glade *et al*. (2005) e institucionalizado pela United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2015). Nessa perspectiva, o fenômeno da instabilidade de encostas é interpretado como um problema socioambiental complexo, no qual processos naturais de intemperismo e saturação hídrica se combinam a dinâmicas urbanas excludentes, produzindo cenários de risco crônico em territórios periféricos.

Diante dessa complexidade, optou-se pela adoção de uma metodologia predominantemente qualitativa, complementada por análise espacial e interpretação técnico-geotécnica, estratégia reconhecida na literatura como adequada para diagnósticos operacionais em áreas urbanas densamente ocupadas, onde levantamentos geotécnicos instrumentais extensivos são frequentemente inviáveis do ponto de vista financeiro e logístico (ANDERSON; HOLCOMBE, 2020). Essa escolha privilegia a aplicabilidade prática, permitindo a rápida identificação de setores críticos e a priorização de intervenções emergenciais por órgãos de gestão urbana e defesa civil.

2.2. Delimitação das áreas de estudo

A seleção das áreas analisadas considerou critérios técnicos, históricos e sociais, priorizando encostas com recorrência documentada de movimentos de massa, elevada densidade populacional e presença de ocupação informal consolidada. Foram escolhidas duas encostas situadas no município de Recife, caracterizadas por declividades acentuadas, ausência de infraestrutura de drenagem eficiente e registros frequentes de escorregamentos superficiais durante períodos chuvosos.

A delimitação espacial foi realizada por meio da subdivisão das encostas em setores homogêneos, adotando-se o princípio geomorfológico de compartimentação morfodinâmica proposto por Van Westen *et al*. (2008), segundo o qual áreas com características topográficas, geológicas e antrópicas semelhantes tendem a apresentar comportamento geotécnico similar. Essa setorização permitiu que cada unidade territorial fosse analisada individualmente, favorecendo maior precisão diagnóstica e evitando generalizações indevidas sobre o comportamento global da encosta.

2.3. Levantamento de campo e caracterização geotécnica

O diagnóstico geotécnico fundamentou-se em inspeções de campo sistemáticas, realizadas por caminhamento técnico ao longo dos taludes e áreas adjacentes, com registro fotográfico, georreferenciamento por GNSS e preenchimento de fichas padronizadas de avaliação. Foram observados atributos morfológicos, como altura, extensão e ângulo de inclinação dos taludes, bem como características pedológicas e estruturais dos solos, incluindo textura, grau de intemperismo, presença de descontinuidades e indícios de erosão regressiva.

A interpretação dos mecanismos de instabilidade baseou-se nos princípios clássicos da Mecânica dos Solos, particularmente na teoria das tensões efetivas de Terzaghi (1943) e no critério de resistência ao cisalhamento de Mohr–Coulomb. Considerou-se que, em solos tropicais residuais e coluvionares, a

resistência adicional conferida pela sucção matricial em condições não saturadas pode ser abruptamente reduzida durante episódios de chuva intensa, quando o aumento das pressões neutras diminui a tensão efetiva e, consequentemente, o fator de segurança do talude. Essa transição hidromecânica é reconhecida como principal mecanismo deflagrador de escorregamentos rasos em encostas urbanas (HUNGR *et al*. 2014). A caracterização regional dos solos da Formação Barreiras, descrita por Galindo *et al*. (2020), subsidiou a interpretação qualitativa do comportamento geotécnico observado.

2.4. Avaliação qualitativa do risco

A avaliação do risco foi conduzida por meio da aplicação da metodologia proposta por Gusmão Filho *et al.* (1992), consolidada como referência em estudos de encostas urbanas no Brasil por sua robustez conceitual e simplicidade operacional. O método integra três componentes fundamentais - topográfico, geológico e ambiental/antrópico - refletindo a compreensão de que a instabilidade é resultado da combinação entre forma do relevo, propriedades do solo e intervenções humanas.

Cada setor delimitado recebeu pontuações ordinais para esses fatores, variando de muito baixo a muito alto, conforme critérios técnicos previamente definidos. A média aritmética dessas pontuações resultou no Grau Final de Risco, interpretado como indicador sintético da probabilidade relativa de ocorrência de deslizamentos. Essa abordagem, embora não forneça valores probabilísticos absolutos, apresenta elevada eficácia para hierarquização espacial do risco e priorização de ações preventivas, sendo amplamente empregada em contextos de planejamento urbano emergencial (COELHO NETTO *et al.* 2007).

2.5. Análise socioambiental

A dimensão social do risco foi incorporada por meio da avaliação qualitativa das condições de ocupação, padrão construtivo das moradias, densidade populacional e disponibilidade de infraestrutura básica, incluindo saneamento, drenagem e acessibilidade viária. Essa etapa buscou identificar o grau de exposição das populações e os elementos de vulnerabilidade estrutural que ampliam os impactos potenciais de deslizamentos, tais como edificações autoconstruídas, fundações rasas e ausência de obras de contenção.

A interpretação fundamentou-se no conceito de vulnerabilidade socioambiental, segundo o qual desastres resultam não apenas da intensidade do fenômeno natural, mas da incapacidade institucional e social de preveni-lo ou mitigá-lo (ANDERSON; HOLCOMBE, 2020; CRUZ *et al*. 2020). Assim, a análise transcendeu o diagnóstico físico da encosta, incorporando fatores estruturais de desigualdade territorial que explicam a recorrência de danos concentrados em comunidades periféricas.

2.6. Dados climáticos e influência das mudanças climáticas

A avaliação do papel das condições climáticas foi realizada a partir da análise de séries históricas de precipitação e da identificação de eventos extremos recentes, considerando-se a literatura que relaciona limiares de intensidade–duração de chuva à deflagração de escorregamentos superficiais (GUZZETTI *et al*. 2022). A interpretação considerou que chuvas concentradas promovem rápida infiltração, elevação do grau de saturação e incremento das pressões neutras, reduzindo o fator de segurança dos taludes.

Além disso, foram incorporadas evidências científicas que apontam aumento na frequência e intensidade de eventos extremos no Nordeste brasileiro sob cenários de mudanças climáticas (GARIANO; GUZZETTI, 2016; MARENGO *et al*. 2023). Essa tendência implica maior recorrência de condições críticas de instabilidade, ampliando o risco em encostas previamente vulneráveis. Dessa forma, o clima foi tratado como fator deflagrador que potencializa fragilidades geotécnicas e sociais preexistentes.

2.7. Geoprocessamento e cartografia temática

Os dados coletados foram integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, utilizando o software QGIS, para espacialização das informações e elaboração de mapas temáticos de risco. A cartografia permitiu associar variáveis geomorfológicas, antrópicas e ambientais em escala setorial, possibilitando a visualização das áreas prioritárias para intervenção.

A representação espacial do risco constitui etapa fundamental do planejamento urbano, pois traduz informações técnicas complexas em linguagem gráfica acessível a gestores públicos e órgãos de defesa civil, favorecendo decisões baseadas em evidências e otimizando a alocação de recursos (VAN WESTEN *et al.* 2008).

2.8. Critérios de avaliação e ponderação dos fatores de risco (AHP)

Embora a metodologia qualitativa proposta por Gusmão Filho *et al.* (1992) utilize a média aritmética simples entre os fatores topográfico, geológico e ambiental para a determinação do grau final de risco, reconhece-se que, do ponto de vista da mecânica das encostas, tais componentes não exercem influência equivalente sobre a estabilidade dos taludes. Variáveis geométricas e geotécnicas apresentam controle físico direto sobre o estado de tensões, a resistência ao cisalhamento e o fator de segurança, enquanto fatores ambientais e antrópicos atuam predominantemente como elementos de agravamento ou amplificação do processo de instabilidade.

Dessa forma, com o objetivo de reduzir a subjetividade da ponderação e tornar o modelo decisório mais consistente do ponto de vista físico-mecânico, adotou-se neste estudo o Analytic Hierarchy Process (AHP), proposto por Saaty (2008), técnica amplamente empregada em problemas multicritério de engenharia, geotecnia e mapeamento de suscetibilidade a desastres naturais. O método baseia-se em comparações par-a-par entre critérios, permitindo estimar pesos relativos a partir do autovetor principal das matrizes de decisão e verificar a consistência lógica das escolhas por meio da Razão de Consistência (CR ≤ 0,10).

Inicialmente, estruturou-se uma hierarquia composta por três critérios principais — fator topográfico, fator geológico/geotécnico e fator ambiental/antrópico — posteriormente desdobrados em subcritérios observáveis em campo, como declividade, resistência do solo, condições de drenagem, presença de surgências, cortes antrópicos e cobertura vegetal. As comparações par-a-par refletiram o entendimento técnico de que a geometria do talude e as propriedades mecânicas do solo são os condicionantes primários da ruptura, recebendo maior importância relativa, enquanto aspectos antrópicos apresentam papel secundário, porém relevante.

O processamento das matrizes resultou nos pesos globais apresentados na Tabela 1, os quais representam a contribuição relativa de cada subcritério para o cálculo do Grau Final de Risco ponderado (GRF_p). Ressalta-se que tais valores não correspondem a medições diretas de campo, mas sim a coeficientes analíticos derivados do modelo multicritério, empregados exclusivamente para hierarquizar a influência relativa dos fatores na estabilidade das encostas.

Tabela 1 – Critérios e pesos globais do modelo multicritério AHP.

Item	Descrição	Peso Global
T1	Declividade do talude	0,2593
G1	Tipo de solo / resistência ao cisalhamento	0,2158
A1	Condição de drenagem superficial	0,1297
G2	Água / surgências / saturação	0,1188
T2	Altura do talude	0,0919
G3	Evidências de instabilidade pretérita	0,0654
T3	Forma e comprimento de rampa	0,0488
A2	Cortes, aterros e ocupação antrópica	0,0459
A3	Cobertura vegetal	0,0244

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

Os resultados indicaram maior contribuição da declividade do talude (0,2593) e da resistência geotécnica do solo (0,2158), confirmando que o controle geométrico e mecânico constitui o principal determinante do comportamento de estabilidade. Em seguida, destacam-se as condições de drenagem (0,1297) e presença de água/saturação (0,1188), evidenciando a importância dos processos hidrológicos

como fatores deflagradores. Por fim, elementos associados à intervenção antrópica e cobertura vegetal apresentaram pesos inferiores, atuando como moduladores do risco.

Essa ponderação encontra respaldo na literatura de movimentos de massa, que demonstra que alterações no regime de tensões e no teor de umidade do solo exercem influência mais direta na ruptura do que variáveis superficiais isoladas (GLADE *et al.* 2005; HUNGR *et al.* 2014; SARKAR; KANUNGO, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Compartimentação espacial do risco e coerência do modelo multicritério

A aplicação integrada do diagnóstico de campo, da metodologia qualitativa de classificação de risco e da posterior hierarquização multicritério via AHP evidenciou que a distribuição espacial das classes de risco não ocorre de forma aleatória, mas acompanha diretamente a organização morfodinâmica das encostas avaliadas em Recife. Observou-se concentração sistemática dos setores classificados como "alto" e "muito alto" risco nas porções médias e superiores dos taludes, caracterizadas por declividades superiores a 35 - 40%, maiores espessuras coluvionares e elevada densidade de ocupação antrópica.

A classificação final indicou predominância de setores enquadrados nas classes alta e muito alta de risco, evidenciando concentração significativa de áreas críticas nas encostas avaliadas. Do total de 13 setores analisados, 8 foram classificados como alto risco e 3 como muito alto risco, representando mais de 80% do conjunto. As classes baixas e médias ocorreram de forma pontual. A distribuição percentual encontra-se sintetizada na Figura 1.

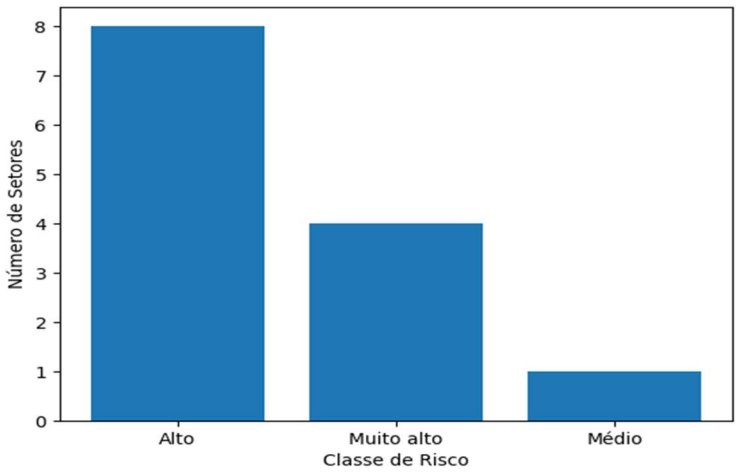


Figura 1 – Distribuição do número de setores por classe de risco.

Esse padrão confirma a predominância do controle geométrico-gravitacional sobre a estabilidade das encostas, visto que o aumento do ângulo de inclinação eleva a componente cisalhante do peso próprio do solo e reduz o fator de segurança do maciço (GLADE *et al.* 2005). A etapa de ponderação multicritério, aplicada como ferramenta analítica complementar, atribuiu maior importância relativa aos fatores topográficos e geotécnicos, demonstrando coerência entre as observações empíricas e a modelagem decisória (SAATY, 2008).

A setorização permitiu ainda identificar áreas críticas ("hotspots"), nas quais múltiplos condicionantes se sobrepõem - elevada declividade, solos pouco coesivos, cortes antrópicos e ausência de drenagem - configurando situações de instabilidade composta. Nesses locais, pequenas variações pluviométricas podem ser suficientes para ultrapassar o limiar de ruptura, comportamento típico de encostas tropicais urbanizadas.

Sob a perspectiva geotécnica, a instabilidade observada está associada principalmente às propriedades hidromecânicas dos solos da Formação Barreiras, caracterizados por textura areno-argilosa, elevada porosidade, estrutura metastável e redução significativa de resistência quando saturados. Em condições não saturadas, a sucção matricial contribui para a coesão aparente; contudo, durante precipitações intensas, a

infiltração promove aumento das pressões neutras e redução da tensão efetiva, conforme os princípios clássicos da mecânica dos solos (TERZAGHI *et al.* 1996).

A diminuição da tensão efetiva reduz o fator de segurança do talude, aproximando o estado tensional da envoltória de ruptura de Mohr–Coulomb e favorecendo escorregamentos rasos translacionais. Esse mecanismo é compatível com a tipologia descrita por Hungr *et al*. (2014), que apontam a saturação rápida como principal gatilho de movimentos superficiais em solos pouco coesivos.

As evidências de campo - trincas tensionais, cicatrizes rasas, ravinas erosivas e surgências - corroboram esse comportamento. Observou-se ainda que a deficiência de drenagem superficial concentra escoamentos e intensifica a infiltração localizada, ampliando a suscetibilidade à ruptura, conforme demonstrado por Guzzetti *et al*. (2022).

3.2. Vulnerabilidade socioambiental e Mudanças Climáticas

A suscetibilidade física das encostas não se traduz automaticamente em desastre. A materialização das perdas depende da exposição populacional e da capacidade adaptativa das comunidades. Os setores de maior criticidade coincidem espacialmente com áreas de ocupação informal, elevada densidade habitacional, infraestrutura precária e ausência de drenagem adequada, evidenciando que a vulnerabilidade social atua como amplificador do perigo geotécnico.

Esse padrão confirma que deslizamentos urbanos constituem fenômenos socioambientais complexos, nos quais desigualdades históricas de acesso à terra direcionam populações de baixa renda para áreas ambientalmente frágeis (COELHO NETTO *et al.* 2007). Assim, o risco observado é resultado da interação entre condicionantes naturais e processos de segregação territorial.

Relatos da imprensa local, como o G1 Pernambuco e o Jornal do Commercio, registraram concentração de vítimas em comunidades de morro durante os eventos extremos de 2022, evidenciando empiricamente a sobreposição entre pobreza e risco geotécnico. Esses registros reforçam que a mitigação de desastres não pode ser tratada exclusivamente como problema de engenharia, exigindo políticas habitacionais, regularização fundiária e inclusão territorial.

A análise temporal dos episódios de instabilidade indica forte dependência de eventos pluviométricos de alta intensidade e curta duração. A literatura demonstra que a probabilidade de ocorrência de escorregamentos aumenta exponencialmente quando a precipitação acumulada ultrapassa limiares críticos intensidade–duração (GUZZETTI *et al*., 2022).

Projeções climáticas para o Nordeste brasileiro apontam tendência de aumento na frequência e intensidade de chuvas extremas, elevando a recorrência de condições críticas de saturação e, consequentemente, de falhas geotécnicas (MARENGO *et al*., 2023). Dessa forma, as mudanças climáticas atuam como fator multiplicador do risco, potencializando fragilidades físicas e sociais pré-existentes. Encostas atualmente classificadas como risco médio podem evoluir para classes superiores caso não sejam implementadas medidas de adaptação e manejo preventivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada evidenciou que os deslizamentos de encostas nas áreas urbanas de Recife não podem ser compreendidos apenas como fenômenos naturais ou geotécnicos, mas como processos socioambientais produzidos historicamente pela ocupação desigual do território. Embora a suscetibilidade física esteja associada às características geomorfológicas e à baixa resistência dos solos, a materialização do desastre ocorre principalmente onde há maior exposição populacional, precariedade habitacional e ausência de infraestrutura urbana. Assim, o risco observado resulta menos da instabilidade do terreno em si e mais da vulnerabilidade social que condiciona quem ocupa essas áreas.

A concentração de setores classificados como alto e muito alto risco em comunidades de morro evidencia a persistência de padrões de segregação socioespacial, nos quais populações de baixa renda são sistematicamente direcionadas para terrenos ambientalmente frágeis. Esse quadro reforça que intervenções exclusivamente estruturais, como contenções e drenagens pontuais, apresentam eficácia limitada quando dissociadas de políticas habitacionais, regularização fundiária e planejamento urbano inclusivo.

Adicionalmente, o cenário de mudanças climáticas impõe agravamento potencial do problema. A tendência de aumento da frequência e intensidade de chuvas extremas eleva a recorrência de episódios críticos de saturação dos solos, ampliando a probabilidade de falhas geotécnicas e multiplicando impactos sociais. Dessa forma, eventos que hoje são considerados excepcionais tendem a tornar-se mais frequentes, pressionando ainda mais populações vulneráveis e ampliando desigualdades territoriais.

Conclui-se, portanto, que a gestão do risco de encostas deve ser orientada por abordagem integrada de adaptação climática e justiça socioambiental, articulando engenharia, planejamento territorial e políticas públicas de inclusão. Somente a combinação entre redução da vulnerabilidade social e medidas preventivas permanentes poderá promover resiliência urbana duradoura e reduzir a recorrência de desastres.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. G.; HOLCOMBE, E. *Community-based landslide risk reduction: managing disasters in small steps*. Washington, DC: World Bank, 2020.

COELHO NETTO, A. L.; GUERRA, A. J. T.; OLIVEIRA, R. R. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

CRUZ, M. L. B. *et al*. Vulnerabilidade socioambiental e riscos urbanos no Brasil: fundamentos conceituais e aplicações. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 12, 2020.

G1 PERNAMBUCO. Chuvas provocam deslizamentos e mortes em áreas de morro no Grande Recife. Recife, 2022. Disponível em: https://g1.globo.com/pe/. Acesso em: 3 fev. 2026.

GARIANO, S. L.; GUZZETTI, F. Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v. 162, p. 227–252, 2016.

GLADE, T.; ANDERSON, M. G.; CROZIER, M. J. *Landslide hazard and risk*. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

GUZZETTI, F. *et al*. Rainfall thresholds for landslide occurrence: progress and challenges. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v. 226, 2022.

GUSMÃO FILHO, J. A.; BANDEIRA, A. P. N.; FERNANDES, J. C. Metodologia qualitativa para avaliação de risco em encostas urbanas. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, São Paulo, 1992.

HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. The Varnes classification of landslide types: an update. *Landslides*, Berlin, v. 11, p. 167–194, 2014.

JORNAL DO COMMERCIO. Temporais intensificam risco de deslizamentos nas comunidades de encosta do Recife. Recife, 2022. Disponível em: https://jc.ne10.uol.com.br/. Acesso em: 3 fev. 2026.

MARENGO, J. A. *et al*. Climate change projections and extremes in Brazil: impacts and adaptation challenges. *Climate Dynamics*, Berlin, 2023.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, Geneva, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008.

SARKAR, S.; KANUNGO, D. P. Landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and GIS techniques: a review. *Environmental Earth Sciences*, Berlin, v. 80, 2021.

TERZAGHI, K. *Theoretical soil mechanics*. New York: John Wiley & Sons, 1943.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B.; MESRI, G. *Soil mechanics in engineering practice*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. Geneva, 2015.