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/COBRAMSEG2026.4/112

Riscos Geotécnicos e Mudanças Climáticas: Vulnerabilidade e Resiliência de Encostas Urbanas no Recife – PE.

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

Eduardo Antonio Maia Lins
Professor Adjunto, IFPE, Recife, Brasil, eduardomaialins@gmail.com

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

Pedro Eugênio Silva de Oliveira
Professor, UPE, Recife , Brasil, pedrocivil@hotmail.com

Joaquim Teodoro Romão de Oliveira
Professor, UFPE/UNICAP, Recife, Brasil, joaquim.oliveira@unicap.br

RESUMO: Os deslizamentos de terra representam uma das manifestações mais críticas da interação entre processos climáticos extremos e vulnerabilidades antrópicas em áreas urbanas. Este estudo direciona a análise de risco geotécnico em encostas do Recife – PE para o contexto das mudanças climáticas, reconhecendo que o aumento da intensidade e da frequência das chuvas extremas, associado à urbanização irregular, amplia significativamente a suscetibilidade a desastres. Foram avaliadas duas encostas vulneráveis — Bomba do Hemetério e Alto José Bonifácio — por meio da metodologia qualitativa de Gusmão Filho et al. (1992), que integra fatores topográficos, geológicos e ambientais na classificação do grau de risco. O diagnóstico indicou setores de "alto" e "muito alto" risco, sobretudo nas porções médias e superiores das encostas, onde predominam declividades acentuadas, solos pouco coesivos da Formação Barreiras, ausência de drenagem eficiente e ocupação densa. Sob a ótica das mudanças climáticas, os cenários projetados para o Nordeste brasileiro apontam aumento da frequência de eventos pluviométricos intensos e maior variabilidade sazonal, condições que intensificam a saturação hídrica superficial e reduzem o fator de segurança dos taludes. A incorporação da variável climática aos modelos de gestão de risco é, portanto, imprescindível para o fortalecimento das políticas públicas de adaptação e prevenção de desastres. A integração entre os indicadores geotécnicos, ambientais e sociais possibilita a transição de um modelo corretivo para um modelo preventivo de gestão urbana, alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11 e 13) e ao Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2015). Entre as medidas prioritárias, destacam-se a implantação de sistemas de drenagem resilientes às variações pluviométricas, a revegetação de taludes, o reassentamento de famílias em áreas críticas e a criação de sistemas de monitoramento meteorológico e geotécnico contínuos. O uso de geotecnologias, como sensoriamento remoto e modelagem digital do terreno, permite aprimorar o planejamento urbano adaptativo, sobretudo em cidades tropicais costeiras como Recife, onde a interação entre relevo, impermeabilização e regime de chuvas impõe desafios crescentes à resiliência climática. Conclui-se que a prevenção eficaz de deslizamentos deve integrar engenharia, política urbana e governança climática, consolidando uma abordagem interdisciplinar voltada à mitigação de riscos e à sustentabilidade das encostas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Deslizamentos; risco geotécnico; mudanças climáticas; resiliência urbana; gestão de desastres.

ABSTRACT: Landslides represent one of the most critical manifestations of the interaction between extreme climatic processes and anthropogenic vulnerabilities in urban areas. This study focuses on the geotechnical risk analysis of slopes in Recife, Brazil, within the context of climate change, recognizing that the increasing intensity and frequency of extreme rainfall events, combined with irregular urban occupation, significantly

enhances disaster susceptibility. Two vulnerable hillsides — Bomba do Hemetério and Alto José Bonifácio — were evaluated using the qualitative methodology proposed by Gusmão Filho et al. (1992), which integrates topographic, geological, and environmental factors to classify risk levels. The diagnosis identified sectors of "high" and "very high" risk, especially in the middle and upper slope portions, where steep gradients, low-cohesion soils of the Barreiras Formation, insufficient drainage systems, and dense occupation prevail. From a climate change perspective, projected scenarios for northeastern Brazil indicate an increase in the frequency of intense rainfall events and greater seasonal variability, conditions that intensify surface water saturation and reduce slope safety factors. Incorporating climatic variables into risk management models is therefore essential to strengthen public policies aimed at adaptation and disaster prevention. The integration of geotechnical, environmental, and social indicators enables the transition from corrective to preventive urban management strategies, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs 11 and 13) and the United Nations Office for Disaster Risk Reduction Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015). Priority measures include resilient drainage systems, slope revegetation, relocation of families from critical areas, and continuous meteorological and geotechnical monitoring. The use of geotechnologies, such as remote sensing and digital terrain modeling, enhances adaptive urban planning, particularly in tropical coastal cities like Recife, where the interaction between relief, soil sealing, and rainfall regimes poses increasing challenges to climate resilience. Effective landslide prevention must integrate engineering solutions, urban policy, and climate governance through an interdisciplinary approach focused on risk mitigation and sustainable hillside management.

KEYWORDS: Landslides; geotechnical risk; climate change; urban resilience; disaster risk management.

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa constituem processos geomorfológicos naturais responsáveis por significativa parcela dos desastres geotécnicos em áreas urbanas, especialmente em regiões tropicais submetidas a precipitações intensas e ocupação irregular do solo. Entre esses processos, os escorregamentos de encostas destacam-se pela elevada recorrência e pelos impactos sociais, econômicos e ambientais associados, configurando-se como um dos principais problemas de segurança urbana no Brasil. Dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais indicam que deslizamentos e inundações figuram entre os eventos que mais provocam vítimas e danos materiais em centros metropolitanos densamente ocupados (CEMADEN, 2020).

A literatura técnica estabelece que a deflagração de escorregamentos decorre da interação entre condicionantes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos. A classificação proposta por Varnes (1978) e posteriormente sistematizada por Cruden e Varnes (1996) consolidou os fundamentos conceituais para a compreensão dos diferentes tipos de movimentos de massa e seus mecanismos de ruptura. Em ambientes tropicais, a infiltração de água no maciço terroso promove elevação das poropressões, redução das tensões efetivas e consequente perda de resistência ao cisalhamento, favorecendo a instabilização de taludes naturais e artificiais. No contexto brasileiro, estudos de Guidicini e Nieble (1984) e de Augusto Filho (1994) demonstram que episódios de chuvas intensas associados a intervenções antrópicas, como cortes, aterros e supressão vegetal, atuam como fatores decisivos na ocorrência de deslizamentos em áreas urbanizadas.

O crescimento urbano acelerado, aliado à insuficiência histórica de políticas habitacionais, tem conduzido à ocupação de encostas íngremes por populações socialmente vulneráveis, resultando em cenários de risco elevado. Essas ocupações caracterizam-se, em geral, por drenagem superficial deficiente, lançamento de águas servidas no talude, cortes não estabilizados e elevada impermeabilização do solo, condições que alteram o equilíbrio hidromecânico das encostas e ampliam a probabilidade de ruptura. Tal problemática é particularmente evidente no município de Recife, cuja morfologia combina planícies costeiras com colinas e morros desenvolvidos predominantemente sobre sedimentos da Formação Barreiras, compostos por intercalações areno-argilosas pouco coesivas e de elevada erodibilidade. Mapeamentos geológico-geotécnicos realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais evidenciam a elevada suscetibilidade desses materiais à erosão e aos processos de instabilidade superficial (CPRM, 2003).

Além dos condicionantes físicos e antrópicos, as mudanças climáticas têm sido reconhecidas como fator adicional de agravamento do risco geotécnico. Relatórios recentes do Intergovernmental Panel on Climate

Change indicam aumento da frequência e da intensidade de eventos pluviométricos extremos no Nordeste brasileiro, bem como maior variabilidade sazonal das chuvas, o que tende a intensificar episódios de saturação rápida dos solos e reduzir o fator de segurança das encostas (IPCC, 2022). Nesse cenário, estratégias baseadas apenas em ações corretivas após a ocorrência de desastres mostram-se insuficientes, sendo necessária a adoção de abordagens preventivas e integradas de gestão territorial, alinhadas aos princípios de adaptação climática e resiliência urbana.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o risco de movimentos de massa em encostas urbanas do Recife, integrando diagnóstico geotécnico, análise ambiental e discussão sob a perspectiva das mudanças climáticas e da resiliência urbana, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias preventivas de gestão e redução de vulnerabilidades em áreas de morro.

2. METODOLOGIA

'O estudo foi conduzido segundo a abordagem de estudo de caso aplicado, de caráter descritivo e diagnóstico, integrando levantamento de campo, análise documental, mapeamento geotécnico e aplicação de métodos qualitativos e semi-quantitativos de avaliação de risco e perigo. Tal estratégia metodológica é recomendada para investigações ambientais complexas, nas quais variáveis físicas e antrópicas interagem de forma sistêmica (YIN, 2015).

A área de estudo compreende duas encostas urbanas localizadas no município do Recife, Pernambuco, inseridas em bairros com histórico recorrente de instabilidade de taludes e ocupação irregular. Geologicamente, as encostas desenvolvem-se predominantemente sobre sedimentos da Formação Barreiras, caracterizados por intercalações areno-argilosas de baixa coesão e elevada suscetibilidade à erosão (CPRM, 2003).

O levantamento de campo foi realizado por meio de inspeções visuais sistemáticas, registro fotográfico, medições geométricas e preenchimento de fichas padronizadas de observação. Foram coletadas informações referentes à geometria dos taludes, morfologia superficial, evidências de instabilidade, litologia, textura dos solos, condições de drenagem, intervenções antrópicas e densidade de ocupação.

As declividades foram estimadas por medições diretas e conferidas com base em modelos digitais de elevação e cartas topográficas. A espacialização dos setores analisados foi apoiada por técnicas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A avaliação do risco foi conduzida com base na metodologia proposta por Gusmão Filho et al. (1992), fundamentada na atribuição de notas a três fatores principais: topográfico, geológico e ambiental. Cada fator é composto por atributos específicos, classificados em graus de suscetibilidade variando de muito baixo a muito alto. O grau de risco final do setor foi obtido pela média aritmética dos fatores, conforme Equação 1:

$$GR = (GRT + GRG + GRA) / 3 \quad (1)$$

em que GR representa o grau de risco do setor e GRT, GRG e GRA correspondem, respectivamente, aos fatores topográfico, geológico e ambiental (BANDEIRA, 2003).

Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas, analisados e espacializados em ambiente SIG. Mapas temáticos de risco foram produzidos para apoiar a identificação de setores críticos e subsidiar o planejamento urbano e a gestão preventiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação do Risco Geotécnico

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os graus finais de risco geotécnico obtidos para as encostas localizadas nos bairros Bomba do Hemetério e Alto José Bonifácio, no município de Recife – PE. A sistemática de classificação seguiu a metodologia qualitativa de Gusmão Filho et al. (1992), que combina fatores topográficos, geológicos e ambientais para determinar o grau de risco de cada setor. Para a encosta da Bomba do Hemetério, a distribuição dos graus de risco revelou pouca variabilidade, com valores entre 3,0 e 3,4, resultando em:

- 71,43% dos setores classificados como “Alto”,
- 28,57% como “Muito alto”,
- Grau médio final da encosta = 3,2 (Alto).

Essa distribuição sugere homogeneidade espacial dos condicionantes de instabilidade, o que caracteriza uma encosta com suscetibilidade elevada de forma difundida. Em morfologias tropicais, solos residuais e coluviais tendem a apresentar comportamentos semelhantes (VARNES, 1978; CRUDEN; VARNES, 1996), especialmente quando associados a relevo acentuado e ocupação antrópica intensiva. Na encosta do Alto José Bonifácio, os valores variaram entre 2,65 e 3,58, indicando maior dispersão. A frequência relativa dos graus foi:

- 33,34% dos setores em “Muito alto”,
- 50% em “Alto”,
- 16,66% em “Médio”,
- Grau médio da encosta = 3,09 (Alto).

Tabela 1. Grau final de Risco para a encosta localizada na Bomba do Hemetério

ENCOSTA - BOMBA DO HEMETÉRIO					
SETOR	**FATORES DE RISCO**			**GRAU DE RISCO**	**CLASSE**
	TOPOG.	**GEOL.**	**AMB.**		
A1	2,8	3,0	3,2	3,0	Alto
B1	3,2	3,0	3,2	3,2	Alto
C1	3,2	3,0	3,2	3,2	Alto
D1	3,2	3,5	3,4	3,4	Muito alto
E1	3,2	3,5	3,4	3,4	Muito alto
F1	3,2	3,3	3,2	3,2	Alto
G1	3,0	3,0	3,2	3,1	Alto
ENCOSTA	3,1	3,2	3,3	3,2	Alto

Fonte: Os Autores (2026).

Tabela 2. Grau final de Risco para a encosta localizada no Alto J. Bonifácio.

ENCOSTA - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO					
SETOR	**FATORES DE RISCO**			**GRAU DE RISCO**	**CLASSE**
	TOPOG.	**GEOL.**	**AMB.**		
A2	2,00	2,75	3,20	2,65	Médio
B2	2,80	3,00	3,00	2,93	Alto
C2	3,00	3,25	3,40	3,22	Alto
D2	2,60	4,00	3,60	3,40	Muito alto
E2	3,20	3,75	3,80	3,58	Muito alto
F2	2,20	3,50	2,60	2,77	Alto
ENCOSTA	2,63	3,38	3,27	3,09	Alto

Fonte: Os Autores (2026)

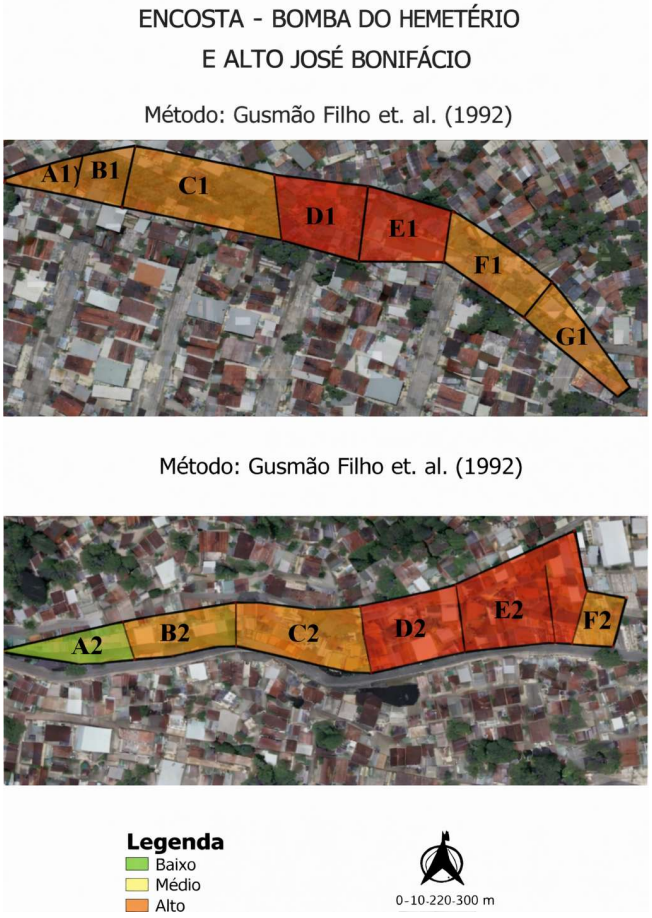
A presença de setores com grau de risco "Médio" evidencia maior heterogeneidade estrutural, que pode ser atribuída a variáveis geomorfológicas locais, como diferentes declividades e espessura de cobertura superficial (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Essa variabilidade também pode refletir microdiferenças na intensidade de ações antrópicas, como cortes e aterros improvisados (AUGUSTO FILHO, 1994).

A Bomba do Hemetério apresenta risco elevado de forma mais generalizada, enquanto o Alto José Bonifácio exibe contraste maior entre segmentos menos e mais críticos. Consoante a abordagem de Corominas et al. (2014), áreas com maior dispersão nos valores de risco podem indicar múltiplos controles geológicos e geomorfológicos, como variação de textura, presença de intercalações litológicas ou retrabalhos coluviais. A pequena amplitude dos valores evidencia baixa variabilidade espacial, indicando que os condicionantes geotécnicos atuam de forma relativamente homogênea ao longo do talude. Essa homogeneidade está associada à morfologia contínua do relevo e à predominância de sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, os quais apresentam baixa coesão efetiva e elevada sensibilidade à saturação.

Em termos mecânicos, tais materiais exibem redução significativa da resistência ao cisalhamento quando submetidos à infiltração, devido ao aumento das poropressões e consequente diminuição das tensões efetivas, conforme a teoria clássica de Terzaghi e Peck (1967). Assim, a ocorrência generalizada de risco alto indica que a encosta encontra-se próxima de condições críticas de estabilidade, podendo apresentar rupturas superficiais mesmo sob incrementos modestos de umidade.

Os setores classificados como muito alto risco (D1 e E1) concentram os maiores valores dos fatores topográfico e ambiental (Figura 1), destacando a influência de cortes subverticais, drenagem precária e adensamento construtivo. Esses elementos intensificam o escoamento concentrado e a infiltração localizada, mecanismos reconhecidos como principais deflagradores de escorregamentos rasos em ambientes urbanos tropicais (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Figura 1. Resultados Finais da análise de risco das encostas.



Fonte: Os Autores (2026).

Por sua vez a Encosta do Alto José Bonifácio existe presença de setores classificados como médio risco indica maior heterogeneidade geomorfológica, possivelmente associada a variações locais de declividade, espessura do solo e cobertura vegetal. De acordo com Augusto Filho (1994), a vegetação pode contribuir para o aumento da coesão aparente por reforço radicular e melhoria da drenagem superficial, justificando níveis de risco relativamente inferiores em determinados trechos.

Por outro lado, os setores D2 e E2 apresentaram os maiores valores de risco, refletindo contribuição expressiva do fator geológico, com solos mais alterados e maior propensão à perda de resistência quando saturados. Esse comportamento sugere que o controle litológico exerce papel determinante na estabilidade local (Figura 1).

Assim, diferentemente da Bomba do Hemetério, o Alto José Bonifácio apresenta padrão mais fragmentado de risco, com zonas críticas concentradas, permitindo priorização espacial de intervenções.

3.2. Influência de eventos extremos e mudanças climáticas

Relatórios recentes do Intergovernmental Panel on Climate Change (2022) apontam, com elevado grau de confiança, a intensificação do regime hidrológico extremo no Nordeste brasileiro, caracterizada pelo aumento da frequência de chuvas concentradas em curtos intervalos de tempo, maior variabilidade sazonal e ocorrência de eventos pluviométricos acima dos limiares históricos. Em ambientes urbanos tropicais densamente ocupados, tais alterações representam um fator adicional de desestabilização de encostas, uma vez que o comportamento mecânico dos solos residuais e coluviais é fortemente dependente do conteúdo de umidade e das condições de sucção matricial.

Sob a ótica da mecânica dos solos não saturados, a resistência ao cisalhamento pode ser expressa como função da tensão efetiva ampliada, incorporando a contribuição da sucção (FREDLUND; RAHARDJO, 1993). Durante eventos de chuva intensa, a infiltração rápida promove a redução da sucção matricial, resultando em perda da chamada “coesão aparente” e consequente diminuição da resistência mobilizável do maciço. Esse processo eleva as poropressões positivas, reduz as tensões efetivas e conduz à queda do fator de segurança (FS), aproximando o sistema do estado limite de ruptura. Portanto, mesmo taludes que se mantêm estáveis em condições climáticas médias podem atingir condição crítica quando submetidos a pulsos hidrológicos extremos.

Além do efeito direto sobre as propriedades mecânicas, a precipitação concentrada altera significativamente o regime de fluxo subsuperficial. Conforme descrito por Guidicini e Nieble (1984), a concentração de escoamentos preferenciais ao longo de descontinuidades, interfaces solo-rocha ou camadas menos permeáveis gera elevação localizada das pressões neutras, favorecendo o desenvolvimento de superfícies potenciais de ruptura rasas. Em encostas urbanizadas, esse mecanismo é amplificado pela impermeabilização superficial, que reduz a infiltração difusa e canaliza o escoamento para pontos específicos, aumentando a erosão regressiva e o carregamento hidráulico localizado.

Do ponto de vista probabilístico, a intensificação das chuvas extremas modifica a própria base estatística dos modelos tradicionais de risco geotécnico. Métodos qualitativos, como o adotado neste estudo, foram originalmente calibrados sob condições climáticas históricas relativamente estáveis. Entretanto, conforme argumentam Corominas et al. (2014), a mudança no regime pluviométrico desloca os limiares críticos de instabilidade, tornando obsoletos parâmetros empíricos baseados apenas em médias históricas. Em consequência, setores atualmente classificados como “alto risco” podem evoluir rapidamente para “muito alto risco” sem qualquer alteração geométrica significativa, apenas em função do novo contexto hidrológico.

Essa transição é particularmente relevante em solos tropicais lateríticos e saprolíticos, comuns na Formação Barreiras, que apresentam elevada porosidade, estrutura metastável e sensibilidade à variação de umidade. Estudos experimentais demonstram que pequenas elevações no grau de saturação podem reduzir drasticamente a resistência ao cisalhamento drenado, aumentando a suscetibilidade a escorregamentos rasos e fluxos de detritos (CRUDEN; VARNES, 1996). Assim, a instabilidade deixa de ser apenas uma função da morfologia e passa a depender fortemente da variabilidade climática interanual. Consequentemente, o risco geotécnico assume caráter dinâmico, exigindo abordagem adaptativa de gestão. Conforme salientado por Guerra et al. (2015), a incorporação de cenários climáticos projetados, séries temporais de precipitação crítica e monitoramento contínuo de umidade do solo é fundamental para atualizar periodicamente os mapas de risco.

Nesse contexto, a prevenção eficaz deve ultrapassar intervenções estruturais convencionais, incorporando sistemas de drenagem resilientes dimensionados para chuvas de maior período de retorno; técnicas de bioengenharia e revegetação para aumento da coesão superficial; monitoramento pluviométrico e piezométrico em tempo real; protocolos de alerta precoce integrados à defesa civil.

Portanto, as mudanças climáticas não atuam apenas como fator agravante, mas como elemento redefinidor dos limiares de estabilidade, tornando imprescindível a revisão periódica dos diagnósticos de risco e a adoção de estratégias de adaptação baseadas em evidências hidromecânicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do risco geotécnico das encostas urbanas localizadas no município de Recife evidenciou que a combinação entre suscetibilidade natural do terreno e intervenções antrópicas intensas constitui o principal fator condicionante para a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. A aplicação do método qualitativo proposto por Gusmão Filho et al. (1992) permitiu identificar, de forma sistemática e espacialmente consistente, a predominância de classes alto e muito alto risco em ambas as áreas estudadas, confirmando a existência de condições próximas ao limite de estabilidade.

Na encosta da Bomba do Hemetério, observou-se padrão relativamente homogêneo de risco elevado, com média global de 3,2 e baixa variabilidade entre setores, caracterizando cenário de instabilidade difusa e generalizada. Esse comportamento indica que a suscetibilidade não está restrita a pontos específicos, mas decorre de condicionantes estruturais do talude, como declividades acentuadas, solos areno-argilosos pouco coesivos da Formação Barreiras, drenagem precária e elevada densidade construtiva. Tal contexto sugere a necessidade de intervenções abrangentes, incluindo reestruturação do sistema de drenagem, estabilização superficial e controle do uso do solo.

Por sua vez, a encosta do Alto José Bonifácio apresentou maior heterogeneidade espacial, com coexistência de setores médios, altos e muito altos. Essa variabilidade reflete diferenças locais de morfologia, cobertura vegetal e intensidade de modificações antrópicas, permitindo priorização de áreas críticas para ações corretivas e preventivas. Do ponto de vista do planejamento urbano, essa distinção demonstra que estratégias de mitigação devem ser adaptadas às características específicas de cada encosta, evitando soluções padronizadas.

Adicionalmente, as projeções climáticas indicadas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change apontam intensificação de eventos pluviométricos extremos no Nordeste brasileiro, condição que tende a agravar o quadro de instabilidade identificado. Nesse cenário, setores atualmente classificados como “alto risco” podem evoluir para condições críticas apenas em função do aumento da saturação do solo, tornando o risco um fenômeno dinâmico e dependente de variáveis climáticas futuras. Dessa forma, os diagnósticos geotécnicos devem ser periodicamente atualizados, incorporando cenários prospectivos e monitoramento contínuo.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco geotécnico: fundamentos e aplicações em áreas urbanas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1994.

BANDEIRA, A. P. N. **Metodologia de avaliação de risco em encostas urbanas aplicada à Região Metropolitana do Recife**. Recife: UFPE, 2003.

CARDINALI, M. et al. Landslide hazard and risk zoning using GIS and geomorphological methods. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 2, p. 37–54, 2002.

COROMINAS, J. et al. Recommendations for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, v. 182, p. 131–152, 2014.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide types and processes. In: TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L. (ed.). **Landslides: investigation and mitigation**. Washington: National Academy Press, 1996. p. 36–75.

FARIA, D. G. **Análise de perigo de escorregamentos com aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Dissertação (Mestrado).

FREDLUND, D. G.; RAHARDJO, H. **Soil mechanics for unsaturated soils**. New York: John Wiley & Sons, 1993.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

GUSMÃO FILHO, J. A. et al. **Metodologia de avaliação de risco em encostas urbanas**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1992. Relatório técnico.

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

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

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

UNDRR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030**. Geneva: United Nations, 2015.

VARNES, D. J. Slope movement types and processes. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R. J. (ed.). **Landslides: analysis and control**. Washington: National Academy of Sciences, 1978. p. 11–33.

VARNES, D. J. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Paris: UNESCO, 1984.