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/COBRAMSEG2026.4/111

Risco geotécnico de um talude na cidade de Teresópolis-RJ: proposição de cartilha orientadora

Luiz Gabriel Oliveira Araujo
Graduando, Centro Universitário Fundação Educacional Serra dos Órgãos, Unifeso, Teresópolis-RJ, Brasil, gabriel22aaraujo@gmail.com

Jean Carlos da Silva Malheiro
Graduando, Centro Universitário Fundação Educacional Serra dos Órgãos, Unifeso, Teresópolis-RJ, Brasil, jeanmalheiros2003@gmail.com

Yasmin de Sá de Oliveira
Graduanda, Centro Universitário Fundação Educacional Serra dos Órgãos, Unifeso, Teresópolis-RJ, Brasil, oliveirayasmin977@gmail.com

Nathan do Amaral Silva Pacheco
Graduando, Centro Universitário Fundação Educacional Serra dos Órgãos, Unifeso, Teresópolis-RJ, Brasil, nathanamaral20122@gmail.com

Bruno Cavalcante Mota
Professor, Centro Universitário Fundação Educacional Serra dos Órgãos, Unifeso, Teresópolis-RJ, Brasil, brunomota@unifeso.edu.br

RESUMO: O município de Teresópolis (RJ), conhecido pelo relevo montanhoso que lhe rendeu o título de "cidade do montanhismo", apresenta elevada suscetibilidade a deslizamentos, agravada pela ocupação urbana desordenada e pela degradação ambiental, como evidenciado na catástrofe de 2011 na Região Serrana. Nesse contexto, este estudo analisa um talude localizado no município, com o objetivo de subsidiar a elaboração de uma cartilha orientadora à população sobre estabilidade de encostas. A análise baseou-se em dados preliminares obtidos em mídias digitais, plataformas online e literatura técnica. A caracterização macroscópica, fundamentada em mapas do atlas municipal, indicou a presença de latossolo avermelhado, associado a óxidos de ferro. Geomorfologicamente, a área insere-se em serras isoladas e, geologicamente, integra o Batólito Serra dos Órgãos, de idade pré-cambriana. Identificou-se intervenção humana prévia, com execução de talude em patamares ("dentamentos") distribuídos em quatro níveis de aproximadamente 4 m, totalizando cerca de 16 m de altura, 85 m de comprimento e 32 m de largura. Contudo, não foram observados dispositivos de drenagem nem cobertura vegetal. Verificaram-se ainda indícios de pequenas quedas de material e possível movimento de rastejo (creep), indicando suscetibilidade a processos erosivos, percolação e instabilidades.

PALAVRAS-CHAVE: Latossolo, Estabilidade de talude, Cartilha, Geologia.

ABSTRACT: The municipality of Teresópolis (RJ), known for its mountainous terrain, is highly susceptible to landslides, a condition intensified by unplanned urban expansion and environmental degradation, as highlighted by the 2011 disaster in the Serrana Region. In this context, this study analyzes a slope within the municipality to support the development of an educational guide for the local population on slope stability. The assessment was based on preliminary data from digital sources and technical literature. Macroscopic characterization, supported by municipal atlas maps, identified a reddish Oxisol (Latosol) rich in iron oxides. Geomorphologically, the area lies within isolated mountain ranges and is geologically part of the Precambrian Serra dos Órgãos Batholith. Evidence of prior human intervention was observed, consisting of a benched slope with four levels of approximately 4 m each, totaling about 16 m in height. No drainage systems or vegetation cover were identified. Signs of minor material falls and possible creep movement suggest vulnerability to erosion, water infiltration, and slope instability.

KEYWORDS: Latosol, Slope stability, Primer, Geology.

1 INTRODUÇÃO

O intenso crescimento urbano observado em diversas cidades brasileiras tem impulsionado processos de ocupação desordenada, frequentemente direcionados a áreas geotecnicamente inadequadas, como encostas de elevada declividade desprovidas de infraestrutura compatível com requisitos mínimos de segurança. No Estado do Rio de Janeiro, registram-se recorrentes desastres associados a deslizamentos de encostas e rupturas de taludes, resultando em perdas humanas e expressivos impactos urbanos, sociais, ambientais e econômicos (Silva *et al.*, 2007).

O município de Teresópolis, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, apresenta várias áreas classificadas como de risco geotécnico. Tais áreas não se restringem às encostas íngremes, abrangendo também setores de topografia mais suave situados no sopé de taludes ou nas margens de cursos d'água. As encostas da região configuram-se como áreas suscetíveis a movimentos de massa em razão da interação de múltiplos fatores condicionantes e desencadeadores, os quais, em Teresópolis, são potencializados por características naturais específicas. O relevo local é marcado por elevadas altitudes e variações altimétricas abruptas, formando encostas íngremes frequentemente constituídas por camadas superficiais delgadas de solo sobrejacentes a maciços rochosos pouco permeáveis. Essa configuração estratigráfica, associada à elevada declividade, favorece condições de instabilidade (Alves, 2025).

O clima serrano, caracterizado por episódios recorrentes de precipitações intensas, contribui para o rápido aumento do grau de saturação dessas camadas superficiais. As chuvas de relevo, também chamadas de orográficas, são muito comuns no município. Estas chuvas são provocadas pela presença da Serra do Mar, que funciona como uma barreira natural concentrando as massas de ar oriundas do litoral, as quais acabam condensando em forma de chuva (Alves, 2025).

A elevação da pressão neutra e a consequente redução da resistência ao cisalhamento promovem a perda de estabilidade, especialmente em solos residuais tropicais de comportamento sensível à variação de umidade. Nessas condições, o acréscimo de peso devido à absorção de água, aliado à diminuição dos parâmetros de resistência efetiva, conduz o maciço a um estado de desequilíbrio, favorecendo a deflagração de movimentos de massa, como deslizamentos translacionais rasos (Massad, 2010).

Além dos deslizamentos, podem ser citados outros riscos geotécnicos como a subsidência do solo, que ocorre quando o solo afunda devido à extração de recursos subterrâneos, como água, petróleo ou minerais. A subsidência pode danificar fundações de edifícios, estradas e outras infraestruturas, resultando em custos elevados de reparo e manutenção. E também a erosão costeira, em que a ação das ondas e tempestades pode causar a erosão das áreas costeiras, afetando ecossistemas e infraestruturas próximas ao litoral. A perda de terreno costeiro pode ter impactos econômicos e ambientais significativos (Massad, 2010).

Os impactos dos riscos geotécnicos são amplos e podem ser devastadores. Deslizamentos de terra e subsidência do solo podem causar destruição de propriedades, perda de vidas e interrupção de serviços essenciais. Ainda, os custos associados à recuperação e reconstrução após esses eventos são elevados, representando um ônus significativo para governos e comunidades.

Dessa forma, o objetivo deste artigo foi analisar um talude localizado no município de Teresópolis, visando à elaboração de uma cartilha orientadora voltada à população sobre aspectos fundamentais da estabilidade de encostas. Para isso, foram analisados aspectos climáticos, geológicos e geotécnicos da cidade, propondo soluções viáveis para o talude selecionado.

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 Análise do clima, geologia e pedologia da cidade de Teresópolis

A primeira etapa da pesquisa consistiu na análise dos dados climáticos e meteorológicos da cidade de Teresópolis, com o objetivo de identificar as formações geológicas, os níveis de precipitação e os tipos de solos mais comuns no município. A partir dessa caracterização preliminar, foi selecionado o talude objeto de

estudo, localizado Estrada Vesnceslau José Medeiros, de acordo com a Figura 2, nas coordenadas -22.387216, -42.956960. Esses dados serviram para basear a proposição da soluções e da análise do talude em questão.

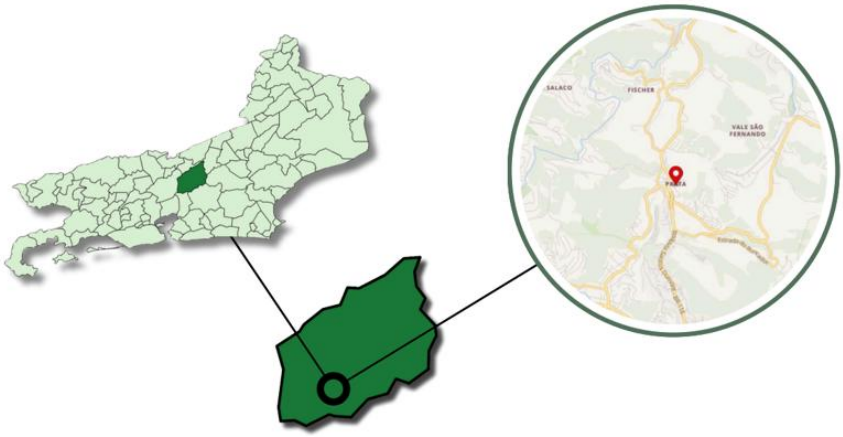


Figura 2. Localização do talude investigado.

2.2 Análises do talude estudado

Para a avaliação do talude selecionado, foram realizadas análises no Google Earth, das mudanças ocorridas no seu uso e ocupação, bem como coleta de dados da geometria atual do talude, para a proposição de soluções. Foi analisada a cobertura vegetal, estratigrafia do solo e propostas soluções em formato de cartilha orientadora, tanto para o talude em análise quanto para outras obras geotécnicas na cidade de Teresópolis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No que se refere ao clima, a região serrana de Teresópolis apresenta elevados índices pluviométricos, em função de sua localização geográfica e da influência orográfica característica do relevo montanhoso. A Figura 3 apresenta a correlação entre precipitação e ocorrência de escorregamentos, com base em estudos desenvolvidos pelo NADE/DRM-RJ (2014). Os resultados indicam que a deflagração de escorregamentos naturais nas encostas de Teresópolis está associada à combinação de diferentes limiares pluviométricos, envolvendo: precipitação horária da ordem de 30 mm/h (chuva deflagradora), acumulado diário de aproximadamente 100 mm/24 h (chuva preparatória), acumulado em 96 horas de cerca de 115 mm (chuva preparatória acumulada) e precipitação mensal antecedente de aproximadamente 270 mm (chuva predisponente) (Amaral, 2016).

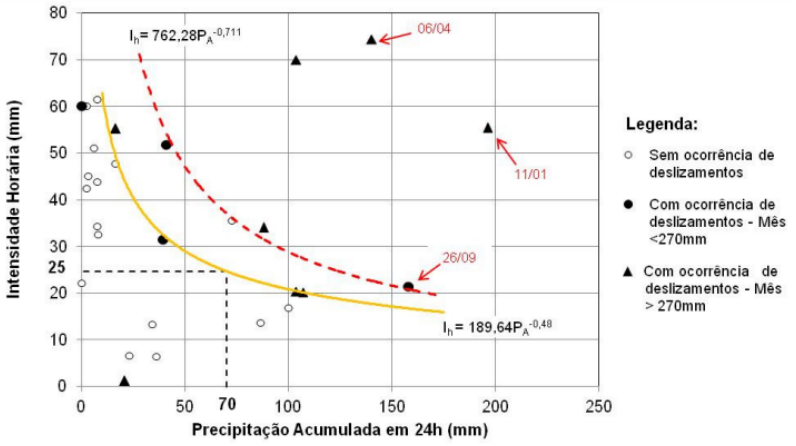


Figura 3. Curvas limiares para a ocorrência de escorregamentos esparsos (amarela) e escorregamentos generalizados (vermelha) em Teresópolis (Fonte: NADE/DRM-RJ, 2014).

Com base em dados do INMET (2026), elaborou-se o gráfico apresentado na Figura 4, no qual são exibidas as temperaturas médias mensais e os totais de precipitação no período de 2010 a 2025. Observa-se que os maiores volumes pluviométricos concentram-se entre os meses de outubro e abril, abrangendo aproximadamente 60% do ano. Esse regime sazonal evidencia que os solos do município permanecem expostos a condições de elevada umidade por um período prolongado, fator que contribui para o aumento do grau de saturação, a redução da resistência ao cisalhamento e, consequentemente, a maior suscetibilidade a instabilidades geotécnicas.

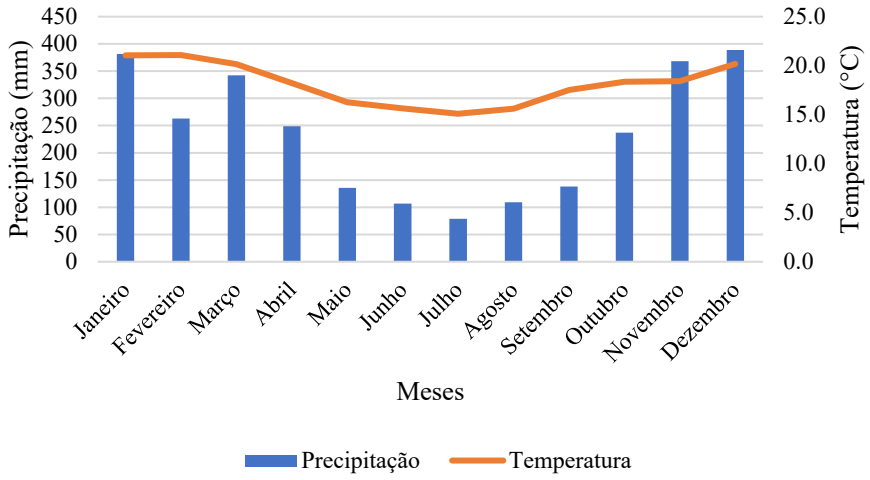


Figura 4. Temperaturas e precipitação média de Teresópolis entre 2010 e 2025.

Os aspectos geológicos referem-se às características que formam o substrato material de um local, ou seja, as camadas subjacentes ao relevo e sua formação e evolução histórica. Os estudos geológicos procuram analisar os tipos de rochas que compõem a área, os recursos minerais e os processos que deram origem a esses materiais. Assim, o relevo é resultado tanto dos processos que ocorrem no interior da terra (endógenos), como o vulcanismo e tectonismo, como dos processos que ocorrem na superfície terrestre (exógenos), que promovem a modelagem do relevo, como a erosão e o intemperismo. Nesse sentido, quanto aos aspectos geológicos para Teresópolis, todos os três períodos presentes equivalem ao pré-cambriano, que é o período mais antigo na classificação das eras geológicas, tendo, aproximadamente, 4,5 bilhões de anos (ver Figura 5).

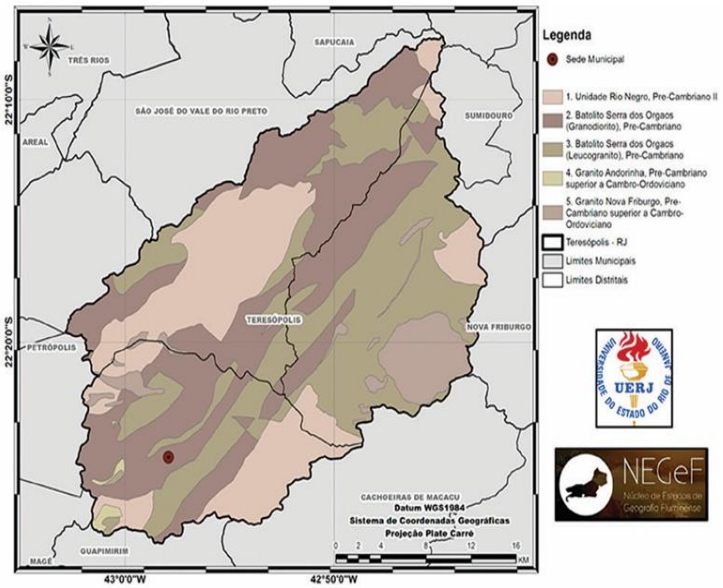


Figura 5. Mapa geológico de Teresópolis (Fonte: Uerj, 2019).

No contexto da geomorfologia de Teresópolis, destaca-se a relevância da Serra do Mar como elemento condicionante do relevo regional. A configuração dessa cadeia montanhosa resulta de uma evolução geológica complexa, associada à atuação integrada de agentes tectônicos e processos erosivos ao longo dos períodos geológicos. Entre os principais condicionantes tectônicos destacam-se falhamentos de grande magnitude, cuja movimentação relativa entre blocos crustais promoveu deslocamentos verticais significativos. Esses falhamentos correspondem a descontinuidades estruturais na crosta terrestre, nas quais ocorre o soerguimento de um bloco em relação ao outro. No caso da Serra do Mar, verificou-se o levantamento do bloco continental associado à cadeia montanhosa, enquanto a área correspondente à Baía de Guanabara sofreu rebaixamento relativo.

A atuação posterior de processos intempéricos e erosivos sobre essa estrutura tectonicamente condicionada contribuiu para a modelagem das escarpas íngremes e dos desníveis altimétricos expressivos que caracterizam o relevo da região serrana fluminense. Dessa forma, produz-se um relevo bastante acidentado com grande variação de altitude, em uma área relativamente pequena a altitude varia de 200 m a 2.263 m, por exemplo (ver Figura 6).

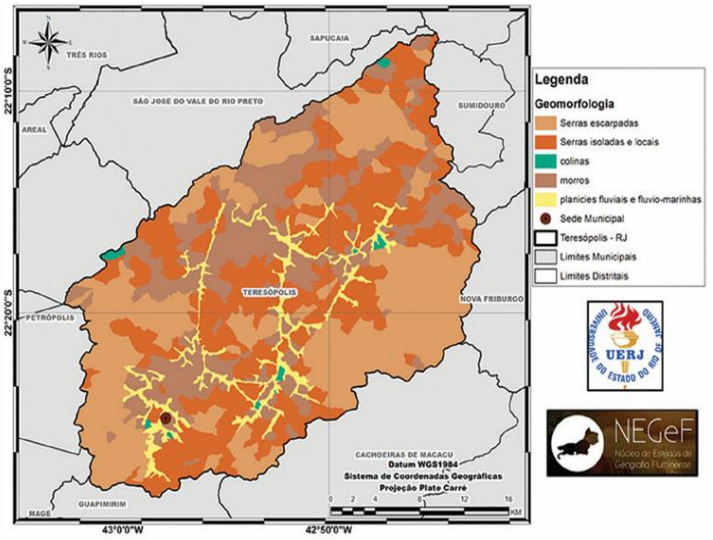


Figura 6. Mapa geomorfológico de Teresópolis (Fonte: Uerj, 2019).

Por fim, quanto ao solo, o município de Teresópolis apresenta um solo diversificado e sua distribuição está atrelada ao relevo do tipo montanhoso e escarpado, em conjunto com uma declividade moderada em média e com altos índices pluviométricos. Esta diversidade contribui para a formação dos distintos tipos de vegetações, além de favorecer a exploração da atividade agrícola. Na Figura 7 é possível observar as cinco classes de solos onde a ocorrência é mais significante.

Dessa forma, quanto ao talude analisado (ver Figura 8), destaca-se que ele pode ser classificado como talude de escavação, tendo em vista ação antropológica no local. Além disso, houve realização prévia de um talude “dentamento”. O objeto de estudo não possui cobertura vegetal e também não foram observados mecanismos relevantes a drenagem, estando ele exposto a riscos de erosão e percolação. Pequenos sinais de queda de material e algumas fendas foram observadas em sua extensão, indicando ação de rastejo sobre o mesmo. Por meio dos mapas das figuras 5 a 7, pode-se concluir que o solo se trata de um latossolo com presença de óxido de ferro, devido cor avermelhada identificada, localizando-se em região pré-cambriana, em área de serras isoladas ou locais. Ainda, a Figura 9 destaca as modificações que ocorreram no talude desde o ano de 2019, mostrando que o mesmo vem passando por alterações de uso significativas.

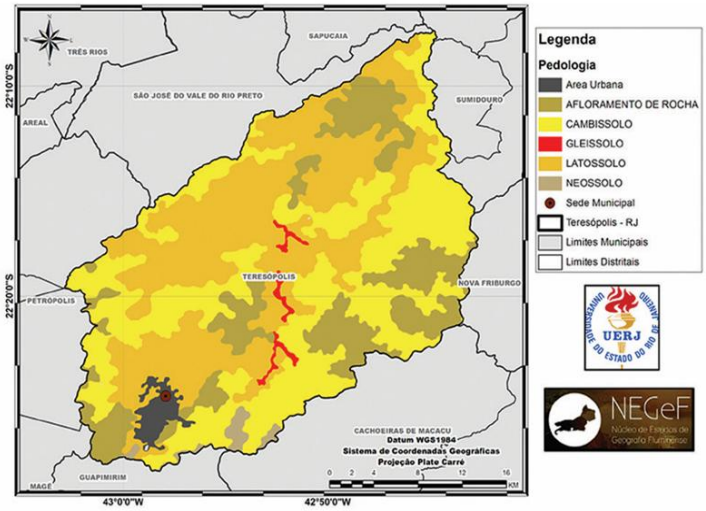


Figura 7. Pedologia de Teresópolis (Fonte: Uerj, 2019).

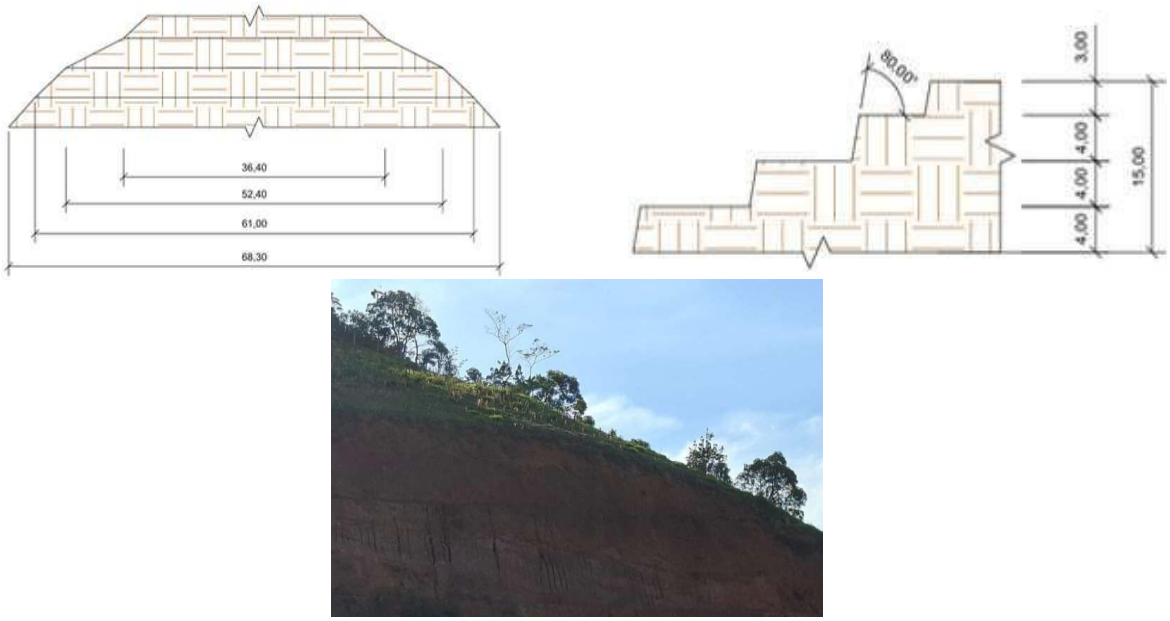


Figura 8. Croqui e imagem do talude analisado.



Figura 9. Evolução do uso e ocupação da área do talude.

Assim, a partir do estudo de caso e das análises sobre o município de Teresópolis, propôs-se que, para esse talude, seria necessário a instação de elementos de drenagem, ainda de um estudo geotécnico sobre a estabilidade e resistência, com a adoção de cortinas atirantadas ou muro de arrimo, se necessário. Como produto final, elaborou-se a cartilha de instrução com relação aos riscos geotécnicos para a população de Teresópolis, auxiliando em situações de risco e prevenção (ver Figura 10). Nessa cartilha, foram destacados os principais conceitos, significados, riscos, soluções e medidas protetivas.



Figura 10. Cartilha de prevenção proposta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo avaliou um talude localizado no município de Teresópolis, considerando alterações observadas ao longo do ano a partir da integração de dados climáticos, geológicos e pedológicos. As análises evidenciaram modificações recorrentes no uso e ocupação do solo, associadas à ausência de sistemas

adequados de drenagem e de estruturas de contenção, condições que favorecem a ocorrência de instabilidades, especialmente durante períodos de elevada pluviosidade.

Com base no diagnóstico realizado, propôs-se uma solução técnica envolvendo a implantação de dispositivos de drenagem superficial e subsuperficial combinados a medidas de contenção compatíveis com as características geotécnicas do local. Adicionalmente, foi elaborada uma cartilha orientadora destinada à população, com diretrizes aplicáveis a obras e situações análogas, visando à mitigação de riscos associados a movimentos de massa.

Embora o estudo não inclua ensaios laboratoriais, fundamentou-se em inspeções de campo sistemáticas e na interpretação de bases cartográficas temáticas, que subsidiaram o diagnóstico geotécnico e a proposição de medidas preventivas. Espera-se que a cartilha desenvolvida possa atuar como instrumento de apoio à gestão de risco, contribuindo para a redução da vulnerabilidade da população frente a potenciais desastres ambientais relacionados a encostas e deslizamentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Unifeso pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, I.S.V. (2025) *Território, vulnerabilidade social e resiliência frente aos desastres:* uma análise nos municípios de Petrópolis e Teresópolis (RJ). Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Amaral, C. (2016) Risco a escorregamentos nas encostas em Teresópolis. *Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação*, 1:27-40.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. (2026) *Banco de Dados Meteorológicos*. Brasília: INMET. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/. Acesso em: 26 jan. 2026.

Massad, F. (2010) *Obras de Terra:* curso básico de Geotecnia. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos.

Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro - NADE/DRM-RJ (2014). *Correlação Chuvas x Escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro*. Disponível em http://www.drm.rj.gov.br/. Acesso em: 30 jan. 2026.

Silva, V.V., Schumm, L., Ferreira, A.M.M. (2007) Dinâmica da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, 7(2):2-9.

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. (2019) *Mapas geológicos e geomorfológicos do município de Teresópolis – RJ*. Rio de Janeiro: NERJ/IGEOG.