

ESTUDO DE DADOS DE RISCO A DESLIZAMENTOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO NO PERÍODO DE 2011 A 2020

Rafael Silva Ribeiro ¹

Resumo – Entre 2011 e 2020, o Serviço Geológico do Brasil identificou 1.378 setores de alto e muito alto risco no Espírito Santo. Este estudo faz a análise dos dados dos mapeamentos relacionados a deslizamentos planares e rotacionais no referido estado. Deslizamentos planares são os movimentos gravitacionais de massa predominantes, afetando cerca de 78% da população em risco, enquanto deslizamentos rotacionais afetam apenas 0,5% da população capixaba. Os municípios de Serra, Cariacica e Cachoeiro de Itapemirim concentram cerca de um terço da população capixaba em situação risco originada por deslizamentos planares e têm mais de 2 mil construções vulneráveis. Por outro lado, os deslizamentos rotacionais, raros e presentes apenas em 0,4% dos setores de risco, afetam 145 construções distribuídas em 6 municípios, com destaque para Atílio Vivacqua. O estudo ressalta a disparidade na incidência desses dois tipos de deslizamento no estado e destaca a importância de ações preventivas e políticas públicas adequadas voltadas para a mitigação de riscos geológicos nos setores demarcados nos municípios capixabas.

Abstract – Between 2011 and 2020, the Geological Survey of Brazil identified 1,378 high and very high-risk sectors in the state of Espírito Santo. This study analyzes data from mapping related to planar and rotational landslides in the aforementioned state. Planar landslides are the predominant gravitational mass movements, affecting approximately 78% of the at-risk population, while rotational landslides impact only 0.5% of the population of Espírito Santo. The municipalities of Serra, Cariacica, and Cachoeiro de Itapemirim concentrate about one-third of the population at risk from planar landslides and have over 2,000 vulnerable buildings. On the other hand, rotational landslides, which are rare and present in only 0.4% of the risk sectors, affect 145 buildings across six municipalities, with a notable concentration in Atílio Vivacqua. The study highlights the disparity in the incidence of these two types of landslides in the state and emphasizes the importance of preventive actions and appropriate public policies aimed at mitigating geological risks in the demarcated sectors of Espírito Santo's municipalities.

Palavras-Chave – Deslizamento planar; deslizamento rotacional; risco; Espírito Santo.

¹ Geólogo, PhD, Serviço Geológico do Brasil – SGB, (31) 3878-0312, rafael.silva@sgb.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Cruden & Varnes (1996) definem deslizamento como o movimento descendente de solo e/ou rocha em um declive que ocorre em superfícies de rupturas ou em zonas relativamente finas com intensa deformação cisalhante. Conforme Tominaga (2009), esse processo acontece no momento em que a força gravitacional supera o atrito interno das partículas, responsável pela estabilidade do talude ou da encosta. O surgimento de trincas no terreno é frequentemente o primeiro sinal de que o processo está em curso (Cruden & Couture, 2011).

Guidicini & Nieble (1984) afirmam que os deslizamentos são eventos rápidos, com duração relativamente curta e que geralmente possuem volume bem definido, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. O material se desloca em uma superfície de ruptura bem definida que pode ocorrer na interface rocha-solo, rocha sã-rocha alterada, horizonte pedogenético ou em outras estruturas presentes no terreno. A massa deslocada ultrapassa a base da superfície de ruptura e atinge região onde o material é depositado. Riffel et al. (2016) apontam que os deslizamentos são processos rápidos (m/h ou m/s) e marcantes na evolução das encostas.

De acordo com o formato da superfície de ruptura, os deslizamentos são classificados em: planar ou translacional (Figura 1) e rotacional ou circular (Figura 2). O deslizamento planar é caracterizado por sua superfície de ruptura praticamente plana e aproximadamente paralela ao terreno em que a massa se desloca de maneira translacional (Figura 3). A ruptura se dá por cisalhamento ao longo de estruturas geológicas, na interface solo-rocha, entre camadas do solo ou em outras descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas do maciço. Ocorre principalmente em encostas de alta declividade e em solos pouco espessos e desenvolvidos (Quina, 2019).

O deslizamento planar é o mais frequente entre os movimentos gravitacionais de massa e geralmente possui de 0,5 a 5,0 metros de profundidade (Tominaga, 2009). Highland & Bobrowsky (2008) enfatizam que este deslizamento pode alcançar distâncias consideráveis se a superfície da ruptura estiver suficientemente inclinada, ao contrário do deslizamento rotacional, que tende a restaurar de forma mais rápida o seu equilíbrio.

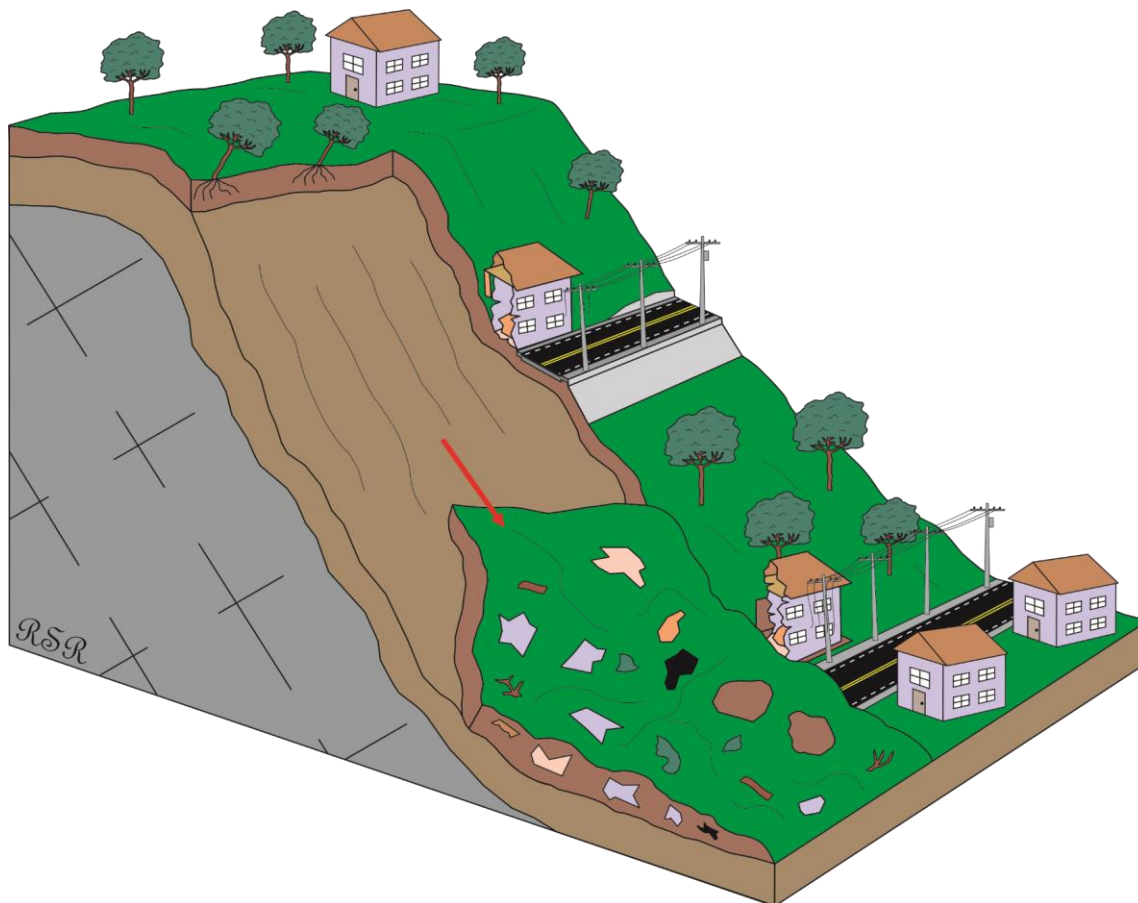


Figura 1. Representação esquemática de deslizamento planar em área parcialmente ocupada.

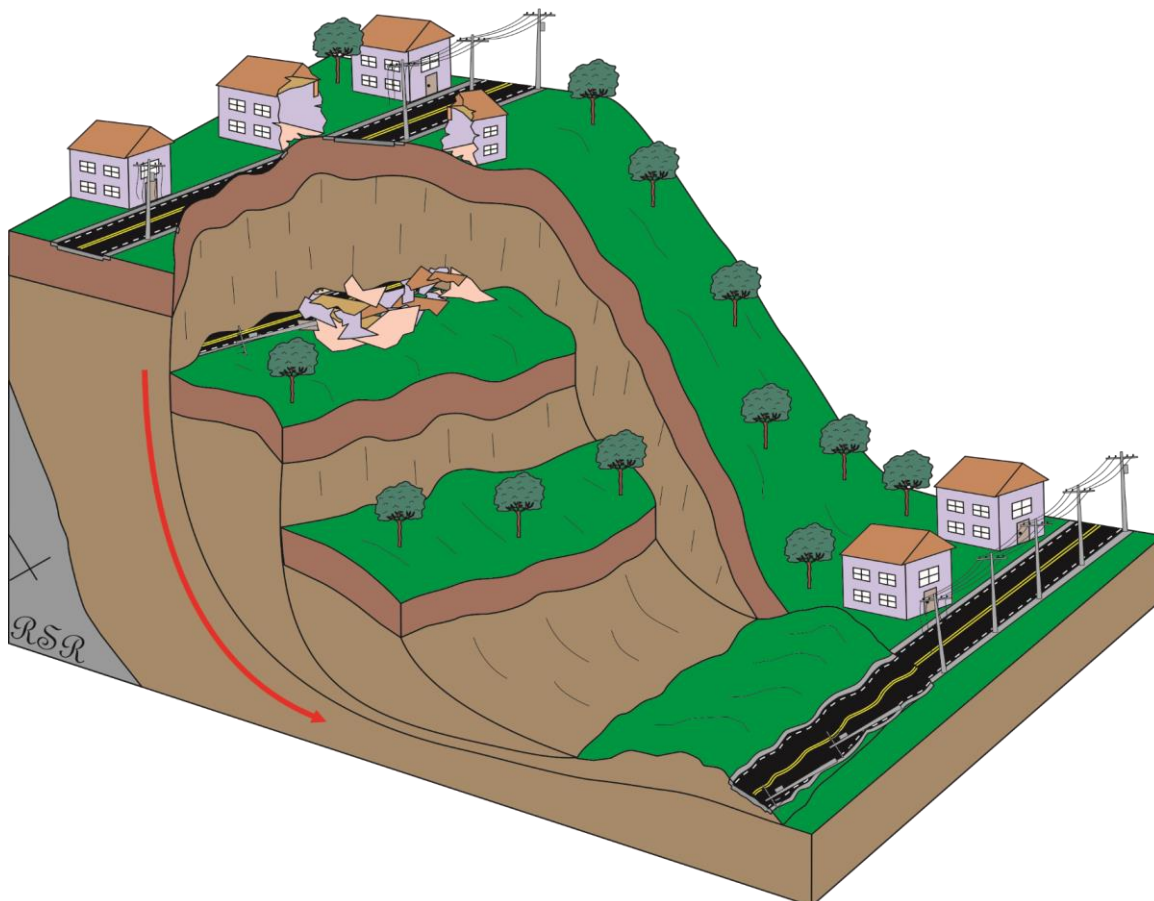


Figura 2. Representação esquemática de deslizamento rotacional em área parcialmente ocupada.



Figura 3. Deslizamento planar em Timóteo – MG.

O deslizamento rotacional é discernido por sua superfície de ruptura curva, com concavidade voltada para cima, e onde há rotação da massa deslocada (Figura 4). Em

comparação com o deslizamento planar, o deslizamento rotacional tende a ser mais lento, com uma superfície de ruptura geralmente mais profunda. Conforme Ahrendt (2005), esse processo ocorre preferencialmente em materiais homogêneos e, por isso, é comum sua incidência em barragens de terra e aterros. Em solos, a razão profundidade/comprimento de ruptura costuma variar entre 0,15 e 0,33 (Skempton & Hutchinson, 1969, apud Cruden & Varnes, 1996). Muitas vezes, o início da movimentação é provocado por execução de cortes na base do declive, como ocorre, por exemplo, na implementação de estradas, construção de edificações ou erosão fluvial (Fernandes & Amaral, 1996).



Figura 4. Deslizamento rotacional em Itabirinha – MG. Fotografia: Júlio César Lana.

Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma análise estatística da distribuição dos setores com riscos alto e muito alto, mapeados entre 2011 e 2020, e provocados por movimentos gravitacionais de massa, com ênfase nos deslizamentos planares e rotacionais.

2. METODOLOGIA

Na pesquisa bibliográfica sobre o estado, foram analisados dados de 1.378 setores de risco delimitados e descritos pelo Serviço Geológico do Brasil no período de 2011 a 2020 (SGB, 2024), com exceção de Vitória, cujos dados foram extraídos do Plano Municipal de Redução de Riscos (Prefeitura Municipal de Vitória, 2017). Desses, foram selecionados os setores de risco a deslizamentos planares e rotacionais e suas informações organizadas e tratadas estatisticamente conforme a metodologia preconizada por Ribeiro (2022). Com base nos resultados, foram elaboradas as cartas presentes nesta pesquisa.

3. RESULTADOS

Deslizamentos planares e quedas de blocos são os movimentos gravitacionais de massa predominantes no cenário de risco geológico do estado do Espírito Santo para o período 2011-2020. Os demais processos representam, juntos, somente 3,2% da população estadual em risco acarretado por movimentos gravitacionais de massa (Figura 5).

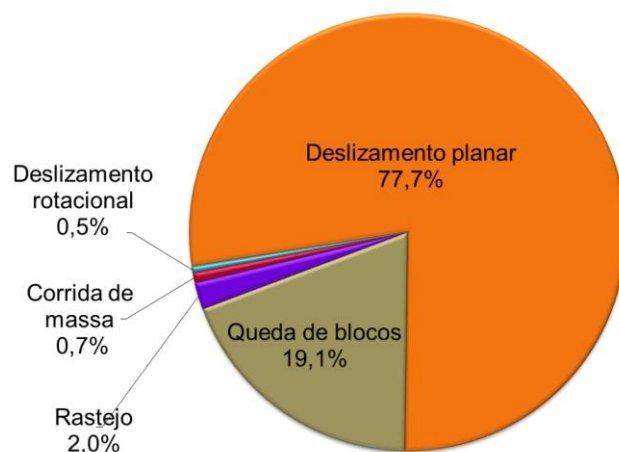


Figura 5. Percentuais da população capixaba em áreas com riscos alto e muito alto originados por movimentos gravitacionais de massa no período entre 2011 e 2020.

Aproximadamente 3/4 dos setores com riscos alto e muito alto estão sujeitos a deslizamento planar. No estado, há 24.815 construções que foram ou podem ser afetadas pelo fenômeno. No âmbito municipal, destacam-se os municípios de Serra, Cariacica e Cachoeiro de Itapemirim, com mais de duas mil construções em risco, e Colatina e Vitória, com mais de mil construções em situação de risco (Figura 6). Como consequência, cerca de 1/3 da população capixaba em áreas de risco provocadas por deslizamentos planares estão nos municípios de Serra, Cariacica e Cachoeiro de Itapemirim (Figura 7).

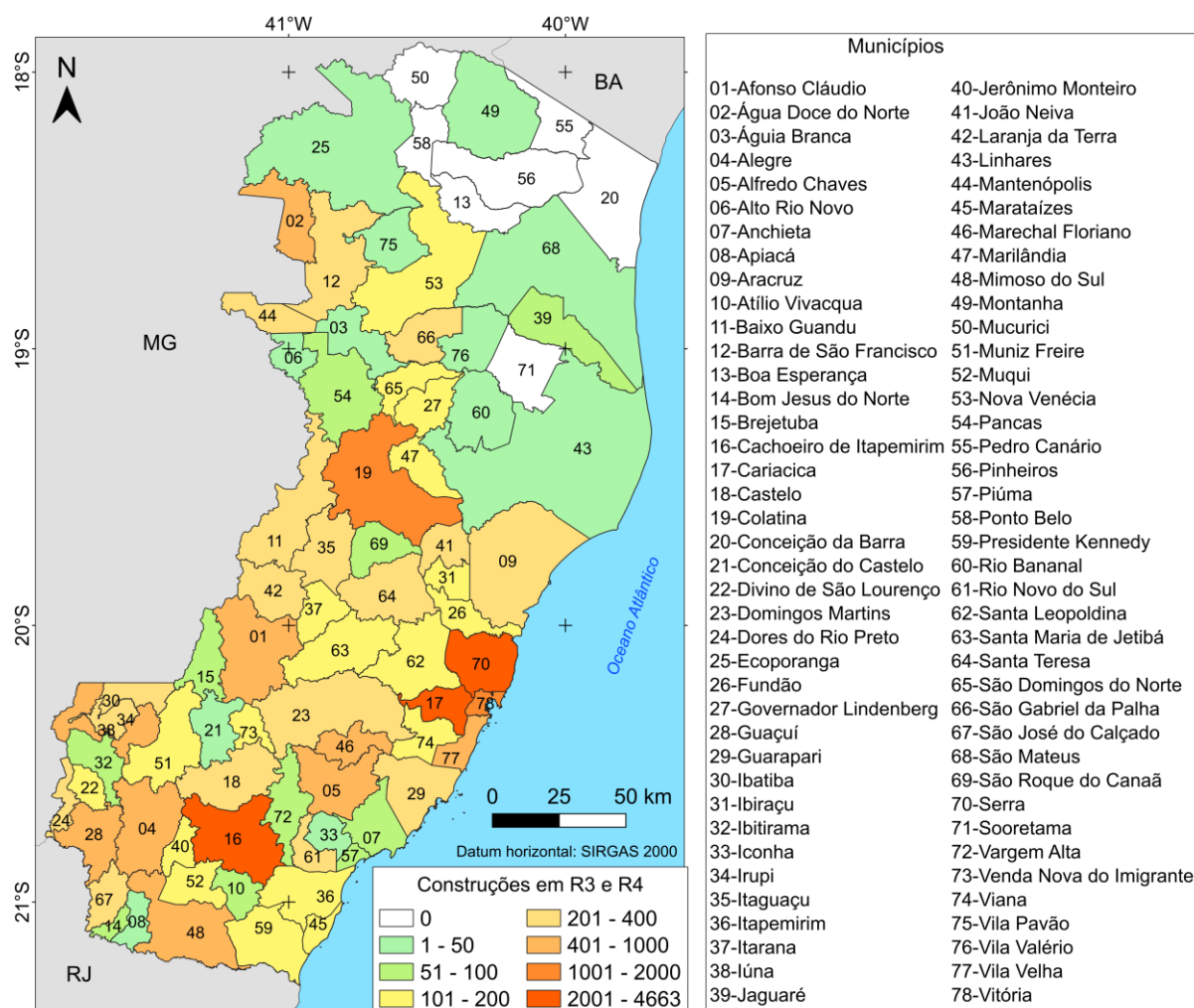


Figura 6. Construções em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento planar nos municípios do Espírito Santo.

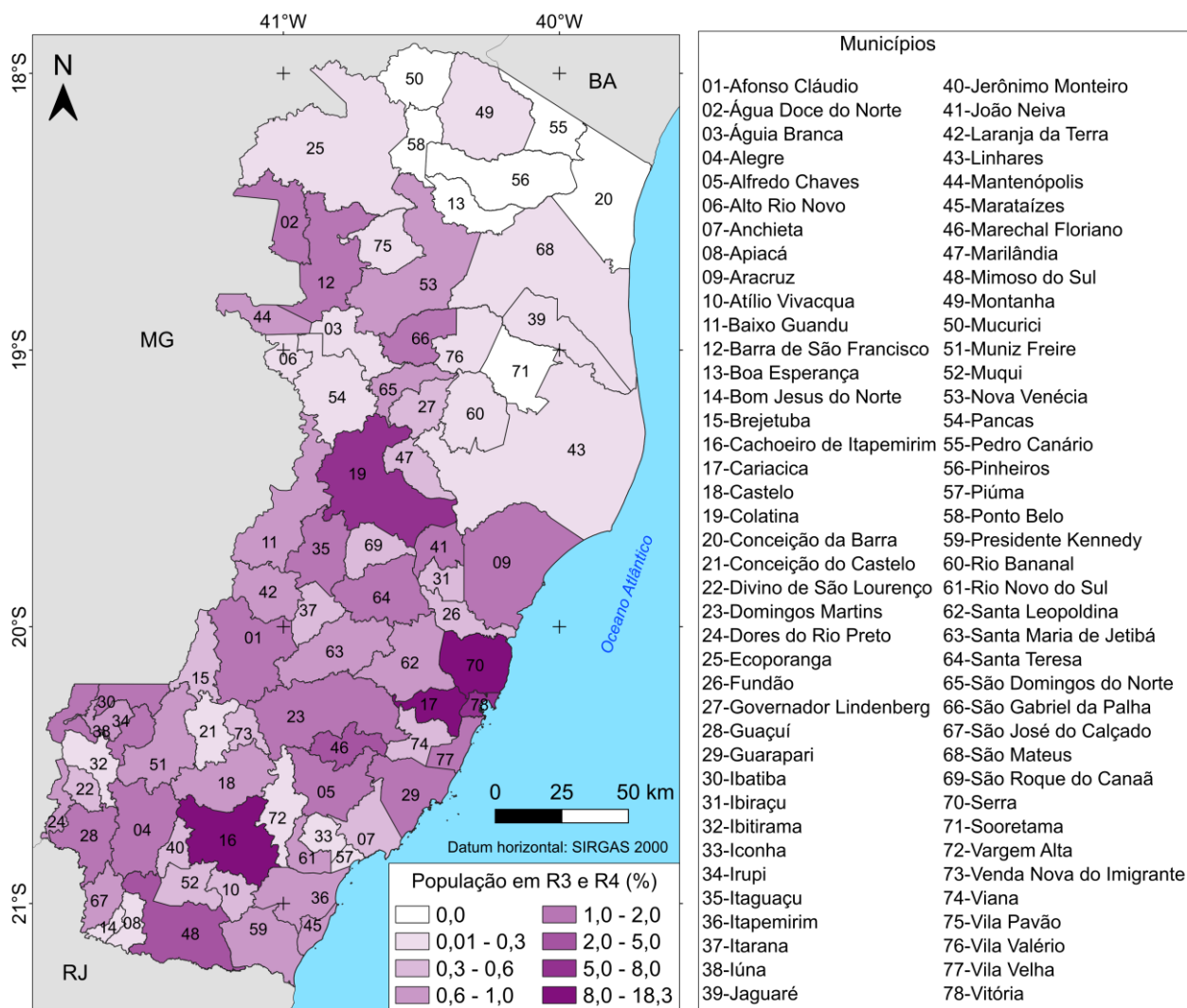


Figura 7. Percentual da população estadual que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento planar nos municípios do Espírito Santo.

Os municípios de Boa Esperança, Conceição da Barra, Mucurici, Pedro Canário, Pinheiros, Ponto Belo e Sooretama não possuem setores de risco alto e muito alto associados a deslizamentos planares. Em contraste com tais cidades, sobressaem-se Marechal Floriano, Dorés do Rio Preto, Água Doce do Norte, Mimoso do Sul, Divino de São Lourenço, Alfredo Chaves e Itaguaçu, com no mínimo 10% dos municípios em situação de risco (Figura 8).

O deslizamento rotacional ocorre em 0,4% dos setores de risco geológico do Espírito Santo. No estado, há 145 construções que foram ou podem ser impactadas pela ocorrência do fenômeno, distribuídas em apenas seis municípios: Átilio Vivacqua, Castelo, Muqui, Jerônimo Monteiro, Mantenópolis e Itaguaçu (Figura 9).

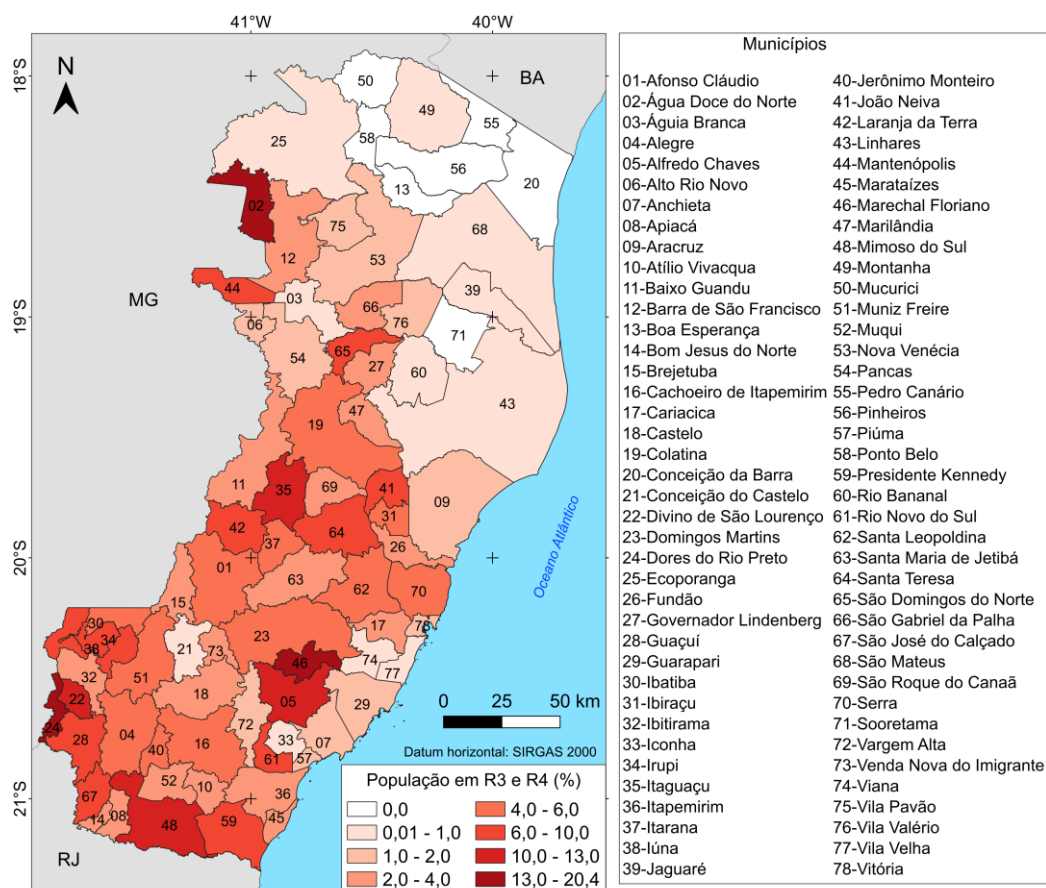


Figura 8. Percentual da população municipal que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento planar nos municípios do Espírito Santo.

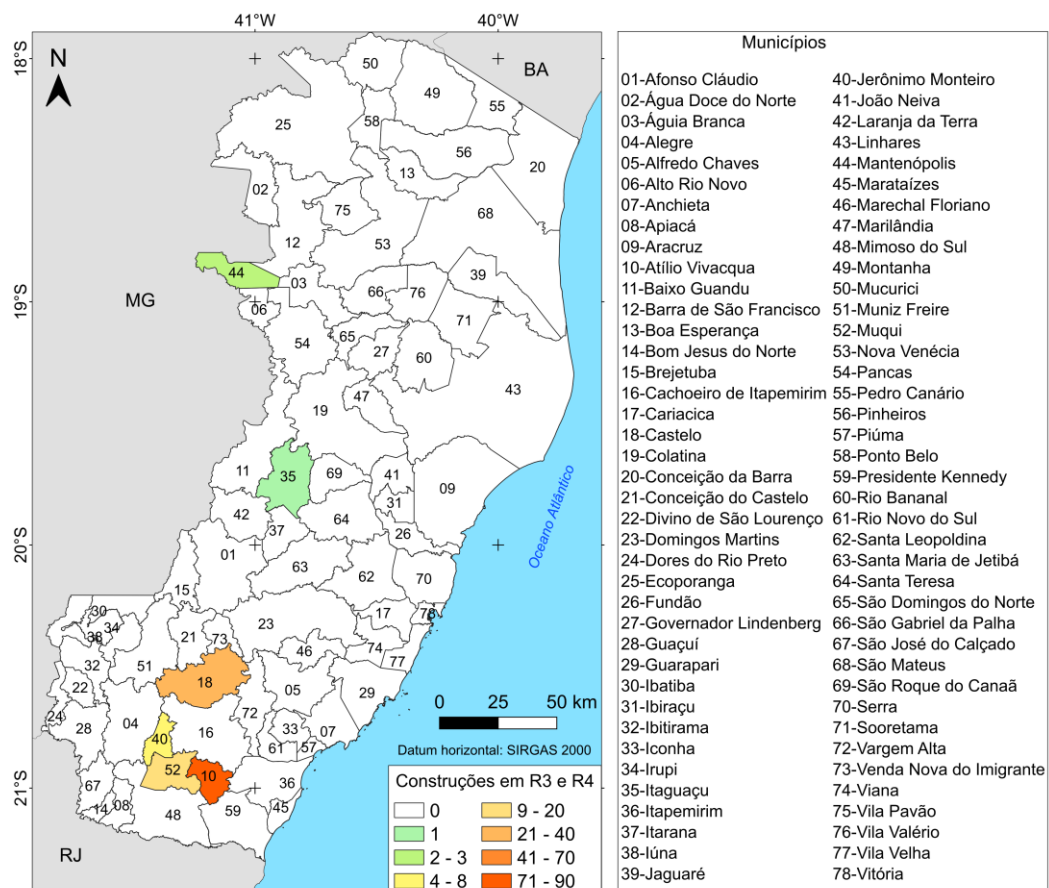


Figura 9. Construções em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento rotacional nos municípios do Espírito Santo.

De cada 10 capixabas em situação de risco originado por deslizamentos rotacionais, 6 residem em Atílio Vivacqua (Figura 10). Quando se considera também o município de Castelo, esse número sobe para 8 entre 10 capixabas.

Embora haja uma concentração desse movimento gravitacional de massa em poucas cidades capixabas, esses valores representam percentuais pequenos da população dos municípios. O maior número é em Atílio Vivacqua, onde 3,7% da população está em situação de risco alto e muito alto. Nos outros municípios afetados, os percentuais não chegam a atingir o patamar de 0,5% da população em risco devido a deslizamentos rotacionais (Figura 11).

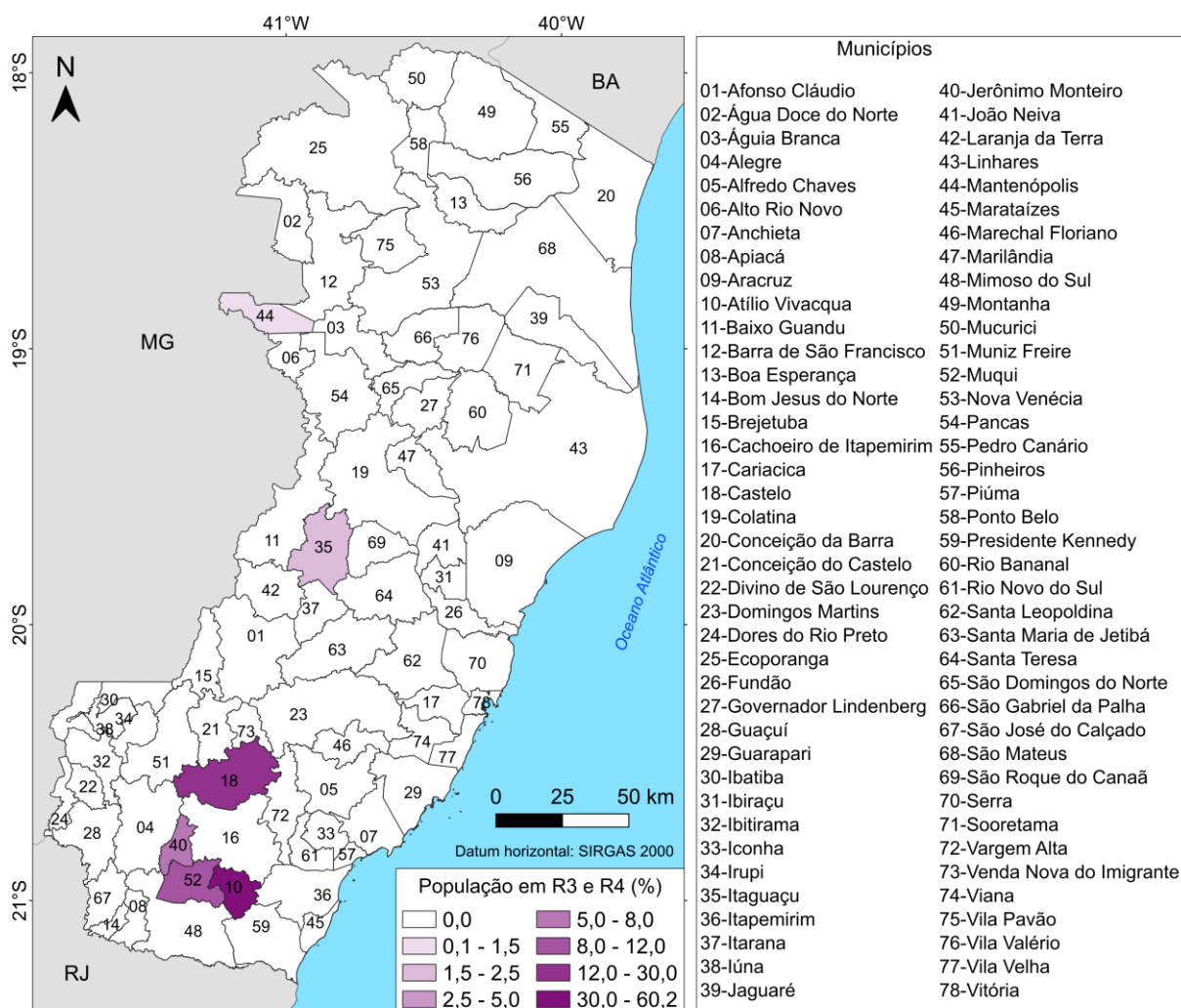


Figura 10. Percentual da população estadual que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento rotacional nos municípios do Espírito Santo.

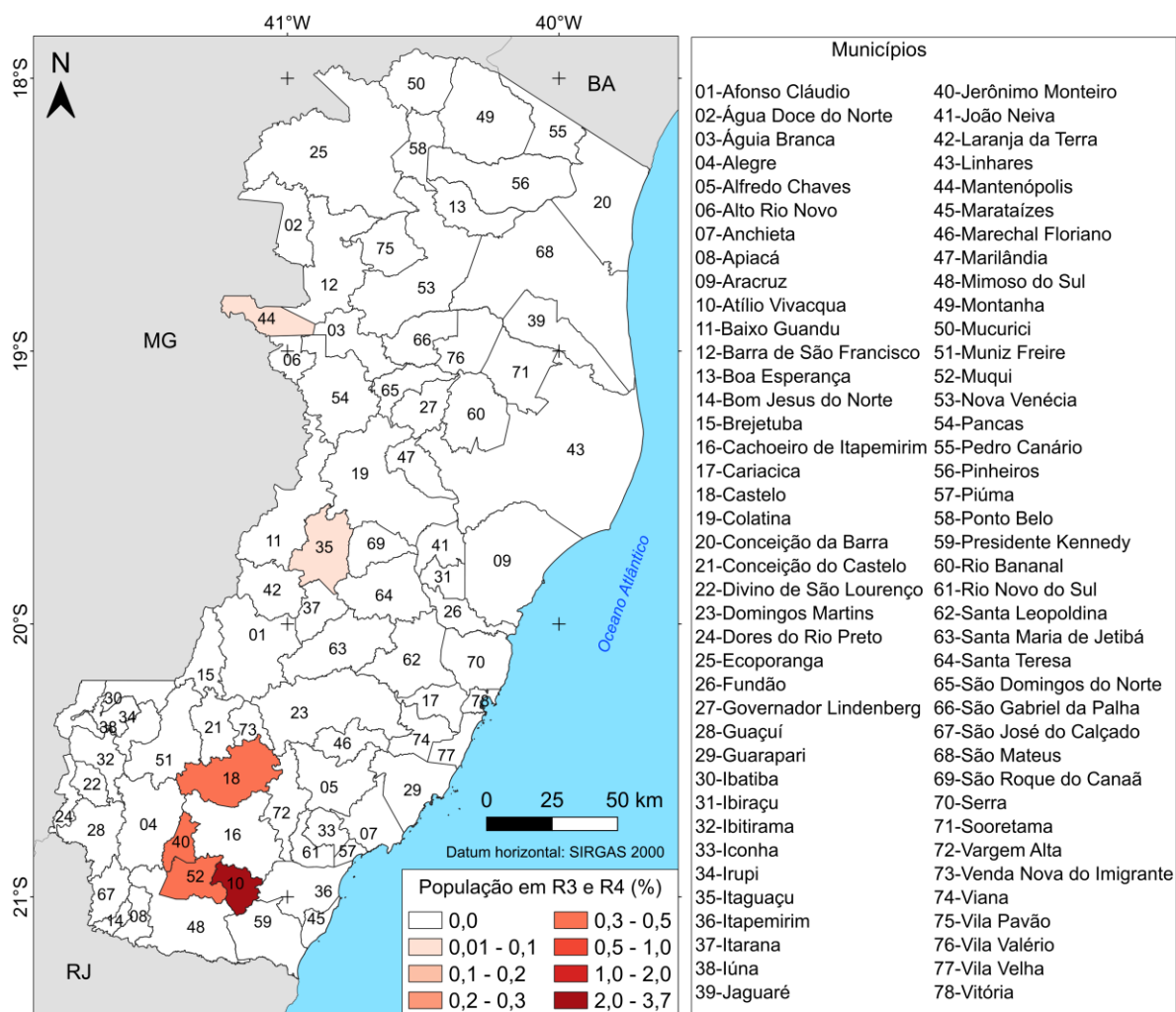


Figura 11. Percentual da população municipal que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para deslizamento rotacional nos municípios do Espírito Santo.

4. CONCLUSÕES

O estudo revela que o deslizamento planar é o movimento gravitacional de massa dominante na pesquisa sobre o risco geológico do Espírito Santo e, como era de se esperar, é mais comum do que o deslizamento rotacional. A disparidade entre os dois processos é marcante: enquanto cerca de 78% da população está em áreas de risco sujeitas a deslizamentos planares, somente 0,5% mora em setores de risco originados por deslizamentos rotacionais. Este contraste significativo revela a natureza recorrente e mais impactante dos deslizamentos planares no estado, que afetam um número considerável de construções, especialmente nos municípios de Serra, Cariacica e Cachoeiro de Itapemirim.

Dos 77 municípios estudados, 70 apresentam ao menos uma construção em risco devido a deslizamentos planares. Em contrapartida, apenas 6 municípios capixabas têm construções em situação de risco originado por deslizamento rotacional. Essa baixa incidência reflete a natureza esporádica e de menor escala de deslizamentos rotacionais nos municípios capixabas.

Diante disso, é fundamental o contínuo monitoramento dessas áreas e a implementação de ações preventivas direcionadas nos municípios afetados por deslizamentos. Políticas públicas eficazes devem ser adotadas para o gerenciamento e a mitigação dos riscos geológicos analisados na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AHRENDT, A. (2005) Movimentos de massa gravitacionais – proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão, SP. 2005. 364 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CRUDEN, D.M.; COUTURE, R. (2011). The working classification of landslides: material matters. In: CANADIAN GEOTECHNICAL CONFERENCE, 64, 2011, Toronto. Proceedings [...]. [Canada]: Canadian Geotechnical Society. 7 p. Disponível em: <http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper1106.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2024. Cap. 3, p. 36-75.
- CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. (1996). Landslide types and processes. In: TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (ed.). Landslides: investigation and mitigation. Washington, DC: National Academy Press. Cap. 3, p. 36-75. (Transportation Research Board. National Research Council. Special report, 247). Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr247/sr247-003.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.
- FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. (1996). Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da (org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasilp. 123-194.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. (1984) Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 194 p., il.
- HIGHLAND, L.M.; BOBROWSKY, P. (2008) The landslide handbook: a guide to understanding landslides. Reston, VA: U.S. Geological Survey. xiii, 129 p., il. (U.S. Geological Survey circular, 1325). Disponível em: https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325_508.pdf. Acesso em: 20 jul. 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA, (2017). “*Plano Municipal de Redução de Risco de Vitória – ES.*” Disponível em: <https://sites.vitoria.es.gov.br/pmrr/>. Acesso em: 30 out. 2024.
- QUINA, R.R. (2019). Avaliação do MDE gerado pelo sensor Palsar/Satélite Alos, como alternativa para o zoneamento de áreas de risco a escorregamentos em locais com deficiência de dados. 2019. 197 f., il. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/10266>. Acesso em: 08 jul 2021.
- RIBEIRO, R. S. (2022) “*Atlas de riscos geológico e hidrológico do estado do Espírito Santo no período 2011-2020: resultados gerais*” in *Revista Geologia USP, Série Científica*, nº 4, Vol. 22, p. 3-22. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v22-192746. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspspc/article/view/206995>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- RIFFEL, E.S.; GUASSELLI, L.A.; BRESSANI, L.A. (2016). Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão da literatura. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 285-101. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v36i2.42796>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/42796>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- SGB – Serviço Geológico do Brasil (2024) “*Cartografia de Riscos Geológicos - Espírito Santo*”. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/pt/cartografia-de-riscos-geologicos-espírito-santo>. Acesso em: 18 dez. 2024.
- TOMINAGA, L.K. (2009). Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico. Cap. 1, p. 11-23. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2010/03/lancado-livro-sobre-desastres-naturais-no-site-do-ig/>. Acesso em: 19 nov. 2024.