

## MECANISMOS DOS DESLIZAMENTOS DE TERRA OCORRIDOS NA CATÁSTROFE CLIMÁTICA DE MAIO DE 2024 EM BENTO GONÇALVES-RS

Lucas Rafael Norenberg BARBOSA<sup>1</sup>; Tadeu de PAULA<sup>2</sup>; Adriely Arboite SCHAEFFER<sup>3</sup>

**Resumo** – O presente trabalho analisa os deslizamentos de terra que ocorreram no município de Bento Gonçalves (RS) em maio de 2024, após um evento extremo de precipitação que acumulou mais de 1300 mm de chuva em pouco mais de um mês. A investigação foi conduzida por meio de levantamentos de campo, análise geotécnica, mapeamento geológico e pedológico, uso de drones e helicópteros, além da coleta de dados pluviométricos e relatos da população. Os deslizamentos ocorreram predominantemente em áreas com depósitos espessos de talus e colúvios, associados à Formação Serra Geral (Fácies Gramado e Caxias), caracterizada por rochas basálticas altamente fraturadas e intemperizadas. Constatou-se que os principais fatores que contribuíram para a instabilidade foram a elevada pluviosidade, a baixa coesão dos solos e a geomorfologia local. O estudo destaca a importância do monitoramento pluviométrico como ferramenta preventiva essencial frente ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos.

**Abstract** – This study analyzes the landslides that occurred in Bento Gonçalves (RS), Brazil, in May 2024, following an extreme rainfall event that totaled over 1300 mm in just over a month. The investigation involved field surveys, geotechnical assessments, geological and pedological mapping, drone and helicopter imaging, as well as the integration of pluviometric data and eyewitness reports. Landslides were mainly observed in areas with thick talus and colluvial deposits associated with the Gramado Formation, characterized by highly weathered and fractured basaltic rocks. The findings indicate that excessive rainfall, low soil cohesion, and local geomorphology were the main contributing factors to slope instability. The study underscores the crucial role of rainfall monitoring as a preventive tool considering the increasing frequency of extreme weather events.

**Palavras-Chave** – Deslizamentos de terra, Fácies Gramado, chuvas extremas, geotecnia, Bento Gonçalves.

---

<sup>1</sup> Geól, Msc, Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, (51) 99701-9376, [contato@arcgeogeologia.com.br](mailto:contato@arcgeogeologia.com.br)

<sup>2</sup> Geól., Esp, ValeGeo Geologia Ambiental, (51) 99668-8532, [tadeudepaulageologo@gmail.com](mailto:tadeudepaulageologo@gmail.com)

<sup>2</sup> Geól., Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, (51) 999410910, [arboite.adriely@gmail.com](mailto:arboite.adriely@gmail.com)

## **1. INTRODUÇÃO**

Os processos de instabilidade em encostas naturais têm se tornado cada vez mais frequentes em diversas regiões do Brasil e do mundo, impulsionados por eventos climáticos cada vez mais intensos, que vêm provocando catástrofes com maior regularidade.

No final de abril e início de maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul enfrentou um dos maiores eventos climáticos extremos de sua história recente. No município de Bento Gonçalves, foram registrados mais de 1.300 mm de chuva entre os meses de abril, maio e junho, segundo dados da estação pluviométrica do INMET — volume próximo à média anual esperada, que varia entre 1.500 e 2.000 mm. Desse total, uma parcela significativa foi registrada nas primeiras 72 horas do evento, quando ocorreram chuvas intensas e concentradas, resultando em um acumulado extremamente elevado em curto intervalo de tempo. Esse volume excepcional de precipitação foi o principal fator desencadeador de processos de instabilidade nas encostas da região, resultando em mais de 280 deslizamentos mapeados dentro dos limites do município. O desastre provocou dezenas de mortes, destruição de infraestrutura urbana e rural, e deixou diversas comunidades isoladas e sem comunicação, configurando um cenário de emergência sem precedentes para a região."

Este trabalho tem como objetivo analisar os principais mecanismos que contribuíram para a ocorrência dos deslizamentos registrados, considerando fatores como a topografia local, características geológicas e pedológicas, rede hidrográfica, intensidade e distribuição das chuvas, além da interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

## **2. METODOLOGIA**

Após a ocorrência dos deslizamentos, equipes da Defesa Civil municipal foram acionadas para realizar vistorias in loco nas áreas afetadas. As regiões impactadas foram analisadas por meio de técnicas de mapeamento de campo, avaliação de risco geológico, observação de afloramentos rochosos e superfícies de ruptura. Para ampliar a cobertura e o acesso às áreas de difícil alcance, foram utilizados aerolevantamentos com drones e sobrevoos de helicóptero. Paralelamente, foram compilados dados pluviométricos oficiais e relatos de moradores atingidos, com o objetivo de reconstruir a cronologia do desastre e identificar os principais gatilhos que acionaram os processos de instabilidade.

## **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA**

### **3.1 Localização das áreas atingidas**

As áreas afetadas pelos deslizamentos estão concentradas, principalmente, na porção norte do município de Bento Gonçalves, na região da Serra Gaúcha. Os distritos de Faria Lemos e Tuiuty foram os mais impactados, registrando um grande número de movimentos de massa ao longo dos vales do Rio das Antas e de seus afluentes. A Figura 1 apresenta o mapa de localização das áreas atingidas, com a classificação dos deslizamentos por dimensão, destacando-se eventos que afetaram dezenas de hectares.

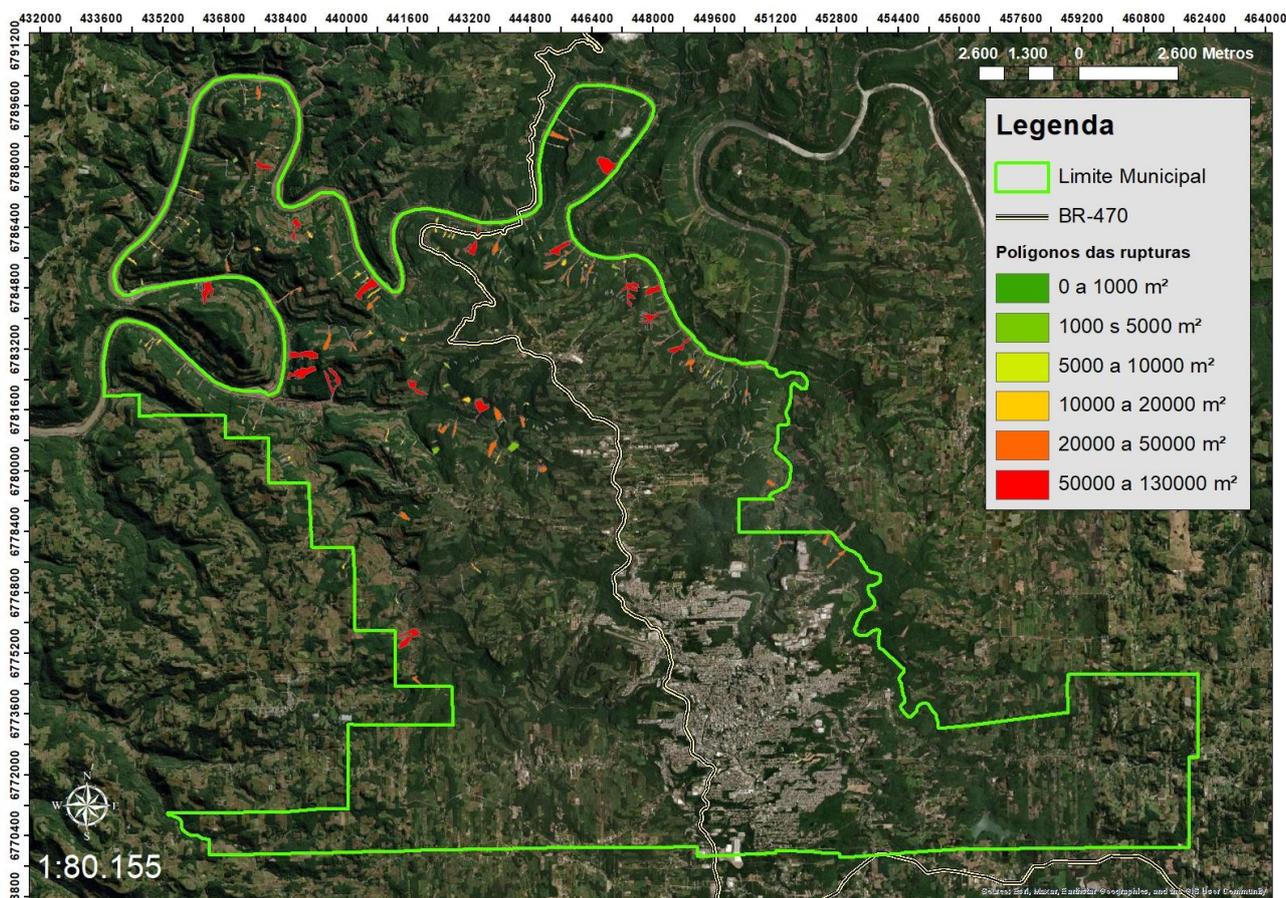


Figura 1. Localização da área afetadas pelos movimentos de massa no município de Bento Gonçalves/RS em maio de 2024.

### 3.2 Caracterização geológica

A área do município de Bento Gonçalves está localizada na região da serra nordeste do RS, contexto geológico regional, conforme mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul, na escala 1:750.000, elaborado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM (CPRM, 2006), a área onde está inserido o município abrange rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral (+/-135 Milhões de anos – Ma.) é constituída pelos derrames de lavas basálticas gerados durante os eventos que ocasionaram a separação do supercontinente Gondwana que recobriram grande parte das litologias sedimentares da Bacia do Paraná (Milani, 1997).

Este tipo de derrame vulcânico é caracterizado por um processo lento e gradual, no qual sucessivos fluxos de lava se empilham ao longo do tempo, apresentando diferentes graus de acidez. Os derrames de base são os de menor acidez (rochas básicas a intermediárias), ricos em ferro (Fe), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), classificadas de basalto e andesitos de afinidade toleítica, enquanto os derrames superiores, de acidez mais elevada (rochas ácidas), são compostos principalmente por materiais ricos em silício (Si) e alumínio (Al), classificadas de dacitos, riodacitos e riolitos. No município de Bento Gonçalves, a Formação Serra Geral é representada pelas Fácies Gramado e Caxias. As rochas da Fácies Gramado ocorrem em áreas de menor altitude, associadas a drenagens, enquanto as rochas da Fácies Caxias afloram em altitudes superiores a 500 metros, formando platôs. A Fácies Gramado (133±1 Ma.) constitui os primeiros derrames vulcânicos básicos (baixos teores Ti/Y) da Formação Serra Geral que extravasaram sobre o deserto Botucatu onde predominam formas de lóbulo com presença de horizontes vesiculares espessos e abundantes (Peate et al., 1992; Wildner, 2014).

Fácies Caxias (+/-132,1 Ma.) é caracterizada por derrames de lavas ácidas (félsicas), compostos por riodacitos a riolitos, mesocráticos, micro granulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção

central, dobras de fluxo, autobrechas frequentes e vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, fonte das mineralizações da região (Wildner, 2014).

Em campo, observou-se que as rochas vulcânicas ácidas afloram predominantemente nas cotas de topo, entre 400 e 500 metros de altitude, apresentando baixo grau de intemperismo, formas escarpadas e tabulares, com declividades acentuadas e solos rasos ou ausentes. Essas unidades sobrepõem rochas básicas altamente fraturadas e friáveis, que ocorrem em cotas inferiores, geralmente abaixo dos 400 metros, onde predominam declividades mais suaves, solos espessos e elevado grau de intemperização.

De forma geral, essas rochas são classificadas como basaltos, com estrutura maciça, fraturamento variado e esparso, sem orientação definida, e textura microgranular. Como descrito anteriormente, os derrames mais ácidos ocorrem nas posições topográficas mais elevadas, enquanto os derrames mais básicos estão em cotas mais baixas. Essa disposição estratigráfica influencia diretamente na distribuição dos solos residuais e coluviais, que tendem a ser mais espessos nas áreas de menor altitude e declividade

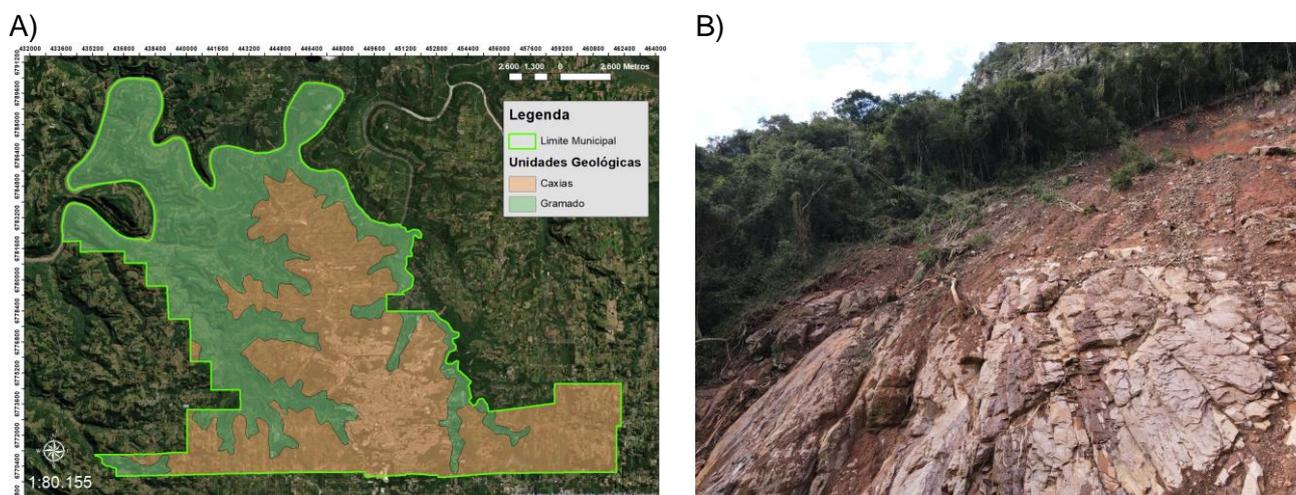


Figura 2. A) Mapa Geológico do município; B) Afloramentos de basaltos das áreas estudadas

### 3.3 Caracterização pedológica

Os solos na área do município de Bento Gonçalves estão diretamente relacionados com o material geológico que compõe a área, sendo composto pedologicamente portanto por Argissolos nas áreas da Formação Caxias e Neossolos nas áreas da Formação Gramado.

Os Argissolos estão no platô topográfico em áreas mais planas e formados por um material residual argiloso de cores avermelhadas com ou sem a presença de seixos e cascalho, e, formados por material mineral rico em ferro e alumínio.

Os Neossolos estão nas áreas mais declivosas e topograficamente abaixo dos argissolos, eles são solos jovens, pouco desenvolvidos e geralmente com a presença de blocos onde são transportados essencialmente por gravidade. São solos de cores marrons e com material mineral rico em ferro, alumínio e matéria orgânica.

Esses solos que são transportados por gravidade são assim chamados de coluvionares e sendo que quando dá ocorrência de blocos são chamados tálus, estes são a maioria encontrada na área onde ocorreu os escorregamentos, sendo também observado que os maiores deslizamentos estavam relacionados a uma maior espessura de tálus.

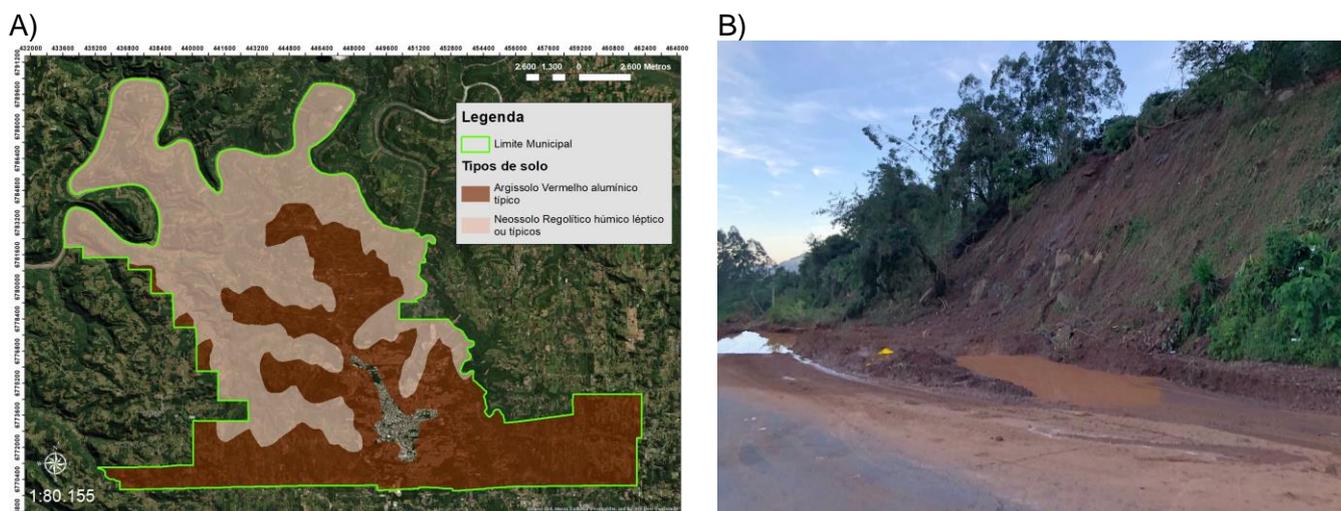


Figura 3. A) Mapa Pedológico do município; B) Afloramentos de tálus das áreas estudadas

### 3.4 Índices Pluviométricos

Apesar de estarmos em uma região serrana, caracterizada por declividades acentuadas, solos pouco espessos em áreas de escarpa e grande impacto do uso do solo pela agricultura, os deslizamentos de terra no município de Bento Gonçalves sempre foram considerados eventos relativamente inesperados. Mesmo nas maiores enchentes já registradas no estado (1928, 1941 e 1967), não há registros significativos de escorregamentos na região serrana. Descendentes de moradores antigos que viveram essas épocas relatam apenas alguns deslizamentos pontuais.

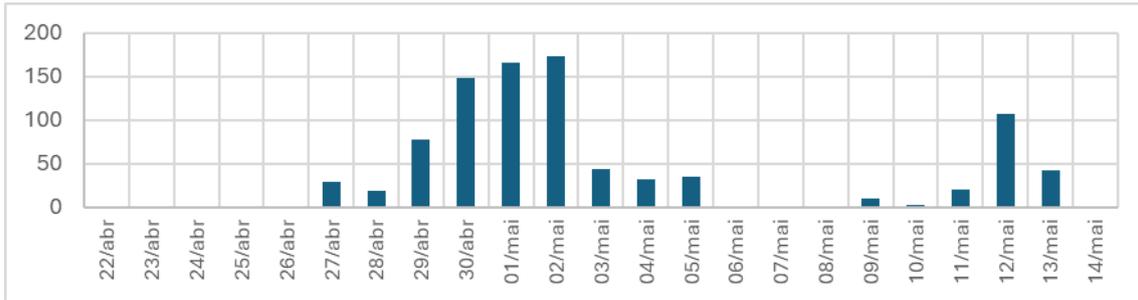
A partir das enchentes de 2023, começaram a ser observados deslizamentos um pouco mais frequentes, com ocorrências isoladas em setembro e novembro daquele ano. No entanto, até então, não havia nenhum registro que se comparasse à magnitude dos eventos de maio de 2024, quando os deslizamentos ocorreram de forma generalizada em praticamente todo o território do município.

Uma das explicações para a ausência desse tipo de fenômeno em enchentes anteriores é o fato de que, além dos volumes acumulados terem sido menores, a intensidade da precipitação em 2024 foi significativamente maior, especialmente na primeira semana do evento. Isso impediu que os solos saturados tivessem tempo para drenagem, favorecendo a entrada em estado de liquefação e, conseqüentemente, o desencadeamento dos deslizamentos.

Segundo dados do INMET, a média histórica de precipitação para o mês de maio é de aproximadamente 108 mm, enquanto a média anual varia entre 1.500 e 2.000 mm. Nesse contexto, o volume acumulado entre os dias 27/04/2024 e 05/05/2024 foi totalmente fora do esperado, atingindo 721,6 mm na estação pluviométrica do INMET localizada no Aero clube de Bento Gonçalves.

Relatos e registros indicam que os deslizamentos tiveram início na madrugada do dia 01/05/2024 e se estenderam até o início da tarde do mesmo dia, sendo desencadeados após um acumulado aproximado de 320 mm nas primeiras 72 horas do evento de precipitação pluviométrica.

A)



B)

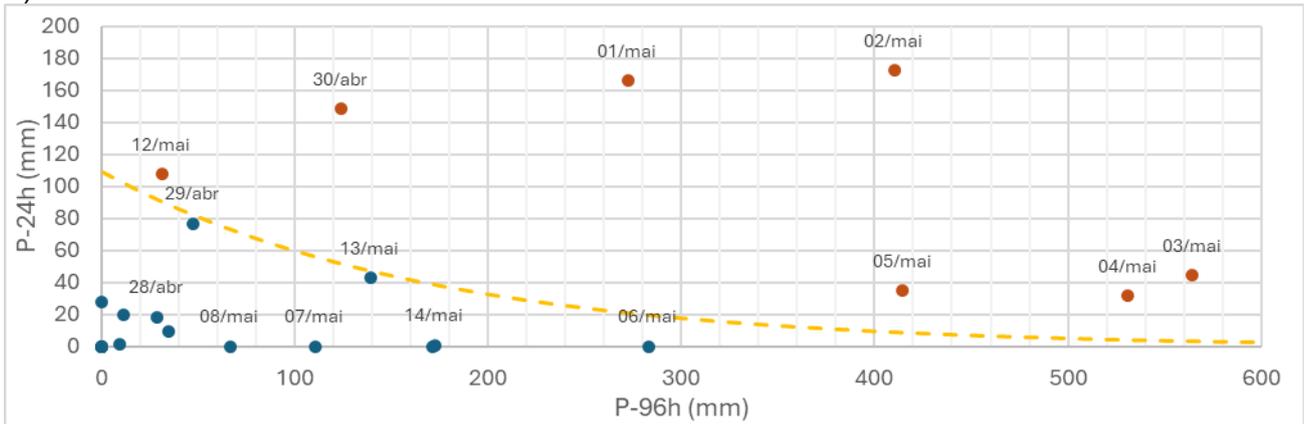


Figura 4. A) Precipitações acumuladas diárias em Bento Gonçalves Fonte: Inmet; B) Precipitações acumuladas diárias vs. Acumulados em 96 horas com a linha de tendência que marca os deslizamentos em Bento Gonçalves Fonte: Inmet

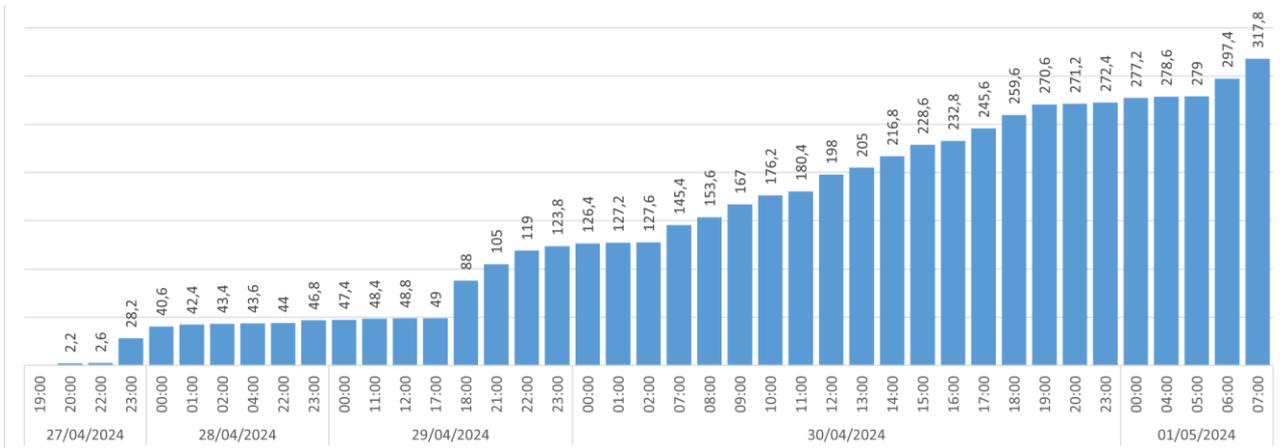


Figura 5. A) Precipitações acumuladas diárias em Bento Gonçalves que iniciaram no dia 27/04/2024 até às 07:00 do dia 01/05/2024 registrando um volume de 317,8mm de chuva que deflagrou os movimentos de massa. Fonte: Inmet.

#### 4. COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO DOS DESLIZAMENTOS

A partir das visitas in loco e dos relatos das vítimas, foi possível identificar um padrão recorrente entre os pontos afetados pelos deslizamentos. Esses eventos estiveram majoritariamente associados a depósitos espessos de tálus e colúvios, que, sob o peso adicional do elevado volume de água infiltrada, iniciaram processos de rastejo e rupturas planares e rotacionais. Esses movimentos, por sua vez, descalçaram as porções superiores mais rochosas, onde predominam solos muito rasos. Como consequência, houve a fluidização dos maciços, desencadeando fluxos de detritos de grande mobilidade (Figuras 6 e 7).

Em alguns locais, observou-se apenas a ocorrência de rolamento de blocos, rastejos superficiais, fissuras e abatimentos localizados do terreno. Esses processos reforçam a compreensão de que a Fácies Gramado é a principal unidade geológica associada à geração desses deslizamentos. Nas áreas onde predomina a Fácies Caxias, os eventos foram significativamente menos frequentes, como evidenciado no mapa de ocorrências.

Outro aspecto relevante é que os deslizamentos não estiveram, necessariamente, vinculados às maiores declividades. A análise dos pontos afetados revelou que mais de 90% dos grandes deslizamentos ocorreram em áreas com inclinações inferiores a 30° (Figura 8). Este dado chama atenção, pois contrasta com o valor médio esperado para o ângulo de atrito interno dos solos da região, geralmente estimado em torno de 40°. Isso indica que, mesmo com a presença de atrito entre os grãos, o volume excepcional de chuvas levou à saturação e consequente fluidização dos solos, resultando na perda total da coesão, da rugosidade interna e da estabilidade dos maciços.



Figura 6. Modelo de padrão de deslizamentos ocorridos ao longo de todo o município de Bento Gonçalves



Figura 7. Modelo de padrão de deslizamentos ocorridos ao longo de todo o município de Bento Gonçalves

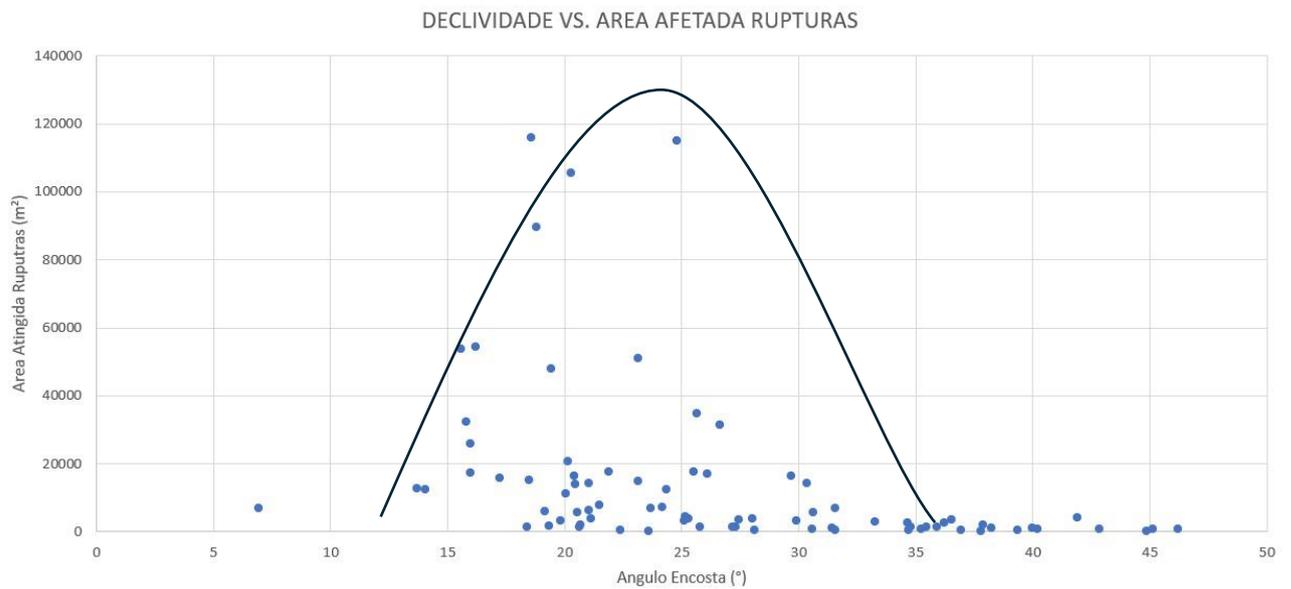


Figura 8. Gráfico de comparação das áreas atingidas em relação a declividade dos terrenos

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas evidências levantadas em campo e nos estudos realizados nas áreas afetadas, conclui-se que os deslizamentos ocorridos no município de Bento Gonçalves em maio de 2024 foram desencadeados por um conjunto de fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos. A principal fragilidade identificada está relacionada à presença de rochas altamente fraturadas e intensamente intemperizadas da Fácies Gramado, associadas a solos de baixa coesão e espessos depósitos de tálus.

Essas condições, somadas a declividades variando de médias a elevadas e, principalmente, ao volume excepcional de precipitação acumulado em um curto período, configuraram o cenário ideal para a deflagração de deslizamentos em massa de forma generalizada. Ressalta-se que a magnitude das chuvas — superior a 270 mm em menos de 72 horas — atuou como o principal gatilho para o colapso das encostas, superando a capacidade natural de estabilidade dos terrenos, que historicamente não apresentavam registros significativos de escorregamentos em eventos extremos anteriores.

Portanto, embora seja possível mapear previamente áreas mais suscetíveis com base em critérios geotécnicos e geomorfológicos, fica evidente que o principal parâmetro a ser monitorado a partir deste evento deve ser a intensidade e o volume das chuvas. O acompanhamento contínuo de dados pluviométricos e a adoção de sistemas de alerta precoce tornam-se, assim, ferramentas essenciais para a mitigação de riscos e para a proteção da população em futuras ocorrências.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, ValeGeo Geologia Ambiental, Arcgeo Geologia, FGS Geotecnia, Fundação GeoRio, Defesa Civil do Rio de Janeiro, ao CREA de MG e a Vale, por integrarem por meio de seus profissionais a Força Tarefa do Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves e auxiliarem nos levantamentos destes dados.

## REFERÊNCIAS

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Geologia de engenharia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 472 p

CAVALCANTI, M. M. *Estabilização de encostas com proteção superficial e drenagem superficial e profunda*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2012. Escala 1:750.000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Dados pluviométricos históricos e recentes para o município de Bento Gonçalves - RS*. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.

FERREIRA, D. R. et al. *Tendência do aumento de chuvas e suas implicações na estabilidade de encostas no sul de Santa Catarina*. Revista TecnoAmbiente, v. 21, n. 1, p. 45-56, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/5408>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental*. 2007. 255 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PEATE D. W., HAWKESWORTH C. J., MANTOVANI M. S. M. Chemical Stratigraphy of the Paraná Lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. *Bulletin of Volcanology*, v.55, p.119-139, 1992.

SOUZA, D. C.; VIEIRA, B. C.; PINTO, L. F. G. Deslizamentos induzidos por chuvas no Brasil: causas, impactos e estratégias de mitigação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, p. 811-829, 2018.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. 943 p.

ZUQUETTE, L. V.; REIS, F. A. G. Geotecnia ambiental aplicada a áreas de risco geológico. *Geociências*, v. 36, n. 2, p. 255-272, 2017.

WILDNER, W. et al. *Projeto Geologia do Brasil: Mapeamento Geológico da Folha Caxias do Sul (SG.22-Z-C-II)*. Porto Alegre: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. 148 p. Escala 1:100.000.

WILDNER, W. Estratigrafia do magmatismo Serra Geral na Bacia do Paraná - Conceitos básicos e divisão faciológica. In: REUNIÃO ABERTA DA COMISSÃO BRASILEIRA DE ESTRATIGRAFIA. Anais... Porto Alegre: SBG, 2004. p.62-77.