



2 0 2 5

# Atuação do Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves: Mapeamento, Classificação e Resposta a Deslizamentos em 2024

Lucas Rafael Norenberg Barbosa

Me. Geólogo, Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, Bento Gonçalves, Brasil, lucasnorenberg@hotmail.com

**RESUMO:** Em maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul foi severamente afetado por chuvas extremas, resultando em inúmeros deslizamentos de encostas, especialmente no município de Bento Gonçalves. Em resposta ao desastre, foi criado o Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves, que contou com a atuação voluntária de dezenas de profissionais das áreas de geologia e engenharia geotécnica de diversas partes do Brasil. O trabalho desenvolvido envolveu o mapeamento de 284 deslizamentos de grande porte e a realização de 167 vistorias técnicas, utilizando fichas padronizadas de avaliação de risco geológico. A partir desses dados, foi elaborado um mapa de áreas de risco e as regiões afetadas foram classificadas segundo o grau de risco, com ênfase na identificação de áreas com risco iminente e imediato. As informações subsidiaram ações estratégicas da Defesa Civil para evacuação, interdição de áreas e orientações à população. Além disso, a metodologia desenvolvida foi específica para a situação emergencial vivenciada, inicialmente focada na liberação segura de acessos e, posteriormente, no retorno seguro das famílias e na recuperação de edificações e lavouras. Este trabalho ressalta a importância da atuação integrada entre voluntários especializados e órgãos públicos em situações de desastre, evidenciando que a rápida organização e a aplicação de protocolos adaptáveis são fundamentais para a redução de riscos e danos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Deslizamentos de encostas; Risco geológico; Metodologia emergencial; Mapeamento de riscos; Resposta a desastres.

**ABSTRACT:** In May 2024, the state of Rio Grande do Sul was struck by extreme rainfall, triggering numerous slope failures, particularly in the municipality of Bento Gonçalves. In response, the Bento Gonçalves Geological Risk Unit was established, mobilizing dozens of volunteer geologists and geotechnical engineers from across Brazil. The work comprised the mapping of 284 large-scale landslides and the execution of 167 technical inspections using standardized geological-risk assessment forms. Based on these data, a risk-area map was produced and affected zones were classified by risk level, with special emphasis on areas of imminent and immediate danger. These findings underpinned the Civil Defense's strategic actions for evacuation, area interdiction, and public guidance. Moreover, the methodology tailored to the emergency context, initially prioritized the safe reopening of access routes and later supported the secure return of families and the rehabilitation of buildings and agricultural lands. This study highlights the crucial role of coordinated efforts between specialized volunteers and public agencies in disaster scenarios, demonstrating that rapid organization and the implementation of adaptable protocols are essential to risk and damage mitigation.

**KEYWORDS:** slope failures; geological risk; emergency methodology; risk mapping; disaster response.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, eventos pluviométricos extremos têm se intensificado em diversas regiões do globo, elevando significativamente o risco de deslizamentos de encostas em áreas suscetíveis (ARMESTO et al., 2018). No Brasil, o Rio Grande do Sul é apontado como um dos estados mais vulneráveis a esses fenômenos, em função de sua geomorfologia complexa, solos instáveis e uso do solo em encostas (MARTINS; SILVA, 2020).

O município de Bento Gonçalves, instalado em terreno colinoso e de solos predominantemente argilo-arenosos, foi particularmente afetado pelas chuvas extremas de maio de 2024, quando precipitações superiores a 300 mm em 72 horas desencadearam uma série de movimentos de massa de grande porte. Em situações emergenciais como essa, o mapeamento rápido e a classificação do grau de risco geológico revelam-se fundamentais para orientar ações de Defesa Civil e mitigar perdas humanas e materiais (CUNHA; PEREIRA, 2017).



2025

Em resposta à crise, foi constituído o Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves (NRG-BG), unindo esforços voluntários de geólogos e engenheiros geotécnicos de diferentes estados do país. Utilizando fichas padronizadas de avaliação de risco, a equipe mapeou 284 deslizamentos de grande porte (Figura 1) e realizou 167 vistorias técnicas em campo. Por meio desses levantamentos, gerou-se um mapa de áreas de risco e procedeu-se à classificação dos setores afetados em escalas de risco iminente, alto, médio e baixo.

## 2 METODOLOGIA

No presente estudo, a metodologia adotada pelo Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves (NRG-BG) estruturou-se em cinco etapas principais, conforme descrito a seguir.

### 2.1 Organização do Núcleo e equipe de trabalho

Em meados de maio de 2024, a Prefeitura de Bento Gonçalves constituiu uma força-tarefa coordenada pela Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, contando com o apoio de dezenas de geólogos e engenheiros geotécnicos de instituições públicas e privadas de diversos estados do Brasil por um período aproximado de 30 dias (Figuras 2 e 3). A equipe dividiu-se em dois grupos fundamentais:

- Campo: responsáveis pela identificação, mapeamento e vistoria in loco dos deslizamentos;
- Base de operações: responsáveis pela recepção, organização e processamento dos dados de campo em ambiente SIG.

### 2.2 Planejamento e cronograma

O trabalho iniciou-se com reunião de alinhamento para definição de áreas prioritárias (distritos de Tuiuty e Faria Lemos) e treinamento dos voluntários no uso das Fichas Padronizadas de Avaliação de Risco Geológico. Estabeleceu-se um cronograma de vistorias diárias, intercalando atividades de campo (sessões de 4 a 6 horas) e de processamento de dados. As fichas aplicavam questionamentos binários conectados diretamente ao Google Forms para o processamento rápido dos resultados, levando em conta que o conhecimento dos técnicos era diverso e impossível de estimar rapidamente e por isso os critérios avaliados eram:

- Nome do ponto; Responsável; Data; Coordenadas; Geometria do talude; Material deslizado; Volume estimado de deslizamento ( $M^3$ ); Diâmetro médio dos blocos; Tipo de movimento de massa; Vegetação; Drenagem; A drenagem afeta a estabilidade?; Se existente a drenagem qual o seu estado?; Surgência de água; Probabilidade de ocorrência de novas movimentações; Consequências às movimentações; Em caso de afetar a vias, a que distância estaria? Determinação do grau de risco; Descrição do ponto (observações e demais quesitos não respondidos no formulário); Fotos do ponto;

### 2.3 Mapeamento de deslizamentos

Utilizando imagens de satélite e cartas topográficas como base cartográfica, realizou-se primeiro um levantamento automatizado via SIG com uso de algoritmos de inteligência artificial para identificação preliminar de 284 feições de deslizamento em todo o município. Em seguida, as equipes de campo georreferenciaram cada ponto com receptor GPS de alta precisão, registrando coordenadas, dimensão estimada e características geomorfológicas.

Foram realizadas 167 vistorias técnicas, nas quais cada ocorrência de movimento de massa foi avaliada segundo critérios de:

- Tipo de mecanismo (fluxo de detritos, planar, circular);
- Elementos de instabilidade (declividade, litologia, pedologia, drenagem);
- Potencial de dano à vida e infraestrutura.

Os dados foram registrados nas fichas de campo padronizadas, totalizando vistoria em 173 locais de risco e definição de 49 pontos críticos para ações emergenciais. Esses 49 pontos foram revisitados



2025

posteriormente por equipes com maior senioridade, incluindo pontos de estradas e rodovias, que aplicaram um segundo formulário com os seguintes itens:

- Ponto; Localidade; Coordenadas; Responsável; Ações Emergenciais; Necessita ações de médio/longo prazo?; Investigação geotécnica necessária?; Quais as soluções possíveis para médio/longo prazo?

## 2.4 Processamento de dados e produção cartográfica

Na base de operações, os formulários foram digitados em ambiente SIG (QGIS e ArcGIS), onde se empregaram:

- Modelo Digital de Terreno (MDT) para derivação de mapas de declividade e elaboração de Modelo Numérico do Terreno;
- Dados pedológicos (Embrapa) e geológicos (CPRM) para elaboração dos mapas de litologia e solo;
- Análise de suscetibilidade a deslizamentos por meio de combinação ponderada dos mapas de declividade, MDT, litologia e dados de campo (probabilidade e grau de risco remanescente)

## 2.5 Critérios e ferramentas de análise

- Escalas de risco: as áreas foram classificadas em iminente, alto, médio e baixo com base no potencial de rompimento e exposição de pessoas/propriedades.
- Ferramentas: QGIS, ArcGIS, receptores GNSS, trenas e estacas para monitoramento visual; formulários no Excel; softwares de inteligência artificial acoplados ao SIG.
- Validação: cruzamento dos resultados com registros pluviométricos do INMET e observações locais para verificar coerência temporal entre picos de chuva ( $> 300$  mm em 72 h) e eventos de deslizamento.

Dessa forma, a metodologia adotada privilegiou a rápida mobilização de equipes multidisciplinares, o uso de protocolos padronizados e a integração entre dados de campo e modelagem em SIG, garantindo agilidade e confiabilidade no diagnóstico e na formulação de ações emergenciais.

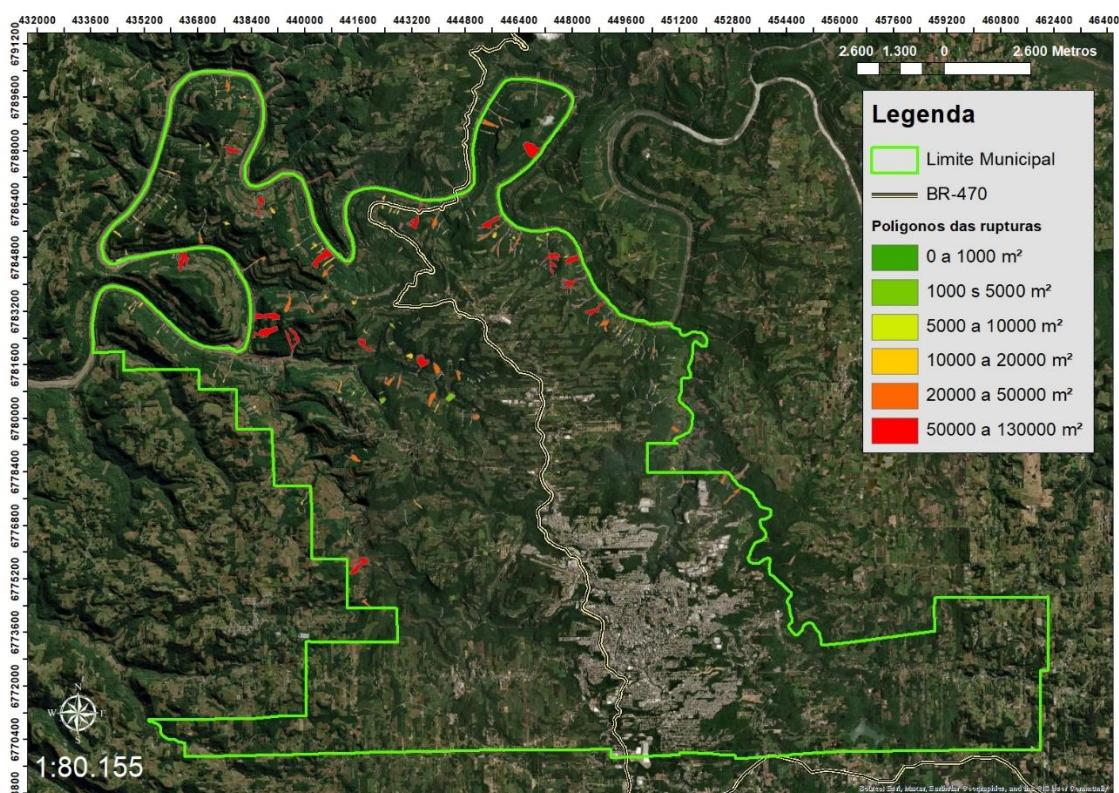


Figura 1. Localização das cicatrizes das áreas atingidas no município.



Figura 2. Equipes de trabalho do núcleo de riscos geológicos de Bento Gonçalves.



Figura 3. Alguns deslizamentos vistoriados pelas equipes de trabalho do NRG

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados por meio de geoprocessamento de imagens 284 deslizamentos de grandes magnitudes que deixaram cicatrizes ao longo de todo o município, dos quais 167 puderam ser acessados pelas equipes, seja por terra, por água ou por ar, incluindo casos em que foi necessário (Figura 1). Estes deslizamentos se concentraram na porção norte do município, onde também coincide a presença de contato de litologias, pedologias e uma declividade mais acentuada (Figura 4). Estas características aliadas com o elevada



2 0 2 5

pluviosidade em pouco tempo foi o gatilho para o acionamento dos mecanismos que geraram os escorregamentos e deslizamentos.

Os resultados dos formulários aplicados começaram a ser processados e com isso foram obtidos os primeiros dados que nos indicaram inicialmente quais eram os mecanismos presentes nos deslizamentos da área atingida. 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 elevada mobilidade (BARBOSA, PAULA; SCHAEFFER, 2025).

Dos 167 deslizamentos vistoriados, mais de 60 foram classificados como risco alto, assim como mais de 70 pontos foram considerados como muito provável ou iminente as condições para ocorrências de novas movimentações, desses, 49 pontos coincidiram como risco alto e muito prováveis ou iminentes para novas movimentações e foram revisitados por técnicos com maior senioridade (Figura 5).

Após todas as vistorias foram definidas as ações emergenciais em cada ponto vistoriado com foco nos pontos críticos. As ações incluíam desde medidas simples como retaludamento, limpeza das vias e remoção de blocos e pedras até ações mais complexas de contenção que exigiram que o poder público realização investigações geotécnicas mais profundas. Algumas equipes de maior senioridade também se dedicaram a casos específicos que demandavam uma investigação mais aprofundada como o caso em que houve um escorregamento com queda de blocos e rastejos na área de uma barragem de reservatório de água da concessionária de abastecimento.

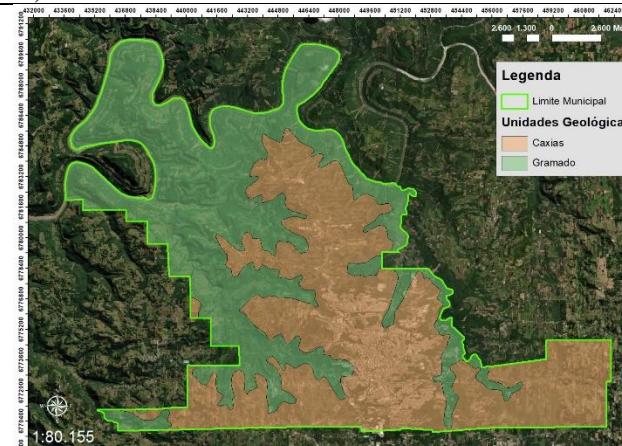
Uma importante observação é que quando cruzamos os dados dos pontos onde foram realizadas vistorias em relação a localização das cicatrizes, verificou-se que a maioria dos pontos não estavam exatamente no mesmo local das cicatrizes, principalmente os pontos em que foram classificados como risco alto, o que indica que diversos pontos próximos a essas cicatrizes apresentavam risco elevada de ruptura e por isso tiveram atenção dos técnicos voluntários (Figura 6).

Em outra frente houve empresas e voluntários que trabalharam no monitoramento dessas áreas de risco através do uso de equipamentos como radares interferométricos, pluviômetros, tiltímetros, crack meters, entre outros que nos contribuíram na previsibilidade de possíveis novos escorregamentos. Esse monitoramento ocasionou a título de exemplo no fechamento de estradas e rodovias por dois momentos, além da remoção de famílias em risco e do monitoramento de locais de buscas por desaparecidos auxiliando na segurança das equipes de busca e resgate que trabalhavam com máquinas pesadas nos locais de interesse. Todo esse monitoramento durou 90 dias e gerou um conjunto expressivo de dados que não pôde ser compilado aqui no presente estudo, mas estarão em diversos estudos e artigos que estão em curso ainda.

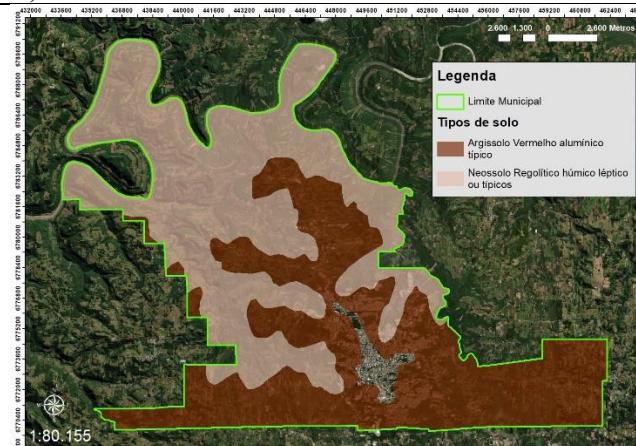


2 0 2 5

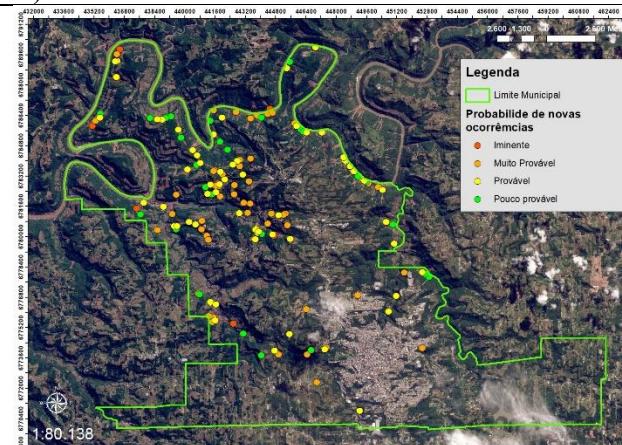
A)



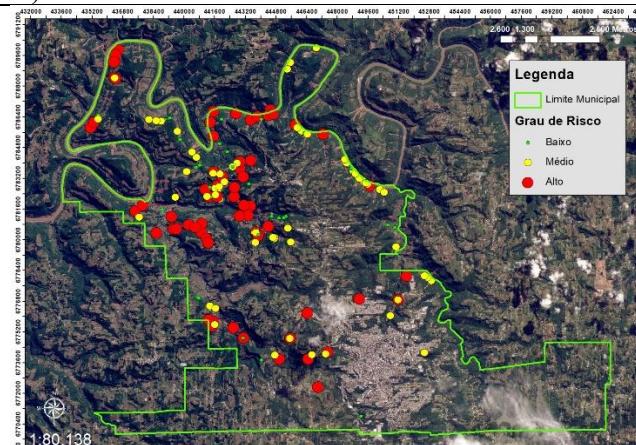
B)



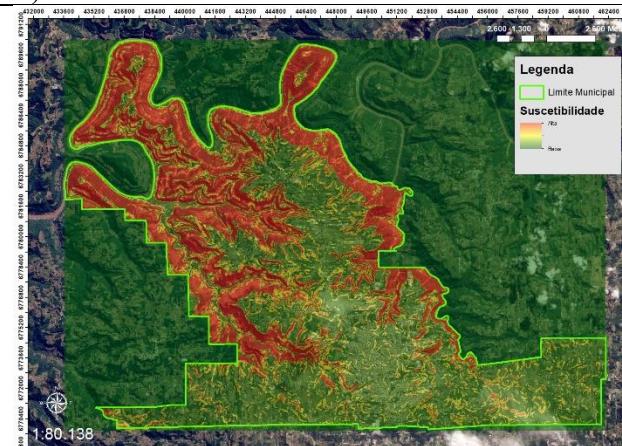
C)



D)



E)



F)

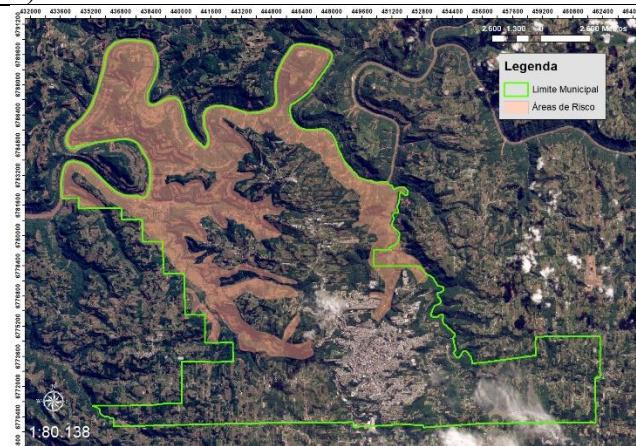


Figura 4. A) Mapa Geológico da área do município; B) Mapa Pedológico da área do município; C) Probabilidade de novas ocorrências de pontos vistoriados; D) Classificação de Risco Geológico nos pontos vistoriados; E) Mapa de suscetibilidade gerado a partir do cruzamento de informações de campo e de geoprocessamento; F) Mapa de áreas de risco sem nenhuma classificação, gerado para definir zonas de evacuação durante o desastre climático de Maio de 2024.



Cruzamento: Grau de Risco vs Probabilidade de Novos Deslizamentos

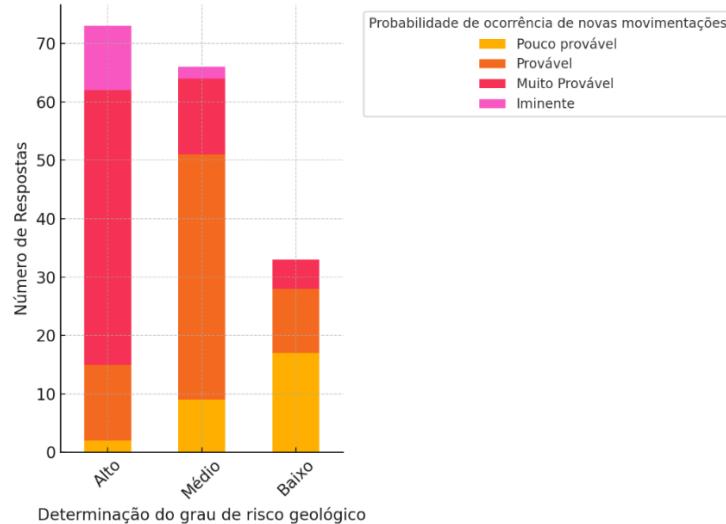


Figura 5. Gráfico de cruzamento de dados entre probabilidade de novas ocorrências e grau de risco geológico.

Pontos Dentro vs Fora de Cicatrizes por Grau de Risco

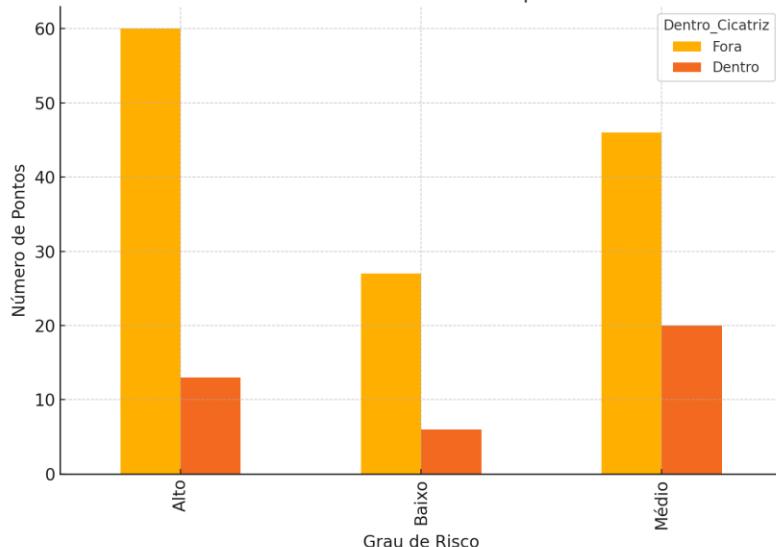


Figura 6. Gráfico de cruzamento espacial entre o grau de risco e a localização dos pontos vistoriados em relação as cicatrizes.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho evidenciou a eficiência e o caráter inovador do Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves (NRG-BG) como uma ação pioneira de voluntariado técnico em resposta aos deslizamentos desencadeados pelas chuvas extremas de maio de 2024. A articulação rápida de dezenas de geólogos e engenheiros geotécnicos, distribuídos em equipes de campo e de apoio em SIG, possibilitou o mapeamento de 284 feições de deslizamento, a realização de 167 vistorias e a classificação do grau de risco de forma padronizada, subsidiando diretamente as ações de Defesa Civil para evacuação, interdição de áreas e orientações emergenciais.

Ressalta-se que o caráter voluntário e multidisciplinar do NRG-BG garantiu:



2 0 2 5

- Mobilização imediata de recursos humanos especializados, sem a necessidade de contratação emergencial;
- Flexibilidade metodológica, com protocolos adaptáveis às condições de acesso e segurança em campo;
- Integração entre dados de campo e modelagem espacial, fornecendo diagnósticos robustos mesmo em cenários de urgência;
- Foco na reconstrução pós-desastre, ao orientar medidas que vão desde a limpeza de vias até investigações geotécnicas aprofundadas.

Tal esforço colaborativo não apenas atendeu às demandas imediatas de resposta e recuperação, mas também gerou um relatório sistematizado que pode servir de referência para ações similares em outras localidades vulneráveis. É recomendável, portanto, que essa experiência seja incorporada oficialmente aos planos de contingência municipais e estimule a criação de núcleos de risco voluntários em outros municípios com histórico de eventos críticos, fortalecendo a resiliência territorial frente a desastres naturais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, ValeGeo Geologia Ambiental, Arcgeo Geologia, FGS Geotecnica, 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 BIBLIOGRÁFICAS

- Armesto, M. et al. *Avaliação dos fatores de risco de deslizamentos em áreas urbanas*. Revista Geotécnica Brasileira, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 45–60, 2018.
- Barbosa, L. R. N.; Paula, T.; Scheffer, A. *Mecanismos dos deslizamentos de terra ocorridos na catástrofe climática de maio de 2024 em Bento Gonçalves-RS*. 18º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Belo Horizonte, 2025.
- Cunha, F.; Pereira, L. *Importância do mapeamento rápido de riscos geológicos na defesa civil*. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Porto Alegre, p. 123–130, 2017.
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.
- Environmental Systems Research Institute – ESRI. *ArcGIS Desktop*. Redlands, CA: ESRI, 2023.
- Instituto Nacional De Meteorologia - INMET. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- Martins, A.; Silva, R. *Susceptibilidade a deslizamentos no Rio Grande do Sul: metodologia e aplicação*. Revista Brasileira de Geociências, Brasília, v. 30, n. 1, p. 15–27, 2020.
- Núcleo De Riscos Geológicos De Bento Gonçalves. *Relatório Final de Mapeamento de Riscos Geológicos de Maio de 2024*. Bento Gonçalves: Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, 2024.
- Qgis Development Team. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- Serviço Geológico Do Brasil – CPRM. *Carta Geológica do Rio Grande do Sul*. Brasília: CPRM, 2019.