

**IMPACTO DOS MOVIMENTOS DE MASSA NAS PROPRIEDADES RURAIS NO  
MEGA DESASTRE DECORRENTE DO ACUMULADO DE CHUVAS NA ENCOSTA  
SUL DO PLANALTO MERIDIONAL / RIO GRANDE DO SUL, ENTRE 27/04 E 13/05  
DE 2024**

Eléia **Righi**<sup>1</sup>, Clódís de Oliveira **Andrades Filho**<sup>2</sup>, Guilherme Garcia de **Oliveira**<sup>3</sup>

(1 – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Professora adjunta, [eleia-righi@uergs.edu.br](mailto:eleia-righi@uergs.edu.br); <https://orcid.org/0000-0002-2766-8719>; 2 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [clodisfilho@gmail.com](mailto:clodisfilho@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-8050-6719>; 3 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [g.g.oliveira10@gmail.com](mailto:g.g.oliveira10@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-4197-5704>)

**Resumo:** No mês de maio do ano de 2024, o Rio Grande do Sul (RS) decretou estado de calamidade pública após ser severamente afetado por um evento extremo meteorológico de chuvas intensas, gerando movimentos de massa, inundações e enxurradas. Assim, esse estudo corrobora com a análise do impacto dos movimentos de massa nas propriedades rurais do mega desastre decorrente do acumulado de chuvas na Encosta Sul do Planalto Meridional do Estado do RS, entre 27/04 e 13/05 do ano de 2024. Na metodologia foram utilizadas diversas bases de dados que foram organizados na extensão *shapefile*, como os polígonos dos movimentos de massa, os polígonos das propriedades rurais, os limites dos municípios desse estudo e o uso e ocupação do solo. Além disso, foi possível relacionar as ocorrências de movimentos de massa a seus impactos econômicos diretos e indiretos nas propriedades rurais. Nesse sentido, os movimentos de massa tiveram características de ampla distribuição nas propriedades rurais dos 150 municípios analisados, atingindo um número aproximado de 10.212 matrículas. Cerca de 88%, possuíam de 1 a 3 registros de movimentos de massa na matrícula. Os três municípios que apresentaram a maior quantidade de propriedades atingidas foram: Veranópolis, Bento Gonçalves e Caxias do Sul. O evento causou devastação de áreas agrícolas, destruindo plantações e pastagens, impactando diretamente a safra 2024/2025, e afetando a cadeia de suprimentos local e nacional. Portanto, serão necessárias políticas públicas para a redução de

risco de movimentos de massa, para dar suporte ao desenvolvimento de práticas sustentáveis de gestão e uso do solo.

**Palavras-chave:** Agricultura; Infraestrutura; Solos; Perdas.

**IMPACT OF LANDSLIDES ON RURAL PROPERTIES IN THE MEGA DISASTER  
RESULTING FROM ACCUMULATED RAINFALL ON THE SOUTHERN SLOPE  
OF THE SOUTHERN PLATEAU / RIO GRANDE DO SUL, BETWEEN 04/27 AND  
05/13, 2024**

**Abstract:** In May 2024, Rio Grande do Sul (RS) declared a state of public calamity after being severely affected by an extreme meteorological event involving intense rainfall, generating landslides, flooding, and flash floods. Thus, this study corroborates the analysis of the impact of landslides on rural properties of the mega-disaster resulting from accumulated rainfall on the Southern Slope of the Southern Plateau of the state of RS, between April 27th and May 13th, 2024. The methodology used several databases organized in shapefile format, including landslides polygons, rural property polygons, the boundaries of the municipalities in this study, and land use and occupation. Furthermore, it was possible to relate landslides occurrences to their direct and indirect economic impacts on rural properties. In this sense, landslides were widely distributed across rural properties in the 150 municipalities analyzed, affecting approximately 10,212 registrations. Approximately 88% had one to three records of landslides on their registration. The three municipalities with the largest number of affected properties were Veranópolis, Bento Gonçalves, and Caxias do Sul. The event devastated agricultural areas, destroying crops and pastures, directly impacting the 2024/2025 harvest and affecting the local and national supply chain. Therefore, public policies will be needed to reduce the risk of landslides and support the development of sustainable land use and management practices.

**Keywords:** Agriculture; Infrastructure; Soils; Losses.

**IMPACTO DE LOS MOVIMIENTOS DE MASIVAS EN PROPIEDADES RURALES  
EN EL MEGA DESASTRE RESULTANTE DE LAS LLUVIAS ACUMULADAS EN  
LA LADERA SUR DE LA MESETA SUR / RIO GRANDE DO SUL, ENTRE EL 27/04  
Y EL 13/05 DE 2024**

**Resumen:** En mayo de 2024, Rio Grande do Sul (RS) declaró estado de calamidad pública tras verse gravemente afectado por un evento meteorológico extremo que incluyó intensas lluvias, generando movimientos en masa, inundaciones y crecidas repentinas. Por lo tanto, este estudio corrobora el análisis del impacto de los movimientos en masa sobre las propiedades rurales del megadesastre resultante de las lluvias acumuladas en la Vertiente Sur de la Meseta Sur del estado de RS, entre el 27 de abril y el 13 de mayo de 2024. La metodología empleó diversas bases de datos organizadas en formato shapefile, incluyendo polígonos de movimientos en masa, polígonos de propiedades rurales, los límites de los municipios de este estudio y el uso y ocupación del suelo. Además, fue posible relacionar la ocurrencia de movimientos en masa con sus impactos económicos directos e indirectos en las propiedades rurales. En este sentido, los movimientos en masa se distribuyeron ampliamente entre las propiedades rurales en los 150 municipios analizados, afectando aproximadamente a 10.212 registros. Aproximadamente el 88% tenía de uno a tres registros de movimientos en masa en su registro. Los tres municipios con el mayor número de propiedades afectadas fueron Veranópolis, Bento Gonçalves y Caxias do Sul. El evento devastó áreas agrícolas, destruyendo cultivos y pastos, impactando directamente la cosecha 2024/2025 y afectando la cadena de suministro local y nacional. Por lo tanto, se necesitarán políticas públicas para reducir el riesgo de movimientos en masa y apoyar el desarrollo de prácticas sostenibles de uso y gestión del suelo.

**Palabras clave:** Agricultura; Infraestructura; Suelos; Pérdidas.

## Introdução

Os deslizamentos de terra são os mais devastadores entre os desastres naturais em muitas partes do mundo (Habumugisha *et al.*, 2022). A ocorrência de deslizamentos de terra/massa (*landslides*) é decorrente de múltiplos fatores, como chuvas intensas, terremotos, eventos vulcânicos, elevação, tipo de declive, cobertura vegetal, propriedades do solo e atividades humanas, como construção de estradas, edifícios e práticas agrícolas (Nahayo *et al.*, 2019).

Gariano e Guzzetti (2016), também corroboram que é necessário analisar os diferentes fenômenos que influenciam a estabilidade das encostas e causam deslizamentos de terra no globo, incluindo, grandes volumes de precipitação, derretimento de neve, mudanças de temperatura, tremores de terra, atividade vulcânica e várias ações humanas.

Casagli e Tofani (2025) verificam que os estudos sobre movimentos de massa desempenham um papel fundamental no desenvolvimento sustentável, contribuindo para a avaliação de riscos, redução de riscos de desastres e proteção de comunidades, infraestruturas e ecossistemas.

Esses processos podem resultar em grandes problemas, como fatalidades, ferimentos significativos e danos generalizados nas propriedades rurais e urbanas e também infraestruturas, possuindo um custo bilionário para recuperar as áreas afetadas (Stanley; Kirschbaum, 2017). Devido à complexidade, escopo e destrutividade dos deslizamentos de terra, é necessária uma compreensão abrangente do comportamento dos processos sujeitos a cada gatilho e métodos eficazes para prevenir ou mitigar seus riscos (Fang *et al.*, 2023).

Zhang *et al.* (2024) verificam que analisar e quantificar o processo de deformação de deslizamentos de terra é de suma importância para facilitar o alerta precoce do processo. Já Li *et al.* (2024) salientam que um alerta precoce e eficaz de deslizamentos de terra é essencial para reduzir impactos negativos, assim, os autores propuseram a utilização de uma plataforma em nuvem para geração rápida de taxas e de pontos de deformação característicos para refletir tendências de deslizamento de terra, e aplicaram o método *Comprehensive Standardized Deformation Index* (CSDI) para análise de curva de tempo-deslocamento, que permitiu um alerta precoce de deslizamento de terra rápido e preciso.

Outros autores colocam que também se torna importante verificar como os eventos de precipitação influenciam o padrão e a magnitude da resposta a deslizamentos de massa (Smith *et al.*, 2023; Emberson *et al.*, 2022; Marc *et al.*, 2018). Marc *et al.* (2018) organizaram inventários de deslizamentos (com cerca de 15.000 polígonos) associados a oito tempestades de chuvas desencadeadoras na Ásia, América do Sul e América do Norte. Assim, os autores salientam a importância desse banco de dados de deslizamentos induzidos por chuvas, o que permite estudar uma série de métricas de deslizamentos e suas relações com as propriedades da paisagem.

Um trabalho desenvolvido por Petley (2012) ressalta que os deslizamentos de terra causam vítimas em uma ordem de magnitude maior do que outros desastres indicam, e a maioria das perdas humanas ocorrem na Ásia, especialmente ao longo do Arco do Himalaia e na China. Essa concentração geográfica domina o ciclo anual de deslizamentos de terra, que atinge o pico nos meses de verão do hemisfério norte.

Novellino *et al.* (2024) mostram que mais de 1.000 autores que estudaram quase 700.000 deslizamentos de terra em todos os continentes, para um total de 52 países, utilizaram imagens de satélite para detectar e mapear dois tipos principais de deslizamentos de terra: fluxos e deslizamentos. Além disso, o número de artigos após 2014 foi impulsionado pela disponibilidade de dados do satélite Sentinel-1 e Sentinel-2.

Nos últimos anos, o Brasil, e em especial o Estado do Rio Grande do Sul, tem vivido intensos desastres nas áreas urbanas e rurais, tanto de deslizamentos de terra, quanto de inundações e/ou enxurradas. Neste sentido, já foram organizados diversos métodos de análise com redes neurais artificiais (RNA) e *random forest* (RF) para mapear áreas suscetíveis a movimentos de massa, em algumas bacias hidrográficas do Estado (Quevedo *et al.*, 2019). Portanto, o estudo de Quevedo *et al.* (2019) levou em consideração atributos de elevação, declividade, fator LS (*Slope Length and Steepness Factor*) e profundidade do vale, como determinantes para movimentos de massa.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) preconiza que as mudanças climáticas e os eventos climáticos cada vez mais extremos causaram um aumento nos desastres naturais nos últimos 50 anos, em todo o mundo. Entre os desastres naturais destacam-se as inundações e deslizamentos em áreas urbanas e rurais brasileiras, causando graves prejuízos materiais a população e em alguns casos extremos levando a perdas socioeconômicas (Silva *et al.*, 2022).

No mês de maio do ano de 2024, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) decretou estado de calamidade pública por ser afetado por chuvas intensas ocorridas a partir de 24 de abril de 2024. Conforme a classificação dos desastres em relação a sua intensidade foram considerados de Nível III - caracterizados por danos e prejuízos elevados (Defesa Civil, 2007), pois foi atingido por chuvas intensas, alagamentos, granizo, inundações, enxurradas, deslizamentos e vendavais de grande intensidade.

De acordo com Marengo *et al.* (2024), as inundações sem precedentes de abril a maio de 2024 no Rio Grande do Sul afetaram mais de 90% do Estado, deslocando centenas de milhares de pessoas. O último relatório da Defesa Civil sobre o balanço das enchentes no Estado de 20/08/2024 trouxe 183 óbitos confirmados, 27 desaparecidos, 806 pessoas feridas e 2.398.255 afetados (Defesa Civil, 2024).

O fenômeno *El Niño* Oscilação Sul foi considerado importante para explicar a variabilidade das chuvas observadas e os rios Taquari, Caí, dos Sinos e das Antas aumentaram

os seus níveis em vários metros (alcançando a maior marca histórica já registrada em várias seções monitoradas), inundando inúmeras cidades (Marengo *et al.*, 2024). A nota técnica de Collischonn *et al.* (2024) sinaliza que as chuvas ocorridas superaram amplamente os eventos de precipitação de larga escala mais intensos historicamente observados no Brasil, de 1961 a 2022, pelo menos para áreas de 2.000 a 100.000 km<sup>2</sup> e durações de chuva de 3 a 14 dias.

Conforme o Decreto 57.626, de 21 de maio de 2024, foram registrados 78 municípios em estado de calamidade pública e 340 municípios em situação de emergência (Rio Grande do Sul, 2024), localizados em diversas bacias hidrográficas do Estado. As chuvas intensas e prolongadas inundaram vastas áreas agrícolas, destruindo plantações e pastagens. Esse cenário impactou diretamente a safra atual, resultando em perdas significativas para os produtores e afetando a cadeia de suprimentos local e nacional. A infraestrutura rural também foi gravemente danificada, assim como a logística de entrega de insumos e escoamento da produção, o que deve impactar a produtividade das safras futuras (Bateleur, 2024).

Assim, este estudo buscou corroborar com a análise do impacto dos movimentos de massa nas propriedades rurais no mega desastre decorrente do acumulado de chuvas na Encosta Sul do Planalto Meridional do Estado do Rio Grande do Sul, entre 27/04 e 13/05 do ano de 2024.

## Metodologia

O mapeamento dos movimentos de massa foi conduzido pelo Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), a partir da coordenação do Laboratório Latitude. Após a realização do mapeamento, que foi de aproximadamente 5 meses, todo o material elaborado foi divulgado para a comunidade a partir de notas técnicas (IGEO, 2024).

A região de abrangência de mapeamento dos movimentos de massa, foi de aproximadamente 18 mil km<sup>2</sup>, sendo das bacias hidrográficas Taquari-Antas, Caí, Sinos, Pardo, Alto e Baixo Jacuí e Vacacaí-Mirim.

Assim, as cicatrizes foram delimitadas a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial, por interpretação visual, na composição colorida RGB cor-verdadeira, conforme as



Notas Técnicas Conjuntas do IGEO/CEPSRM 2024 (IGEO, 2024). Portanto, as seguintes bases foram utilizadas:

a) imagens dos satélites *WorldView* concedidas para uso emergencial pela *National GeospatialIntelligence Agency* - NGA / Diretoria de Serviço Geográfico – DSG – Fonte das Imagens *Maxar Technologies* 2024 (resolução espacial: 0,3 m a 0,4 m).

b) imagens concedidas pela Força Aérea do Chile e Força Aérea Brasileira para uso emergencial advindos dos sistemas *EROS C* e *BlackSky* (resolução espacial: 0,9 m);

c) imagens do satélite sino-brasileiro *CBERS 4*, sensor *WPM*, com processamento *pansharpening* (resolução espacial: 2 m) oriundas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil.

Em relação às propriedades que foram atingidas, foi usada a base de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), em formato *shapefile*, levando em consideração os “Perímetros dos Imóveis” e “Remanescente de Vegetação Nativa” (<https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>). Os dados foram obtidos da atualização do dia 12/12/2024.

Para auxiliar na identificação do uso do solo nas cicatrizes, anteriormente ao desastre, foi utilizado o mapeamento do MapBiomias, que inclui os mapas e dados anuais de cobertura e uso da terra do Brasil para o período de 1985 a 2023. Esta coleção é fruto de muitos anos de trabalho do projeto MapBiomias e está em constante desenvolvimento (Souza *et al.*, 2020).

Essa etapa foi importante, pois o Cadastro Ambiental Rural (CAR) ainda não está completamente concluído no Brasil e nos Estados. A inscrição no CAR é o primeiro passo para obtenção da regularidade ambiental do imóvel e contempla diversos documentos e informações georreferenciadas do perímetro do imóvel. Neste sentido, o registro inclui o perímetro do imóvel, a localização das áreas de preservação permanente (APP), da reserva legal, das áreas de uso consolidado e da vegetação nativa.

Os limites dos municípios utilizados foram os últimos disponíveis no site do IBGE, do ano de 2023. A utilização desses limites garante que a análise reflita a configuração territorial mais recente do país, o que é crucial para atividades de planejamento e gestão.

Os temas foram organizados na extensão *shapefile*, que consiste no formato vetorial mais utilizado no mundo inteiro, cujo uso é permitido nos mais diversos *softwares* de geoprocessamento. A compilação dos resultados entre os movimentos de massa, propriedades

rurais e uso e ocupação do solo foi elaborada utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) *software* ArcGis. A organização de um Banco de Dados Geográficos (ou Geodatabase) dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é fundamental para o planejamento e a gestão territorial.

Em função da grande quantidade de dados gerados em planilhas do SIG, foram utilizadas tabelas dinâmicas no *software* Excel, as quais resumiram as informações processadas a fim de fornecer uma análise sintetizada e clara.

Este trabalho também teve o auxílio de vários relatórios de perdas agrícolas, disponibilizados por empresas públicas e privadas do Estado do Rio Grande do Sul. Assim, não se limitou apenas ao geoprocessamento e o sensoriamento remoto. Ao incorporar esses relatórios, relacionou as ocorrências de movimentos de massa a seus impactos econômicos diretos e indiretos nas propriedades rurais dos 150 municípios analisados neste estudo.

## Resultados e Discussões

Em relação às precipitações que ocorreram, Collischonn *et al.* (2024) verificaram que uma grande área no Estado do RS coberta por isoietas de precipitação acumulada de quatorze dias foi no intervalo de 400 a 900 mm, considerando a precipitação de 29 de abril a 12 de maio de 2024.

De acordo com Paiva *et al.* (2024) foram observados acumulados de mais de 400 mm em menos de 2 semanas, superiores a 700 mm em muitas regiões e maiores de 1000 mm em alguns casos. Em muitos locais, neste curto intervalo de tempo, choveu cerca de 40% do volume médio anual. O mês de maio de 2024 foi o mês mais chuvoso no Rio Grande do Sul desde 1910, e as maiores chuvas ocorreram na Região Hidrográfica do Guaíba entre os dias 30 de abril e 1º de maio, com estações apresentando mais de 300 mm/dia, e entre os dias 10 e 13 de maio choveu até 100 mm/dia (Marengo *et al.*, 2024).

Estas precipitações elevadas causaram cheias rápidas com grande elevação de níveis e velocidade na região da Serra Gaúcha, inundação com grande extensão espacial e elevada duração (semanas) na Região Metropolitana de Porto Alegre, além de inúmeros movimentos de massa em vários municípios do Estado (Paiva *et al.*, 2024).

No que diz respeito aos movimentos de massa, da Nota Técnica Conjunta IGEO/CEPSRM - 06/2024, o número de cicatrizes mapeadas foi de 15.376 e o número de



pontos de ruptura, que demarcam o topo do movimento de massa, foi de 16.862, o que define o número total de movimentos de massa (IGEO, 2024).

Conforme o relatório citado da Nota Técnica Conjunta IGEO/CEPSRM - 06/2024, foram atingidos 150 municípios da Encosta Sul do Planalto Meridional do Estado do Rio Grande do Sul, entre 27/04 e 13/05 do ano de 2024 (Figura 01). E a área total mapeada com cicatrizes foi de 7.776,85 hectares. A quantidade de propriedades afetadas por movimentos de massa soma, aproximadamente, um total de 10.212 matrículas rurais registradas, independentemente da quantidade de cicatrizes encontradas por propriedade.

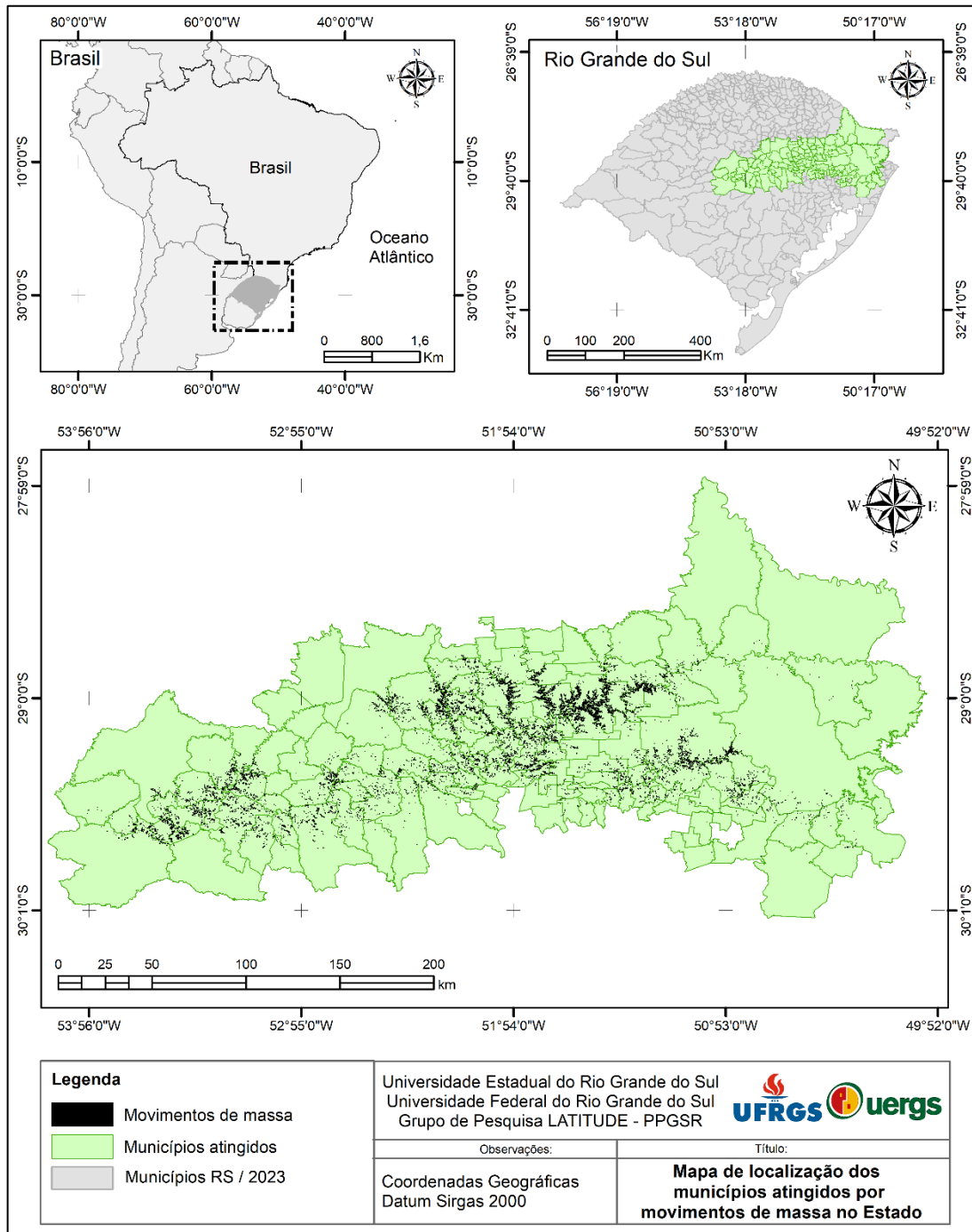
Ressalta-se que foram consideradas somente as propriedades disponibilizadas no SICAR, mesmo sendo o Cadastro Ambiental Rural (CAR) uma determinação da Lei Federal 12.651 de 2012 (Brasil, 2012). Neste sentido, a quantidade de propriedades rurais atingidas por movimentos de massa pode ser aproximadamente 20% maior, em relação aos dados apresentados neste estudo.

O CAR é obrigatório e consiste em um registro público eletrônico das informações ambientais dos imóveis rurais que tem como finalidade promover a identificação e integração destas informações, visando o planejamento ambiental, monitoramento, combate ao desmatamento e regularização ambiental (Brasil, 2012).

Das 10.212 propriedades rurais atingidas, cerca de 88% apresentaram de 1 a 3 registros de movimentos de massa na matrícula (Figura 02). O maior número verificado foi de 5.543 propriedades rurais com somente uma cicatriz mapeada. O que demonstrou um cenário de crise decorrente do excesso de chuvas, que prejudicou as culturas estabelecidas no período, bem como danificou as infraestruturas domiciliares e produtivas.

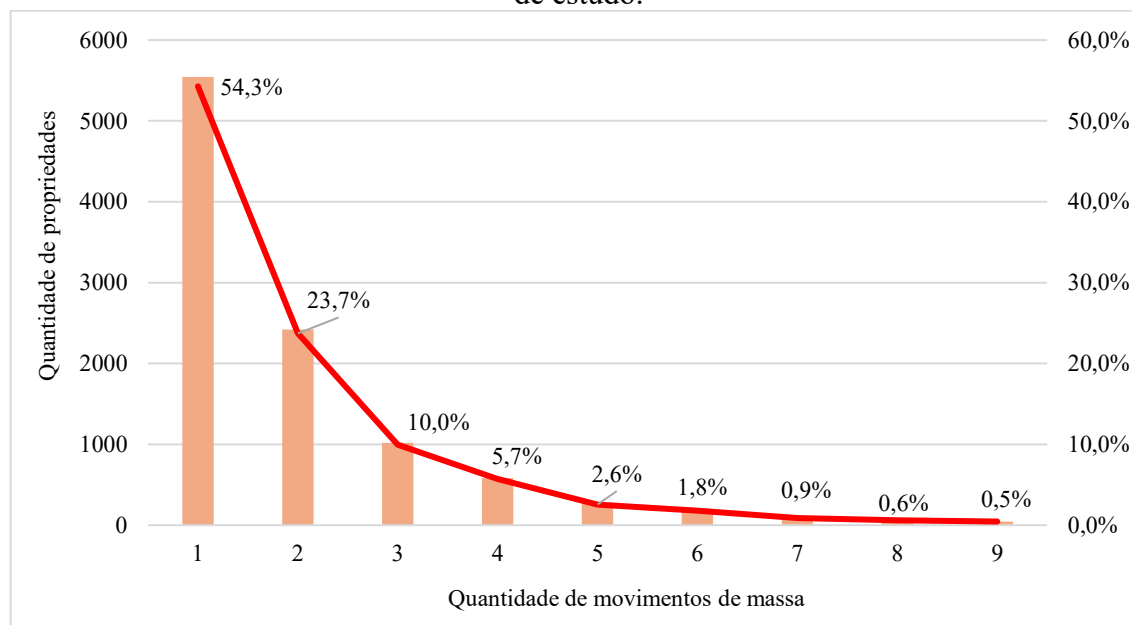
Cabe frisar que vários autores, há décadas, no mundo inteiro, organizaram estudos teóricos e aplicados/práticos sinalizando que os movimentos de massa são processos de evolução da paisagem condicionados por fatores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos e da cobertura vegetal (Varnes, 1984; Bigarella *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2019). Portanto, muitos estudos ainda serão necessários para determinar novos parâmetros para a ocorrência de movimentos de massa no Estado do RS.

Figura 01: Mapa de localização dos municípios atingidos por movimentos de massa na área de estudo no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autores (2025).

Figura 02: Relação entre a quantidade de movimentos de massa por propriedade rural da área de estudo.



Fonte: Autores (2025).

Em relação aos conceitos que são utilizados sobre desastre, risco, vulnerabilidade e perigo, muitos autores já se debruçaram em organizar de forma clara e objetiva. Portanto, o trabalho de Riffel, Guasselli e Bressani (2016) ressalta que apesar de não existir um consenso em relação aos conceitos utilizados pelos diversos órgãos de pesquisa e de defesa civil, é possível entender o que significa cada um deles.

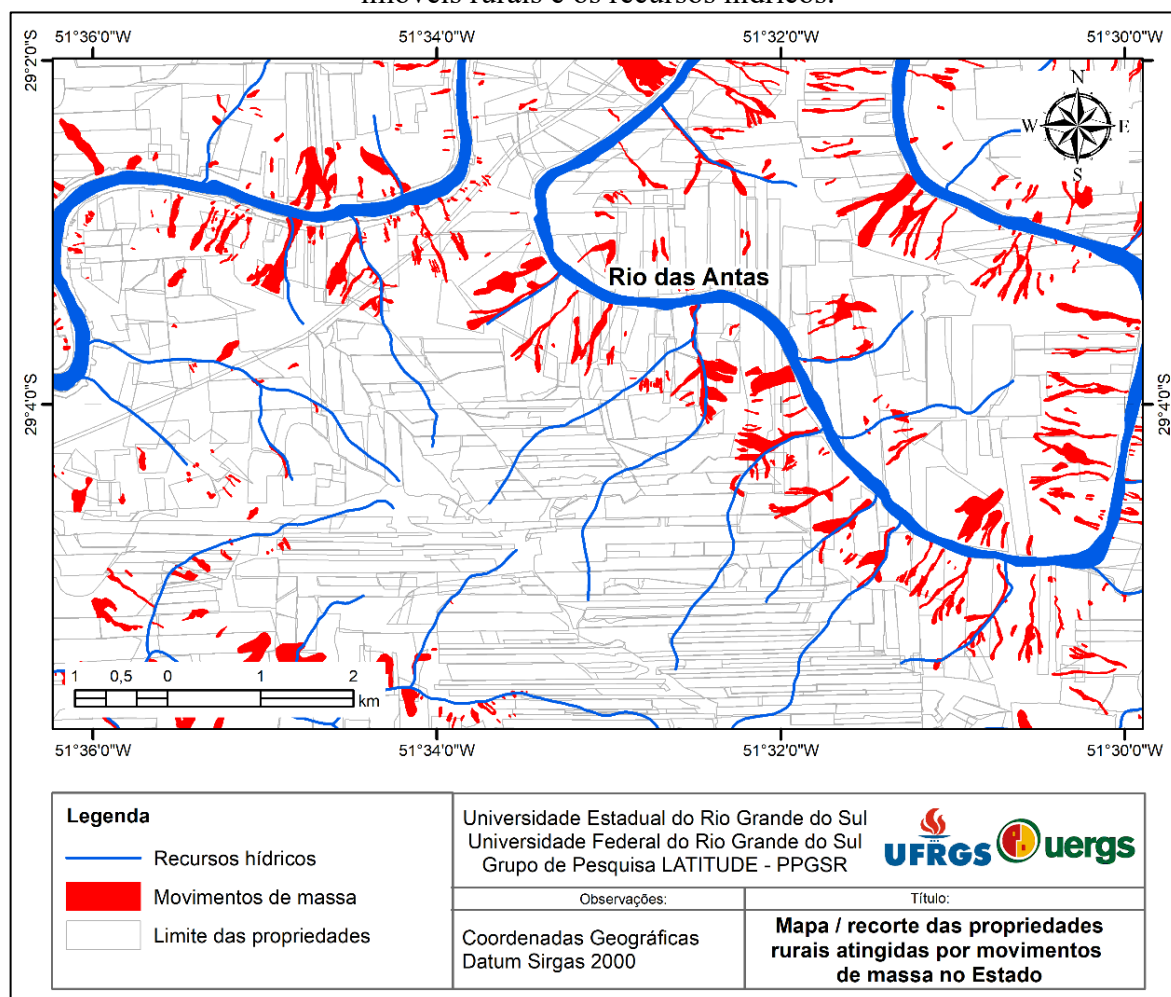
No trabalho desenvolvido por Semnani *et al.* (2025), os pesquisadores analisaram novos parâmetros para a ocorrência de movimentos de massa na Califórnia – EUA, pois ocorreram deslizamentos generalizados neste local, como resultado da precipitação extrema de inverno. Os autores salientam que é necessária uma nova estrutura de modelagem orientada por dados e um catálogo global de deslizamentos para desenvolver projeções de suscetibilidade a deslizamentos em diferentes cenários de mudanças climáticas. Assim, estimar a evolução regional do risco de movimentos de massa em um clima em mudança é essencial para o planejamento de adaptação e esforços de mitigação de risco.

Segundo Riffel, Ruiz e Guasselli (2016), os mapeamentos de suscetibilidade em relação aos movimentos de massa são muito importantes, pois consistem em uma predição de áreas onde é necessária maior atenção em relação à possibilidade de ocorrência de desastres. Mapeamentos consistentes desse tipo é uma ferramenta para o planejamento e a gestão do risco

de fenômenos geológicos, o que possibilita o desenvolvimento de medidas eficazes à prevenção, proteção e mitigação dos impactos (Neto *et al.*, 2024).

No mapa da figura 03 é observado somente um pequeno recorte da área total estudada, pois tornou-se difícil representar neste estudo em escala adequada o mapeamento total realizado. Outros trabalhos publicados também trazem recortes de mapeamentos, quando as áreas atingidas são muito grandes, normalmente acima de 1 km<sup>2</sup> (Quevedo; Oliveira; Guasselli, 2020).

Figura 03: Recorte do mapeamento, levando em consideração os movimentos de massa, os imóveis rurais e os recursos hídricos.



Fonte: Autores (2025).

Guo *et al.* (2024) ressaltam que em escalas médias (1:10.000 – 1:50.000) mais informações podem ser citadas no inventário de movimentos de massa, pois a área de teste do

estudo dos autores foi menor, permitindo investigações mais detalhadas, incluindo área de iniciação, área de acumulação e tamanho. Também é comum identificar os limites reais (formatos irregulares) de deslizamentos de terra, especialmente com o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto e drones (Guo *et al.*, 2024).

Pesquisas inovadoras com o uso de sensoriamento remoto e análise geoespacial, oferecem novas ferramentas para sistemas de alertas precoce que podem melhorar significativamente a preparação e a resposta a movimentos de massa (Casagli; Tofani, 2025).

Em relação a quantidade de propriedades rurais atingidas por municípios, na tabela 01, é apresentado somente os municípios que tiveram mais de 400 matrículas impactadas por movimentos de massa, independentemente da quantidade de cicatrizes por propriedade, sendo um total de 18 municípios. Assim, os três municípios que apresentaram a maior quantidade de propriedades atingidas foram: Veranópolis, Bento Gonçalves e Caxias do Sul. Conforme dados da nota técnica do IGEO / UFRGS, o levantamento cobriu 150 municípios atingidos por movimentos de massa na Região Hidrográfica do Guaíba (IGEO, 2024).

Tabela 01: Quantidade de propriedades rurais atingidas por movimentos de massa por municípios (somente acima de 400).

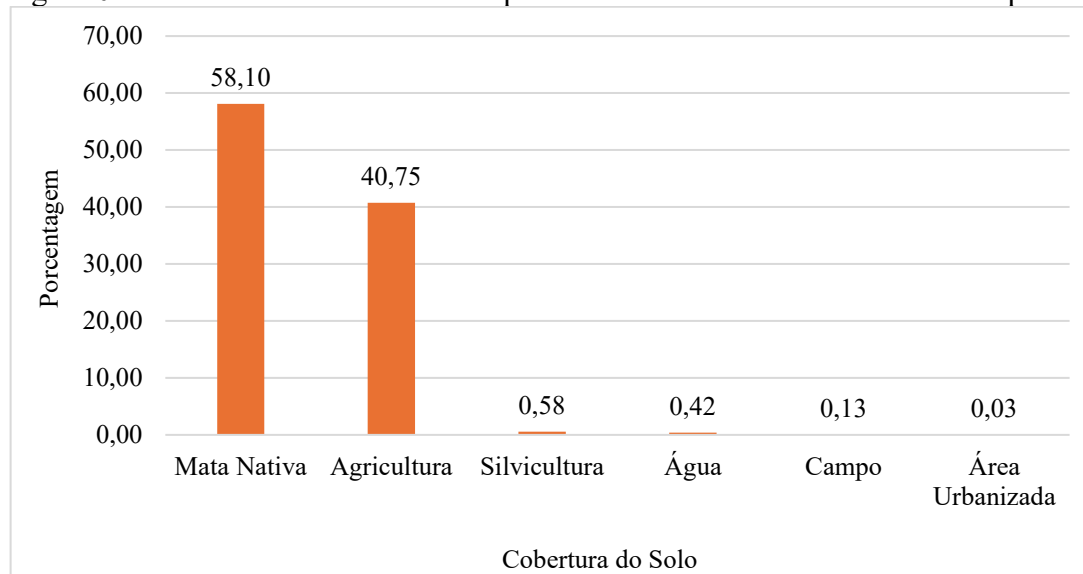
| Municípios         | Propriedades Rurais Atingidas por Movimentos de Massa |
|--------------------|---|
| Veranópolis        | 1180  |
| Bento Gonçalves    | 1101  |
| Caxias do Sul      | 853   |
| Cotiporã           | 678   |
| Pinto Bandeira     | 675   |
| Agudo              | 651   |
| Roca Sales         | 641   |
| Nova Petrópolis    | 562   |
| Putinga            | 514   |
| Fontoura Xavier    | 512   |
| Nova Roma do Sul   | 502   |
| Antônio Prado      | 480   |
| Ibarama            | 460   |
| Candelária         | 422   |
| Anta Gorda         | 419   |
| Silveira Martins   | 416   |
| Santa Tereza       | 411   |
| Faxinal do Soturno | 402   |

Fonte: Autores (2025).

O uso do solo nas cicatrizes anteriores ao desastre das cicatrizes foi analisada considerando os dados do SICAR e também do MapBiomas. Em relação aos dados disponíveis no SICAR, foi usado somente a categoria “Remanescente de Vegetação Nativa”, registrando 3.207,11 hectares, sendo 41,24% do total da área atingida. Ressalta-se que esses valores obtidos de “Remanescente de Vegetação Nativa” foram subestimados, pois uma parcela significativa dos polígonos de movimentos de massa não foi associada a nenhum tipo de registro de matrículas de propriedades.

Já em relação aos usos, considerando o MapBiomas, foi possível verificar 100% dos movimentos de massa, assim foi registrado 58,10% de mata nativa (4.474,74 hectares) e 40,75% na classe de agricultura (3.138,54 hectares). Também foi classificada a silvicultura, a água, o campo e a área urbanizada, que tiveram uma representação menor em relação às outras classes de uso (Figura 04).

Figura 04: Uso do solo conforme o MapBiomas nos movimentos de massa mapeados.



Fonte: Autores (2025).

No estudo desenvolvido por Behling, Nummer e Scoti (2020), no município de Agudo / RS, os autores também verificaram que a vegetação na área dos movimentos de massa foram predominantemente arbórea de porte médio a alto. E o relevo possuía características de escarpado com perfil côncavo, e plano de curvatura divergente.

Portanto, Behling, Nummer e Scoti (2020) indicam em períodos anteriores ao ano de 2020, que os fatores mais significativos para ocorrer movimentos de massa no município de



Agudo foram a declividade, contatos entre diferentes tipos de rochas e contato do colúvio com o solo residual (neossolo) ou rocha sedimentar alterada. Neste sentido, a vegetação arbórea, independentemente de ser nativa ou plantada, não é o principal fator para a ocorrência de movimentos de massa em episódios de precipitação muito intensa.

Ainda que seja reconhecida a capacidade das florestas de reduzir processos erosivos em eventos de precipitação recorrentes (Schmaltz; Steger; Glade, 2017), a cobertura florestal não consegue impedir a ocorrência de movimentos de massa quando um determinado limiar de precipitação é excedido, seja em altura acumulada ou intensidade.

Chen *et al.* (2023) desenvolveram modelos para avaliar a suscetibilidade a deslizamentos de terra em áreas cobertas por florestas (nogueira-pecã, bambu, coníferas, madeira de lei e arbustos) em Lin'an, sudeste da China, e verificaram que as plantações de nogueira-pecã produziram a maior probabilidade de deslizamento de terra, enquanto as florestas de coníferas e madeira de lei tiveram os valores mais baixos. Portanto, para os autores as informações sobre a cobertura florestal são essenciais para prever deslizamentos nessas áreas, e a conversão de florestas naturais em áreas agrícolas pode aumentar o risco de deslizamentos.

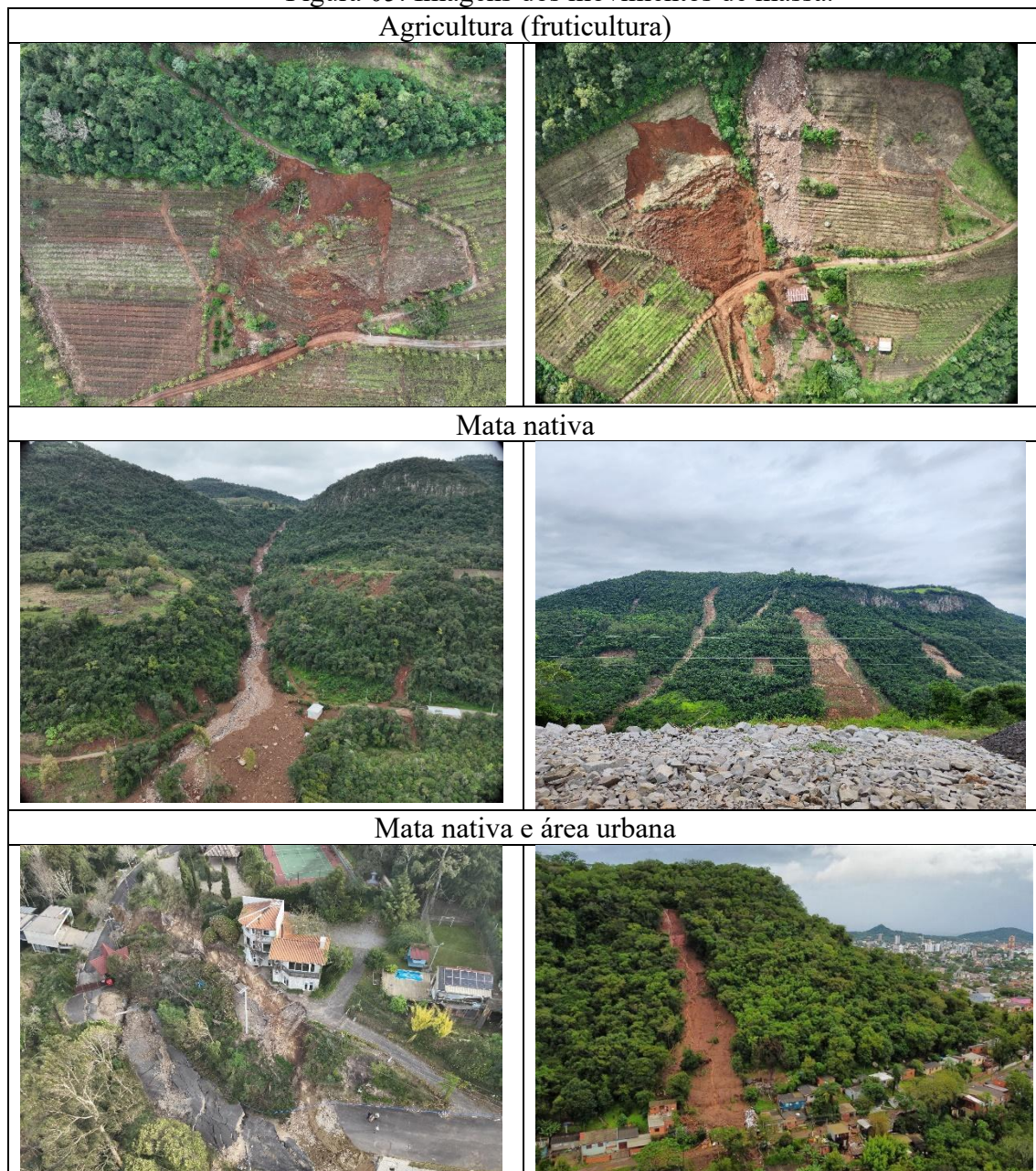
Nos trabalhos de campo realizados pelo IGEO/CEPSRM/UFRGS foram obtidos vários registros das áreas atingidas, que estão representados na figura 05. Na Serra Gaúcha, a principal cultura afetada foi a fruticultura e conforme o Relatório de Perdas de vinhedos dos associados à Cooperativa Vinícola Aurora, foi possível verificar que 86 propriedades rurais das 1,1 mil famílias associadas à Cooperativa foram atingidas, em diferentes níveis de prejuízos, pelos deslizamentos ocasionados pelas chuvas. O montante representa 7,82% do total de produtores cooperados (Cooperativa Vinícola Aurora, 2024).

Ainda, conforme esse Relatório de Perdas as propriedades atingidas estão nos municípios de Bento Gonçalves, Cotiporã, Veranópolis, São Valentim do Sul e Monte Belo do Sul. Do total de 3.000 hectares de cooperados, 75 ha foram danificados em diferentes graus, sendo que 50 ha tiveram danos maiores. Nenhum cooperado teve perdas totais dos parreirais, porém, um dos associados chegou a ter 70% do vinhedo levado por um deslizamento de terra. A Vinícola calcula um custo para reconstrução de vinhedos que pode chegar a R\$ 150 mil por hectare (Cooperativa Vinícola Aurora, 2024).

A Emater do município de Bento Gonçalves estimou um prejuízo de R\$ 27.068.712,00, deste valor um montante de R\$ 7.500.000,00, somente para os vinhedos. Até o momento do

recebimento do Relatório de Perdas da Emater de Bento Gonçalves já tinham sido contabilizadas 157 propriedades com “graves perdas agrícolas”. A Emater prevê um valor de R\$ 15.000.000,00 de horas máquinas somente para reestruturação de pomares e lavouras (Emater Bento Gonçalves, 2024).

Figura 05: Imagens dos movimentos de massa.



Fonte: Disponibilizadas pelo IGEO/CEPSRM (2024).

Também 1.300 km de estradas vicinais em todo o município foram seriamente danificadas, com várias pontes levadas pela enxurrada. A catástrofe destruiu uma das principais estradas que permite acesso à região Norte do Estado, a BR/470. Os deslizamentos ocasionaram destruição de asfalto, de casas e empreendimento à beira da rodovia e, um grande deslizamento próximo à Ponte do Imigrante, na divisa com o Município de Veranópolis, ocasionou o soterramento de pessoas que estavam naquele local (Emater Bento Gonçalves, 2024).

No município de Bento Gonçalves, os distritos de Faria Lemos e Tuiuty ficaram sem acesso e sem permissão de acesso para visitas *in loco*, durante o evento (Emater Bento Gonçalves, 2024). Já no município de Caxias do Sul, a Emater organizou um “Laudo circunstanciado com estimativas de perdas”, verificando prejuízos diretos e indiretos até o dia 10 de junho de 2024, nas lavouras de milho, soja, olericultura (principalmente folhosas), fruticultura e nas atividades relacionadas à bovinocultura de leite e de corte e à produção de aves. Também houve prejuízos na infraestrutura produtiva, como agroindústrias e estufas, além de açudes e reservatórios de água para dessedentação animal. O prejuízo total estimado foi de mais de R\$ 108 milhões inicial (Emater Caxias do Sul, 2024).

As perdas mais significativas ocorrem nas culturas de hortaliças, que são extremamente relevantes para a economia do município, contando com mais de 600 produtores. Na fruticultura, em especial a cultura de caqui e citros, houve prejuízos referentes a maturação, colheita e escoamento da produção. As perdas na infraestrutura produtiva também foram identificadas em estradas e acessos internos, sendo que aproximadamente 800 propriedades rurais foram afetadas, necessitando reparos. Além de danos em açudes, estufas, galpões, parreirais, equipamentos e maquinários, entre outros (Emater Caxias do Sul, 2024).

Para o município de Veranópolis, que foi o maior em propriedades rurais impactadas por movimentos de massa, a Emater organizou um levantamento detalhado de perdas agrícolas (Quadro 01). O mega desastre causou prejuízos diretos e indiretos até o presente dia da assinatura do relatório, principalmente nas lavouras de milho, soja, olericultura e fruticultura, e nas atividades relacionadas à bovinocultura de leite, corte e da apicultura, além de afetar máquinas e implementos agrícolas e vegetação nativa. Além disso, foram destruídas estradas e acessos, pomares, casas e estruturas produtivas, rompendo redes de água, rede de energia elétrica, cabos de fibra óptica e demais danos (Emater Veranópolis, 2024).



Quadro 01: Laudo circunstanciado com estimativas de perdas referentes a chuvas intensas, alagamentos, movimentos de massa, inundações e enxurradas de grande intensidade do município de Veranópolis / RS.

| Cultura / pecuária e construções rurais | Área/quantidade aproximada                               | Detalhamento  |
|---|--|---|
| Milho                                   | 150 ha   | Lavouras destinadas à produção de milho em grão. A cultura apresentava-se nos estágios finais de desenvolvimento, estando maduro por colher, as plantas atingidas foram arrancadas/levadas pela força da enxurrada e/ou tombaram, apresentando ainda brotação dos grãos na espiga, comprometendo a qualidade.   |
| Hortaliças                              | 18,0 ha  | Áreas cultivadas com diversas olerícolas como alface, chicória, tomate, repolho, couve-flor, brócolis, couve-chinesa, moranga e outras.   |
| Citrus                                  | 685,0 ha atingidos entre laranja e tangerinas.           | Algumas áreas foram totalmente ou parcialmente soterradas por deslizamentos destruindo totalmente o pomar, em demais áreas destruiu acessos e estradas o que impediu a colheita das variedades precoces como Bergamota Cai, Pareci e Laranja do céu e Bahia, que estavam em colheita, impedindo a comercialização. A falta de acesso a estes pomares remanescentes impediu a realização dos tratamentos fitossanitários comprometendo e diminuindo a expectativa de produção inicial em função do ataque de pragas e doenças, ainda em função do clima extremamente úmido e sem insolação a bergamota Ponkan, Montenegrina e Murcott racharam e caíram, o mesmo ocorreu em áreas de laranjas, onde se observou uma elevada queda de frutos. |
| Soja                                    | 150 ha   | A cultura apresentava-se nos estágios finais de desenvolvimento, estando maduro por colher, as plantas atingidas foram arrancadas/levadas pela força da enxurrada e/ou tombaram, vagens debulhar, grãos brotaram, e o acesso às lavouras com máquinas foi inviável pela umidade presente no solo para realização da colheita.   |
| Demais frutas                           | 7,0 ha atingidos entre banana, cana-de-açúcar e abacate. | Algumas áreas foram totalmente ou parcialmente soterradas por deslizamentos destruindo totalmente o pomar, em demais áreas destruiu acessos e estradas o que impediu a colheita e a comercialização.  |
| Uvas                                    | 12 ha de parreirais.                                     | A cultura apresentava-se nos estágios de pós-colheita. Algumas áreas foram totalmente soterradas, apresentando perda total da estrutura e da produção. Em outras partes foram atingidas parcialmente arrancando plantas, abrindo valos, provocando erosão no solo e danificando a estrutura.  |
| Pastagens                               | 155,0 ha   | Pastagens utilizadas na alimentação de bovinos de corte e de leite, parte destes locais sofreram a ação de deslizamentos tendo perda total de solo na camada arável e demais sofreram pela ação da enxurrada, excesso de água no solo, levando sementes, adubo ou ocasionando a morte de plantas.   |
| Apicultura                              | -  | Várias colmeias foram perdidas em função das enxurradas, enchentes e deslizamentos, ocasionando a morte dos enxames.  |
| Avicultura                              | -  | Impossibilidade de alojamento em virtude dos acessos e estradas estarem bloqueados sem previsão de desbloqueio, impedindo o alojamento e transporte de insumos como ração para alimentação de animais.  |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Bovinos de corte                             | -  | Houve morte de animais, que foram arrastados pelas correntezas provenientes das cheias repentinas dos mananciais, sofrendo afogamento. Também ocorreram prejuízos em pastagens naturais devido ao pisoteio dos animais no solo encharcado, além de perdas nas pastagens cultivadas.   |
| Bovinos de leite                             | -  | As maiores perdas são relacionadas a coleta do leite que foi inviável a algumas propriedades por causa dos bloqueios ocasionados por deslizamentos e falta de acesso às propriedades.   |
| Máquinas, implementos, ferramentas e insumos | -  | Motosserras, soldador, compressor, gerador, caixas d'água, ferramentas em geral e insumos.  |
| Estruturas de produção                       | -  | Muitas estruturas de produção foram danificadas ou totalmente inutilizadas, como postes, cercas de arame, galpões, garagens, caixas d'água, sistemas de irrigação, patamares das áreas que foram soterradas e totalmente perdidas, em silos de silagem, açudes e principalmente estradas internas das propriedades, entre outros. |
| Moradias rurais                              | 13 moradias foram atingidas por deslizamentos. | Danos às moradias, móveis e utensílios domésticos, roupas, utensílios pessoais, os quais não estão contabilizados neste laudo.  |
| Comunidades e famílias rurais afetadas       | <b>Todas do município.</b>                     | Todas as Comunidades foram afetadas de uma forma ou outra visto os eventos ocasionados, mas destaca-se as Comunidades de São Pedro, Nossa Senhora dos Navegantes, Nossa Senhora do Rosário, Barros Cassal, São José da Nona, Nossa Senhora da Glória, Monte Claro e Nossa Senhora das Graças, sendo as mais afetadas.             |

Fonte: Adaptado de Emater Veranópolis (2024).

Portanto, os dados organizados na avaliação realizada no período de abril e maio do ano de 2024, mostraram uma estimativa de perdas diretas para os principais produtos agropecuários do município, de aproximadamente, R\$ 55 milhões. Além disso, foram identificadas perdas na infraestruturas domiciliares e situações de emergências socioassistenciais, de difícil mensuração, que foram mediadas para o acesso a serviços da rede socioassistencial (Emater Veranópolis, 2024).

Conforme relatório técnico geral da EMATER/RS-ASCAR, os efeitos das chuvas e cheias extremas no Estado foram devastadores, incluindo infraestrutura, abastecimento de água, produção primária e fruticultura (Emater, 2024). Os técnicos da EMATER/RS-ASCAR observaram vários danos em instalações localizadas na zona rural, como casas, galpões, armazéns, silos, estufas e aviários. Consequentemente, ocorreram problemas para o escoamento da produção de 4.548 comunidades em razão de estradas vicinais afetadas (Emater, 2024).

O agronegócio gaúcho pode ter perdido cerca de R\$ 3 bilhões em decorrência das enchentes e deslizamentos que assolaram o Estado, e deve levar ao menos uma década para a

normalização do cenário, segundo estimativas da Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul (Farsul), outros dados preliminares apontam prejuízo médio de R\$ 1,4 milhão por agricultor (Nakamura, 2024).

Os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), que integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), apontaram 4,8 bilhões de prejuízos diretos somente na agricultura e na pecuária no Estado, além disso o relatório apresentou diversos dados relacionados aos registros de danos e prejuízos em outras áreas importantes como indústria, comércio, serviços, transportes etc. (S2ID, 2024).

### Limitações do Estudo

Várias são as limitações ainda encontradas nos estudos que estão sendo realizados em função do mega desastre ocorrido no Estado do Rio Grande do Sul:

Dificuldades de acesso aos relatórios de perdas organizados pelas prefeituras municipais e outras instituições públicas e privadas;

Foram utilizados os limites das propriedades disponibilizadas no SICAR, mas mesmo sendo o Cadastro Ambiental Rural (CAR) obrigatório, o Brasil e o Estado do RS não possuem todas as matrículas disponíveis em formato *shapefile* e registradas em cartório;

Apesar de serem mostrados dados quantitativos de uso do solo e cobertura vegetal obtidos por sensoriamento remoto nas cicatrizes, anteriormente aos movimentos de massa, será importante uma análise *in loco* para refinar quais eram as cultivares agrícolas ou outros usos, e também a diversidade arbórea nativa;

Como a área atingida foi expressiva, os trabalhos de campo ainda estão sendo organizados, assim dados mais exatos dos danos ocorridos ainda precisam ser verificados e analisados.

Portanto, concluímos que as dificuldades nos dados e métodos não são suficientes para afetar as principais conclusões do estudo.

### Considerações Finais

- Os movimentos de massa no Estado do RS tiveram características de ampla distribuição nas propriedades rurais, atingindo um número aproximado de 10.212 matrículas. Sendo



identificados inúmeras perdas na infraestrutura domiciliar, galpões, máquinas, equipamentos, móveis e utensílios domésticos, roupas, entre outros.

- Ainda, ocorreram perdas na fertilidade do solo em milhares de hectares, cultivados com as culturas de grãos, olerícolas e frutas, além de toda a parte animal. Neste sentido, existirá um custo referente à recuperação de fertilidade nas áreas afetadas, e também haverá um intervalo estimado de quatro a cinco safras para que algumas lavouras atinjam a produção normal.
- Serão necessários laudos geológicos apontando a possibilidade ou não da utilização das áreas atingidas pelos deslizamentos para habitação e utilização na agropecuária. Além disso, o restabelecimento da infraestrutura básica, como reconstrução dos acessos através das estradas vicinais, e o abastecimento de água potável e luz.
- Os proprietários precisam de apoio na reestruturação da propriedade, com reconstrução de casas, galpões e acesso a novos equipamentos agrícolas. Assim como, incentivo a reforma/reimplantação da matriz produtiva das propriedades (vinhedos, citros, frutas, olericultura, horta, pomar domésticos, grãos, animais etc.).
- É fundamental o apoio de várias instituições para a elaboração de projetos para financiamento junto ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), com juros subsidiados, e com o benefício de abatimento de até 30% do valor total financiado, com limite de até R\$ 25 mil de abatimento. Esse desconto é possível devido à situação de calamidade pública identificada pelo Governo Federal.
- Ainda, serão necessárias políticas públicas para a redução de risco de movimentos de massa, para dar suporte ao desenvolvimento de práticas sustentáveis de gestão e uso do solo, nas quais inclui medidas como reflorestamento, controle de erosão e estabilização do solo.
- Neste sentido, este estudo não pode ser concluído na sua totalidade, pois considerando que não podemos descartar que eventos semelhantes ocorram novamente, muitos trabalhos ainda precisam ser realizados, levando em consideração a integração de múltiplas variáveis ambientais e humanas.

## Referências

- Bateleur. (2024). *Macro Impactos Econômicos das Enchentes no Rio Grande do Sul*. Disponível em: <https://www.bateleur.com.br/public/files/uUbjnQk1CkeLm7wypXBu5Qj8SvrN9ilsHlXbPz6m.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2024.
- Behling, A. A.; Nummer, A. V.; Scotti, A. A. V. (2020). Fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS. *Geosul*, Florianópolis, v. 35, n. 74, p. 501-517, jan./abr. <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p501>
- Bigarella, J. J.; et al. (2003). *Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais*. Florianópolis: Editora da UFSC. 1026 p.
- Brasil. (2012). Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 07 jan. 2025.
- Carvalho, R. C.; et al. (2019). Geomorphological and cover land conditioning factors of the mass movements in the mountainous region of Rio de Janeiro. *Caderno de Geografia*, v.29, n.56. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p27>
- Casagli, N.; Tofani, V. (2025). Landslide science for sustainable development. *Landslides*. <https://doi.org/10.1007/s10346-025-02459-1>
- Chen, C.; et al. (2023). Modeling Landslide Susceptibility in Forest-Covered Areas in Lin'an, China, Using Logistical Regression, a Decision Tree, and Random Forests. *Remote Sens*. 15, 4378. <https://doi.org/10.3390/rs15184378>
- Collischonn, W.; et al. (2024). Unprecedented April-May 2024 rainfall in South Brazil sets new record. *Brazilian Journal of Water Resources*, Technical Note. Porto Alegre, v. 29, e50. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.292420240088>
- Cooperativa Vinícola Aurora. (2024). *Raio X da situação e recuperação de vinhedos dos associados à Cooperativa Vinícola Aurora*. Relatório de Perdas.
- Defesa Civil - Ministério da Integração Nacional Secretaria Nacional de Defesa Civil. (2007). *Manual para a decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública*. Volume I. Brasília. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/201511/04145516-02-manual-para->

[decretacao-de-situacao-de-emergencia-ou-de-estado-de-calamidade-publica-volume-1.pdf](#). Acesso em: 07 jul. 2024.

Defesa Civil – Casa Militar. (2024). *Enchentes*: Defesa Civil atualiza balanço das enchentes no RS – 20/8. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-20-8>. Acesso em: 23 jan. 2025.

Emater - Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. (2024). *Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024*. Boletim Efeito Adverso, Nº 01 maio. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2025.

Emater Bento Gonçalves. (2024). *Laudo circunstanciado com estimativas de perdas referentes a chuvas intensas, alagamentos, granizo, inundações, enxurradas e vendavais de grande intensidade*. Município: Bento Gonçalves; Sinistro: Evento climático de chuvas intensas e alagamento; Safra: 2024/2025.

Emater Caxias Do Sul. (2024). *Laudo circunstanciado com estimativas de perdas referentes a chuvas intensas, alagamentos, granizo, inundações, enxurradas e vendavais de grande intensidade no meio rural*. Município: Caxias do Sul; Safra: 2024; Sinistro: Evento climático de chuvas intensas.

Emater Veranópolis. (2024). *Laudo circunstanciado com estimativas de perdas referentes a chuvas intensas, alagamentos, inundações e enxurradas de grande intensidade*. Município: Veranópolis/RS. SAFRA: 2024. Sinistro: Evento climático de chuvas intensas, alagamentos, inundações, enxurradas e deslizamentos.

Emberson, R.; *et al.* (2022). Insights from the topographic characteristics of a large global catalog of rainfall-induced landslide event inventories. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 22, pp. 1129-1149. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-1129-2022>

Fang, K.; *et al.* (2023). Centrifuge modelling of landslides and landslide hazard mitigation: A review. *Geoscience Frontiers*. Volume 14, Issue 1, January, 101493. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101493>

Gariano, S. L.; Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*. Volume 162, November, Pages 227-252. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>

- Guo, Z.; *et al.* (2024). How do the landslide and non-landslide sampling strategies impact landslide susceptibility assessment? — A catchment-scale case study from China. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Volume 16, Issue 3, Pages 877-894. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.07.026>
- Habumugisha, J. M.; *et al.* (2022). Dewan, A. Landslide Susceptibility Mapping with Deep Learning Algorithms. *Sustainability*. 14, 1734. <https://doi.org/10.3390/su14031734>
- Igeo - Instituto de Geociências. (2024). *Mapeamento de Movimentos de Massa – Notas Técnicas*. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/igeo/2347/mapeamento-de-movimentos-de-massa-nota-tecnica/>. Acesso em: 17 out 2024.
- Li, B.; *et al.* (2024). Early warning of landslides based on statistical analysis of landslide motion characteristics and AI Earth Cloud InSAR processing system: a case study of the Zhenxiong landslide in Yunnan Province, China. *Landslides*. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02350-5>
- Marc, O.; *et al.* (2018). Initial insights from a global database of rainfall-induced landslide inventories: the weak influence of slope and strong influence of total storm rainfall. *Earth Surf. Dyn.*, 6, pp. 903-922. <https://doi.org/10.5194/esurf-6-903-2018>
- Marengo, J. A.; *et al.* (2024). O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. *Mudanças climáticas, Estudos Avançados / Scielo*. 38 (112). <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012>
- Nahayo, L.; *et al.* (2019). Landslides Hazard Mapping in Rwanda Using Bivariate Statistical Index Method. *Environ. Eng. Sci.* 36, 892–902. <https://doi.org/10.1089/ees.2018.0493>
- Nakamura, J. (2024). *Agro do RS estima perdas de R\$ 3 bi e uma década para recuperar produções inundadas*. CNN BRASIL, São Paulo, 27/05/2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/agro-do-rs-estima-perdas-de-r-3-bi-e-uma-decada-para-recuperar-producoes-inundadas/>. Acesso em: 08 jan. 2025.
- Neto, A. G. P.; *et al.* (2024). Mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Tejió, em Pernambuco. *Revista Geotemas*, Pau dos Ferros, v. 14, n. 1, p. e02404. <https://doi.org/10.33237/2236-255X.2024.5433>
- Novellino, A.; *et al.* (2024). Mapping landslides from space: A review. *Landslides*, 21, 1041–1052. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02215-x>

- Paiva, R. C. D.; *et al.* (2024). *Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil*. Nota técnica. Porto Alegre: IPH-UFRGS. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/TTBsLzMCjgdpmgs4KLr8hQg/#:~:text=Between%20the%20end%20of%20April,of%20Rio%20Grande%20do%20Sul>. Acesso em: 03 jan. 2025.
- Petley, D. (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*. 40 (10): 927–930. doi: <https://doi.org/10.1130/G33217.1>
- Quevedo, R. P.; *et al.* (2019). Modelagem de áreas suscetíveis a movimentos de massa: avaliação comparativa de técnicas de amostragem, aprendizado de máquina e modelos digitais de elevação. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 38, n. 3, p. 781 - 795. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i3.14019>
- Quevedo, R. P.; Oliveira, G. G. de; Guasselli, L. A. (2020). Mapeamento de Suscetibilidade a Movimentos de Massa a partir de Redes Neurais Artificiais. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 43 - 2. [https://doi.org/10.11137/2020\\_2\\_128\\_138](https://doi.org/10.11137/2020_2_128_138)
- Riffel, E. S.; Ruiz, L. F. C.; Guasselli, L. A. (2016). Mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos a partir de mineração de dados e do modelo *shalstab*. *Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.]*, v. 68, n. 9. <https://doi.org/10.14393/rbcv68n9-44444>
- Riffel, E. S.; Guasselli, L. A.; Bressani, L. A. (2016). Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 301, 2016. DOI: 10.5216/bgg.v36i2.42796. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/42796>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- Rio Grande do Sul. (2024). *Decreto nº 57.626, de 21 de maio de 2024*. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=1000161>. Acesso em: 07 out. 2024.
- S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. (2024). *Relatório Gerencial - Danos Informados - Data Inicial: 22/04/2024 e Data Final: 31/05/2024, RS*. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 23 jan. 2025.
- Schmaltz, E. M.; Steger, S.; Glade, T. (2017). The influence of forest cover on landslide occurrence explored with spatio-temporal information. *Geomorphology*, v. 290, p. 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.04.024>

- Semnani, S. J.; *et al.* (2025). Assessing the impact of climate change on rainfall-triggered landslides: a case study in California. *Landslides*.
- Silva, L. J. de S.; *et al.* (2022). Identificação e hierarquização de risco a inundações em áreas de bacias hidrográficas. *Revista Geociências* - UNG-Ser, 21(2), 21–36. <https://doi.org/10.33947/1981-741X-v21n2-5018>
- Smith, H. G; *et al.* (2023). The influence of spatial patterns in rainfall on shallow landslides. *Geomorphology*. Volume 437, 15 September, 108795. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108795>
- Souza, C. M.; *et al.* (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, Volume 12, Issue 17. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Stanley, T.; Kirschbaum, D. B. (2017). A heuristic approach to global landslide susceptibility mapping. *Nat. Hazards*. 87, 145–164. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2757-y>
- Varnes, D. J. (1984). *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, Paris: UNESCO Press.
- Zhang, J.; *et al.* (2024). Deformation stage division and early warning of landslides based on the statistical characteristics of landslide kinematic features. *Landslides*, 21, 717–735. <https://doi.org/10.1007/s10346-023-02192-7>

**Publisher:** Universidade Federal de Jataí. Instituto de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFJ. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

**Contribuições dos autores:** Todos os autores contribuíram em todas as etapas do desenvolvimento do artigo. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais da Geoambiente On-line.

**Financiamento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela Concessão de Apoio Financeiro a Projetos de Pesquisa com o Termo de outorga: 24/2551-0002124-8, pelo Edital FAPERGS 06/2024 - Programa de pesquisa e desenvolvimento voltado a desastres climáticos.



**Conflito de interesse:** Os autores declaram que não possuem interesses financeiros ou não financeiros relevantes relacionados a este trabalho.