

# Análise da relação entre a ocorrência de deslizamentos e os atributos do relevo no evento extremo de precipitação no sul do Brasil, maio de 2024

Analyzing the relationship between the occurrence of landslides and terrain attributes in the extreme rainfall event in southern Brazil, May 2024

Lucas da Silva Ribeiro<sup>1</sup> 

Lucas Krein Rademann<sup>2</sup> 

Luís Eduardo de Souza Robaina<sup>3</sup> 

George Gabriel Schnorr<sup>4</sup> 

Romário Trentin<sup>5</sup> 

## Palavras-chave

Movimentos de massa  
Morfometria  
Rio Grande do Sul  
Encosta

## Resumo

No final do mês de abril e início do mês de maio de 2024 ocorreram precipitações extremas no estado do Rio Grande do Sul, levando a ocorrência de movimentos de massa e causando perdas materiais e de vidas. A realização do inventário dos deslizamentos e a análise dos atributos de relevo é uma importante etapa para a compreensão da dinâmica da ocorrência destes eventos, possibilitando a sua previsão em eventos futuros. Através da análise visual de imagens RapidEye de alta resolução espacial foram identificados 59 deslizamentos na bacia hidrográfica do Cerro Comprido. As cicatrizes de deslizamento se concentraram principalmente em altitudes que variam de 290 a 440m, com destaque para o limite de declividade de 70% a 75% que apresentou 8 cicatrizes e um alto valor na razão de frequência. Quanto às características da encosta, as mais suscetíveis aos deslizamentos foram as com orientação no quadrante norte e leste e perfil convexo-divergente. Estes deslizamentos estão relacionados à ocorrência de eventos extremos de precipitação onde os valores acumulados de precipitação em quatro dias foram de mais que o dobro da média mensal para a região, sendo este o principal fator para desencadear os deslizamentos, ocorrendo inclusive em áreas pouco suscetíveis.

## Keywords

Mass movements  
Morphometry  
Rio Grande do Sul  
Hillslope

## Abstract

At the end of April and beginning of May 2024, extreme rainfall occurred in the state of Rio Grande do Sul, leading to mass movements and causing loss of materials and lives. Carrying out an inventory of landslides and analyzing relief attributes is an important step towards understanding the dynamics of the occurrence of these events, enabling their prediction in future events. Through visual analysis of high spatial resolution RapidEye images, 59 landslides were identified in the Cerro Comprido basin. The landslide scars were mainly concentrated at altitudes ranging from 290 to 440m, with emphasis on the slope limit of 70% to 75%, which presented 8 scars and a high value in the frequency ratio. Regarding the characteristics of the slope, the most susceptible to landslides were those oriented in the north and east quadrants and with a convex-divergent profile. These landslides are related to the occurrence of extreme precipitation events where the accumulated precipitation values in four days were more than double the monthly average for the region, which is the main factor in triggering the landslides, occurring even in less susceptible areas.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. [lucassilvaribeiro12@gmail.com](mailto:lucassilvaribeiro12@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. [lucasrademann@yahoo.com](mailto:lucasrademann@yahoo.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. [lesrobaina@yahoo.com.br](mailto:lesrobaina@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. [gorgeschnorr@gmail.com](mailto:gorgeschnorr@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. [romario.trentin@gmail.com](mailto:romario.trentin@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

Eventos chuvosos que se caracterizam por um grande volume de água precipitada em um curto período, são considerados extremos devido à intensidade do fenômeno (Petrucci; Azevedo, 2023). Essa intensidade pode causar impactos ambientais e sociais, incluindo processos hidrológicos e geológicos.

No final do mês de abril e início do mês de maio, no ano de 2024, ocorreram precipitações extremas no estado do Rio Grande do Sul, com destaque para a região central. Estes eventos resultaram em inúmeros processos de inundações e de movimentos de massa, causando perdas de vida e danificando infraestruturas. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) no mês de abril o estado do Rio Grande do Sul registrou eventos extremos com total acumulado de 408,3 mm para o mês de abril no município de Santa Maria, região central que possui médias históricas de 257,2 mm para o mês.

Os movimentos de massa são classificados por diversos autores em diferentes tipos, baseados no material movimentado, velocidade e forma dos planos de movimento (Varnes, 1958; 1978; Hutchinson, 1988; Selby, 1993; Cruden; Varnes, 1996; Hungr *et al.*, 2001; Press *et al.*, 2006). Dentre as classificações brasileiras relacionadas a movimentos de massa, destacam-se as de Guidicini e Nieble (1984), IPT (1991) e Augusto Filho (1992). No presente trabalho, utiliza-se da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), que classifica os deslizamentos como um tipo de movimento de massa. Os deslizamentos são movimentos rápidos de solo ou rocha com uma superfície de ruptura bem definida e de curta

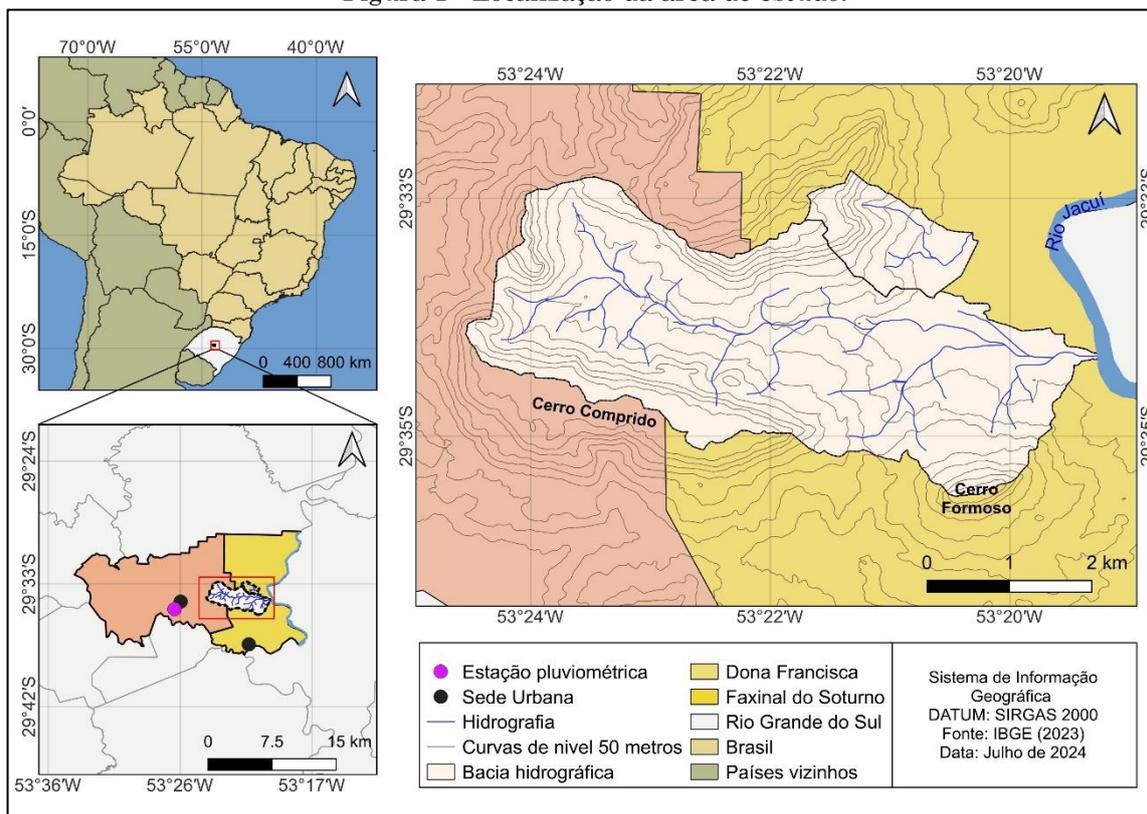
duração, onde massas de terreno deslocam-se para baixo e para fora do talude (Castro, 1998). A ocorrência desse processo é deflagrada, principalmente, pela pluviosidade em intensidade/acumulada, e condicionada por características topográficas e do material que compõem a encosta e influenciado pela ação humana. Logo, a prevenção de danos causados por este fenômeno não é de fácil execução.

O inventário de ocorrência de deslizamentos com base no mapeamento das cicatrizes é importante para caracterizar áreas suscetíveis (Murillo-garcía; Alcántara-ayala, 2015). O reconhecimento e entendimento dos deslizamentos é uma necessidade premente, uma vez que sem identificar as áreas propensas a movimentos de massa não é possível estabelecer medidas preventivas e corretivas eficazes para mitigar os danos de eventuais desastres.

Os deslizamentos translacionais ou planares são típicos de solos/alteritos rasos e anisotrópicos e apresentam complexas relações (Amaral *et al.*, 1992; Corominas *et al.*, 1996; Vieira *et al.*, 1997; Fernandes *et al.*, 2001; Vanacôr; Rolim, 2012; Brito *et al.*, 2016). Nesse contexto, a pesquisa está baseada nos inventários dos eventos que permite relacionar o padrão de distribuição atual a futuros padrões de instabilidade no relevo. Assim, avaliam-se os processos de deslizamentos planares com intuito de melhor compreender os condicionantes do relevo na área de estudo.

A área de estudo compreende as encostas que formam o conjunto de morros e morrotes denominado Cerro Comprido, que se localiza na região central do estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Dona Francisca e Faxinal do Soturno, na bacia do Rio Jacuí (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Os autores (2024).

Em termos geomorfológicos se encontra no Rebordo do Planalto, marcando a passagem das colinas de rochas sedimentares da Depressão Rio Jacuí e o relevo de colinas de altitude do Planalto das Araucárias (IBGE/RADAM, 1986). A área está inserida na Bacia do Paraná, com unidades sedimentares de origem continental, que abrangem o intervalo Permiano Superior-Cretáceo Inferior, e unidades vulcânicas do Cretáceo Inferior (Zerfass *et al.*, 2007). Em estudo de Schirmer e Robaina (2023) a área foi classificada como Sistema Geoambiental de Relevo Escarpado do Rebordo do Planalto que se constitui de uma associação de morros e morrotes, formados por rochas sedimentares, entre a meia encosta e a base, e por vulcânicas na porção de topo, com grande restrição de uso pela suscetibilidade a movimentos de massa.

## METODOLOGIA

O levantamento dos deslizamentos da área de estudo foi realizado a partir do banco de dados de Soobitsky (2024) que utilizou imagens *RapidEye* com resolução espacial de 5m e as de 3m geradas pelo sensor *Super Dove* (PSB.SD), fornecidas no repositório *PlanetExplorer* (Planet Team, 2024). Sobre as mesmas imagens datadas

de 05 a 15 de maio de 2024, com uma a duas semanas pós-eventos, foi realizada uma inspeção visual, buscando identificar a partir de mudanças de textura e cor a ocorrência dos deslizamentos. A partir disso foi realizada a vetorização, com a marcação do ponto de ruptura de ocorrência dos eventos, refinando e complementando o banco de dados para a posterior análise dos parâmetros do relevo.

Para a análise dos parâmetros de relevo foi utilizado como base o Modelo Digital do Terreno (MDT) *ALOS/PALSAR*, disponibilizado pela *Alaska Satellite Facility* (ASF) com resolução espacial de 12,5m. A partir do MDT foi realizada a extração da rede de drenagem e o limite da bacia hidrográfica de forma automática através da ferramenta *watershade* do software *ArcGIS Pro 3.3*.

No mesmo software foi elaborado o mapa hipsométrico, dividido em seis classes conforme a frequência de ocorrência dos deslizamentos na área de estudo. Utilizou-se a ferramenta *slope* para gerar o mapa de declividade com a inclinação definida em porcentagem. Ainda, visando a compreensão da dinâmica do fluxo da água da encosta e as características da vertente, foram analisados o plano e perfil através da ferramenta *curvature* e a orientação da vertente através da ferramenta *aspect*.

Os dados de precipitação foram adquiridos no banco de dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2024) da estação pluviométrica de Faxinal Soturno com código 430800301A. Foram analisados os dados pluviométricos entre os dias 29 de abril a 02 de maio de 2024 e organizados em precipitação horária. Já para a análise da direção predominante de vento foram obtidos dados da estação meteorológica automática de Santa Maria mantida pelo INMET, sendo está a mais próxima da área de estudo.

O desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e GIS permitem representar a superfície terrestre por meio de modelos digitais (DEM), a partir do qual pode ser realizado a análise topográfica da área de interesse, utilizando cálculo automatizado de uma série de variáveis relacionadas (Pike, 2000; Muñoz, 2009; Schmidt; Hewitt, 2004; Iwahashi; Pike, 2007; Jasiewicz; Stepinski, 2013; Silveira *et al.*, 2014; Trentin *et al.*, 2015; 2016; Sena-Souza *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2016; Robaina *et al.*, 2016; Silveira, *et al.*, 2018; Chea; Sharma, 2019; Atkinson *et al.*, 2020).

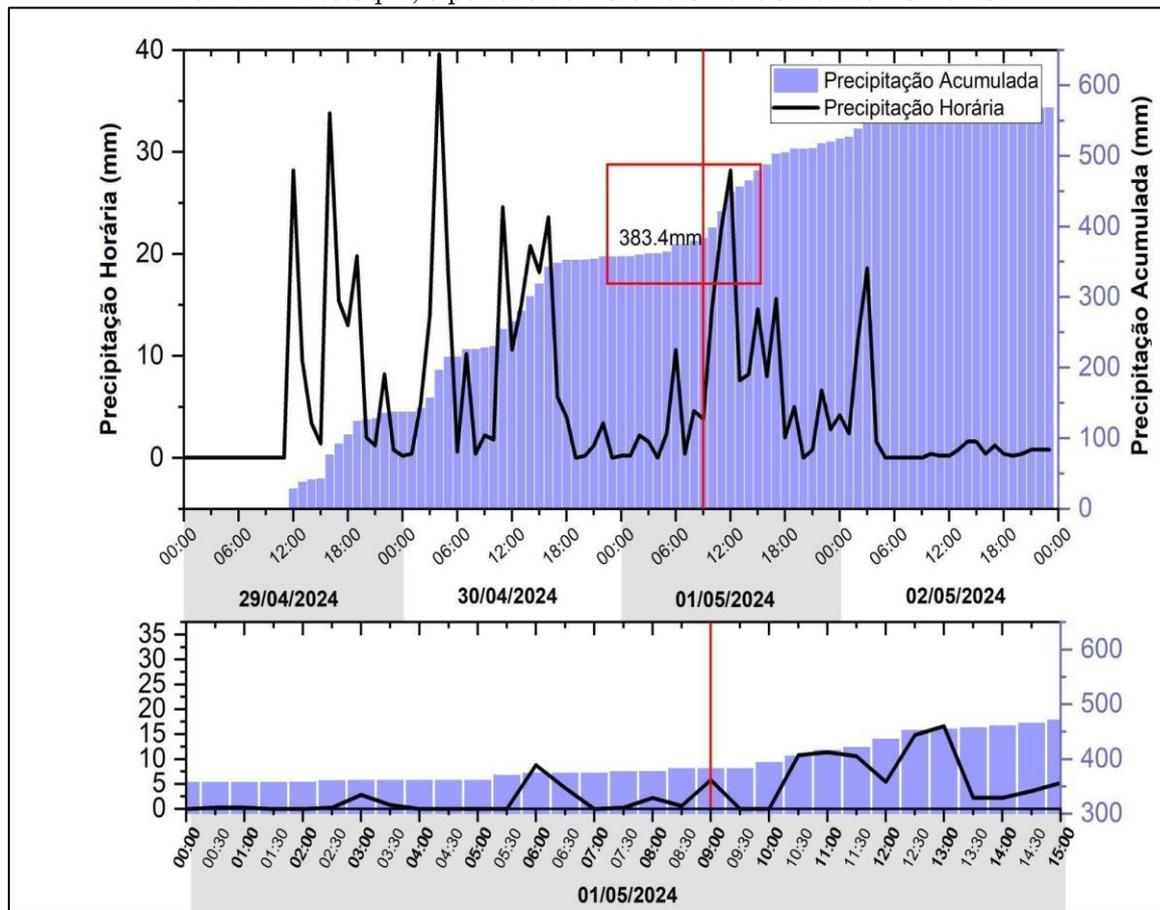
Deste modo, após o levantamento dos dados das diferentes fontes, os mesmos foram espacializados e analisados em ambiente SIG. Para o auxílio das análises foram executadas operações a partir do método da razão de frequência consiste em uma análise estatística bivariada de cada classe de fatores que influenciam no fenômeno em relação às suas

áreas de ocorrência. Valores de razão de frequência maiores que 1 indicam que a correlação é alta, enquanto valores menores que 1 indicam uma baixa correlação (Esper Anglieri, 2013). Essa estatística foi aplicada realizando uma comparação dos deslizamentos com as variáveis de hipsometria, declividade, plano/perfil e orientação da encosta.

## RESULTADOS

As chuvas intensas ocorridas entre o dia 29 de abril e 02 de maio de 2024 no Rio Grande do Sul, contribuíram para o registro de 59 deslizamentos na área de estudo. Nesse período, os dados pluviométricos mostram uma precipitação acumulada de 560 mm (Figura 2). Na madrugada do dia 30 de abril, a precipitação atingiu o pico de intensidade de 40 mm/hora. Os processos de deslizamento foram registrados, principalmente, na manhã do dia 01 de maio. Nesse dia o acumulado de chuva atingiu o valor de 380 mm. A precipitação acumulada a curto prazo pode levar à transgressão de limites geomorfológicos que favorecem a ocorrência de deslizamentos. Destacam-se os mecanismos de aumento da poropressão positiva e a consequente diminuição do fator de segurança, relacionado à saturação dos solos (Guidicini; Nieble, 1984; Harp *et al.*, 1990; Fernandes *et al.*, 2001).

Figura 2 -Precipitação horária e acumulada durante o período de 29 de abril a 2 de maio de 2024. Em destaque, o período de maior ocorrência de deslizamento.



Fonte: Os autores (2024).

A ocorrência dos processos de deslizamento foi analisada a partir de parâmetros do relevo (Gryta; Bartholomew, 1989; Vieira *et al.*, 1997; Dietrich *et al.*, 2020), no local onde inicia a ruptura da encosta. Com base em modelos digitais de elevação, foi analisado o papel desempenhado por algumas variáveis topográficas como: altimetria, declividade, orientação da encosta e forma da encosta.

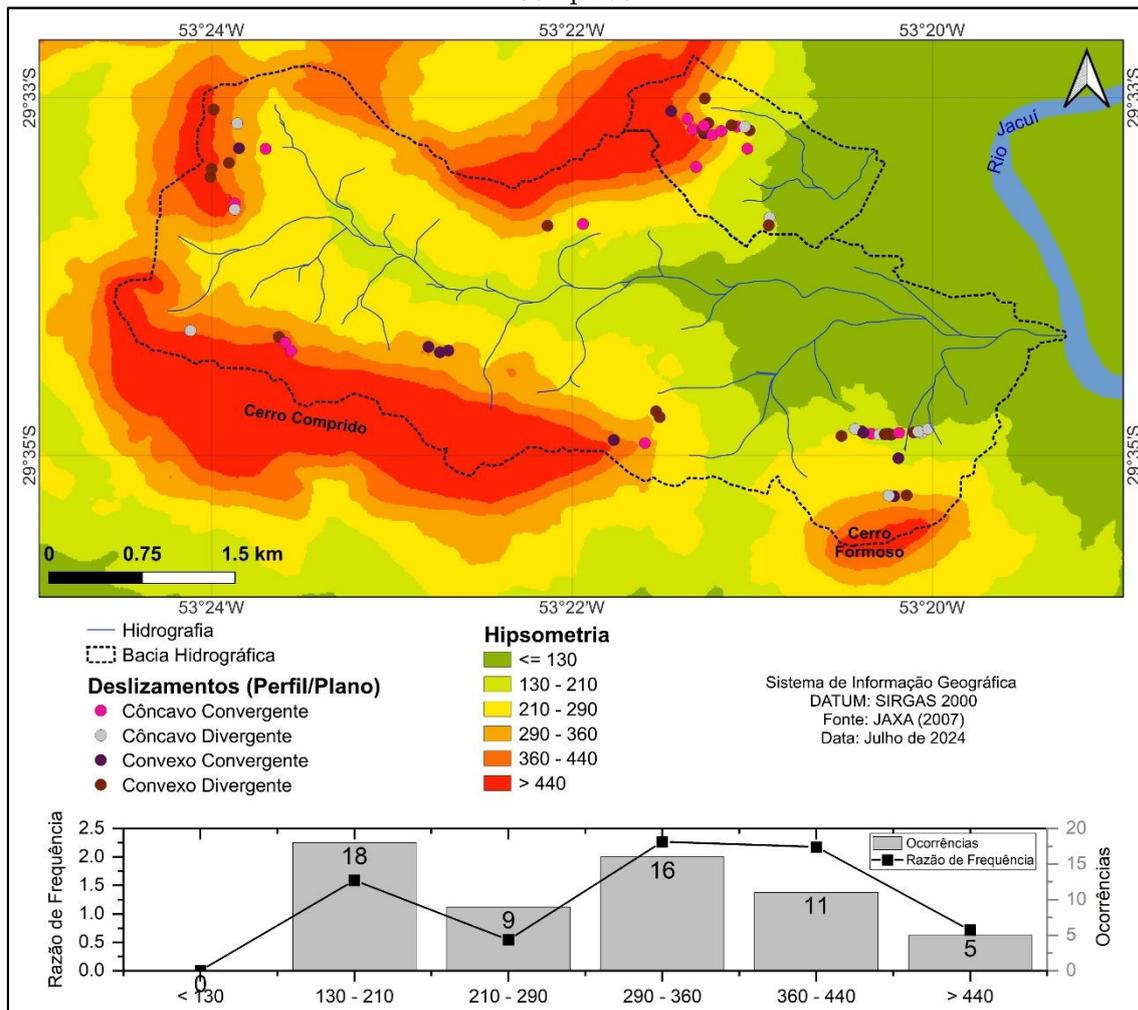
#### **Altimetria e a ocorrência de deslizamentos.**

Conforme Vanacôr e Rolim (2012), a altimetria pode representar um fator importante para a

deflagração de deslizamentos, quando controla a espessura ou a tipologia do solo e contato entre litologias.

A área de estudo apresenta uma variação altimétrica de 486 metros, intercalado entre as altitudes de 59 a 545 metros. Na figura 3, pode ser observado as distribuições dos intervalos de altitude e os pontos de ruptura que originaram os deslizamentos. Os deslizamentos ocorreram a partir das altitudes de 134m e se estendem até a altitude de 509m. Neste sentido, é possível observar que, dentro dessa variação altimétrica, se destaca a variação altimétrica entre 290 a 440 metros, por apresentarem valores de razão de frequência, superiores a 2.

Figura 3 - Hipsometria e distribuição de deslizamentos na bacia hidrográfica do Cerro Comprido.



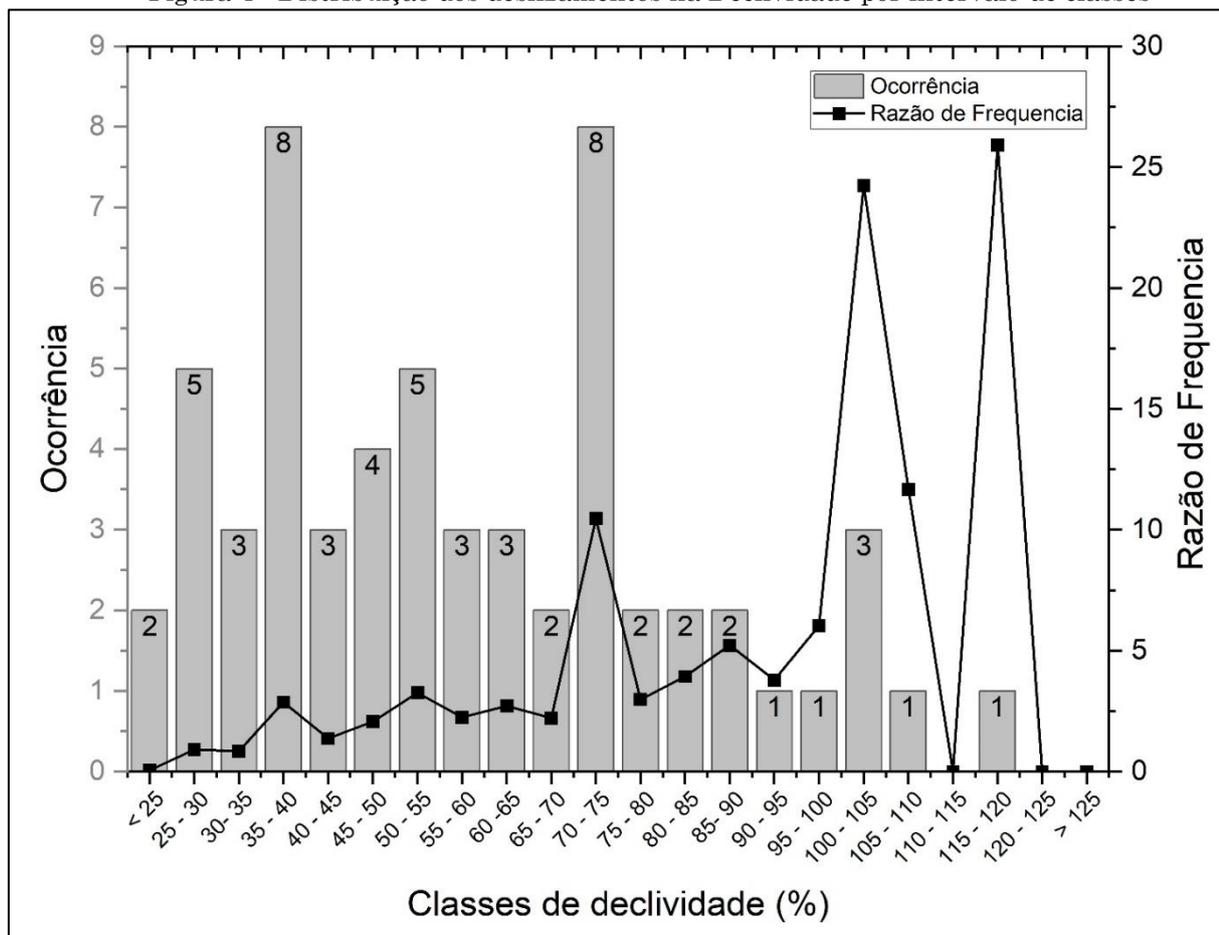
Fonte: Os autores (2024).

**Declividade e a ocorrência de deslizamentos.**

A declividade tem um papel importante no desencadeamento de deslizamentos (Riffel, 2021). Na área de estudo as cicatrizes de deslizamentos ocorreram em declividade que variam de 21% a 115% (Figura 4). Analisando a razão de frequência, se observa que a partir da classe de 35% a 40% os valores superiores a 1

indicam uma condição propícia para ocorrência dos eventos. Entretanto, é nas classes de 70% a 75% com 8 eventos registrados e razão de frequência alta onde as condições são mais propícias. De forma mais específica, 42 cicatrizes estão localizadas em declives que variam de 35% a 90%. Essas informações indicam que esses limites podem ser considerados importantes para a ocorrência de deslizamentos na área de estudo.

Figura 4 - Distribuição dos deslizamentos na Declividade por intervalo de classes



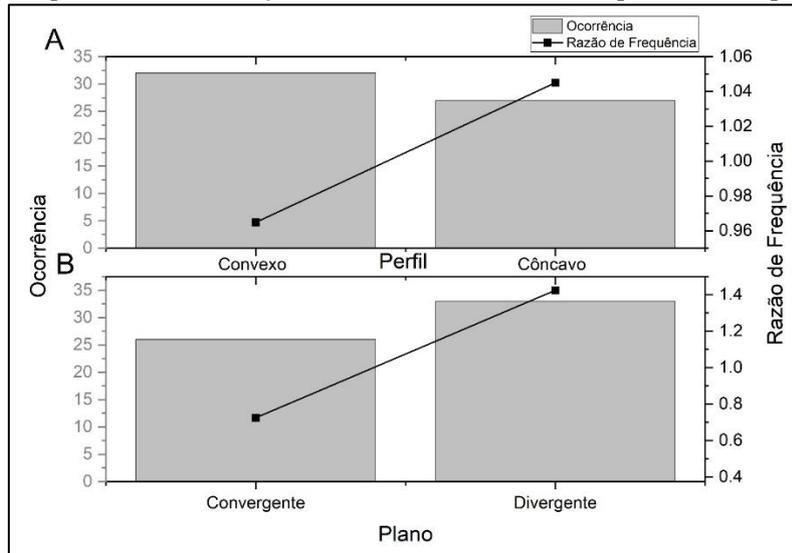
Fonte: Os autores (2024).

### Forma da secção das encostas e cicatrizes de deslizamentos

A forma da encosta no ponto de ruptura influencia o desenvolvimento de movimentos de massa, uma vez que condiciona o fluxo de água e de materiais sólidos ao longo da mesma, o acúmulo de umidade e, em última análise, os níveis de poropressão desenvolvidos (Sidle *et al.*, 1985; Fernandes *et al.*, 2001; Fernandes; Amaral, 2003; Araújo *et al.*, 2023). Benda (1990) comenta que, em geral, encostas divergentes e convexas são mais estáveis, seguido pelas encostas com segmentos planos e pelas encostas convergentes e côncavas, menos estáveis. Entretanto, Ayalew *et al.* (2004) ressaltam que essa relação nem sempre é válida.

Observa-se que na área de estudo os pontos de ruptura predominam na forma Convexo-divergente, registrando 22 cicatrizes (Figura 5). A segunda forma com maior ocorrência foi a Côncavo-convergente com 16 deslizamentos, já a Côncavo-divergente teve o registro de 11 e Convexo-Convergente foram identificados 10 deslizamentos. Desta forma, a maioria dos pontos de ruptura se localizam em encostas divergentes (33), onde é esperado que sejam mais estáveis e menos suscetíveis aos deslizamentos, visto que as vertentes com este plano tendem a dispersar a água, indicando que outras características das encostas da área de estudo são mais representativas para a suscetibilidade aos deslizamentos. A razão de frequência apontou as características Concavo-Divergente como a mais importante devido ao valor superior a 1.

Figura 5 - Distribuição da forma da encosta nos pontos de ruptura.



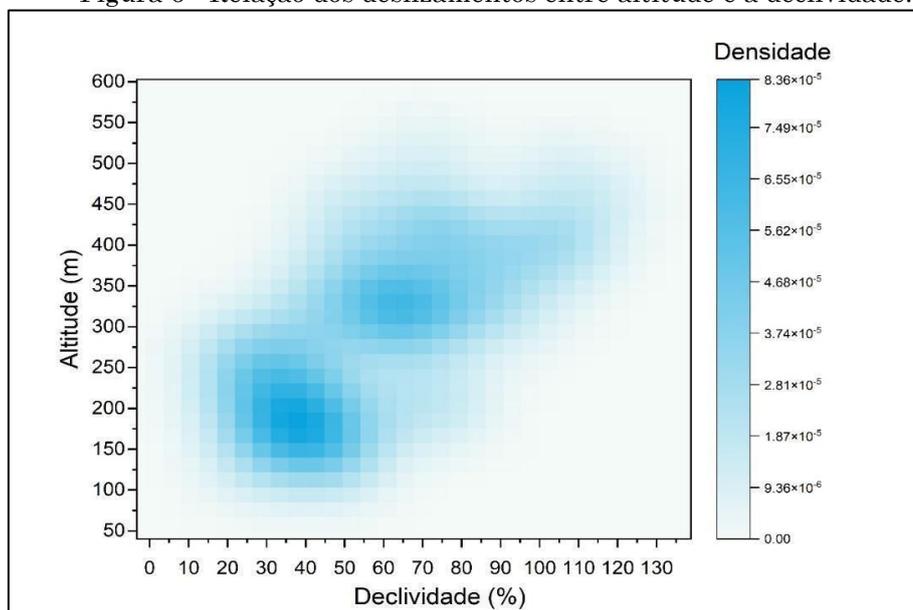
Fonte: Os autores (2024).

**Relação entre Altitude e a declividade na ocorrência de cicatrizes de deslizamentos**

Quando comparada a frequência dos deslizamentos em relação à altitude e a declividade é possível observar uma concentração dos eventos em dois *clusters* bem definidos e um mais disperso (Figura 6). Os *clusters* bem definidos de ocorrência de cicatrizes de deslizamentos se apresentam em

altitudes relativamente baixas, entre 150m e 250m e declividade no intervalo entre 25% a 50% e nas médias altitudes, entre 270m e 380m, e declividades entre 57% e 77%. Um outro *cluster* de menor expressão é formado nas altitudes superiores, onde as declividades são mais variadas, ocorrendo a partir da declividade de 52% até 117%, com predominância na declividade de 72%.

Figura 6 - Relação dos deslizamentos entre altitude e a declividade.



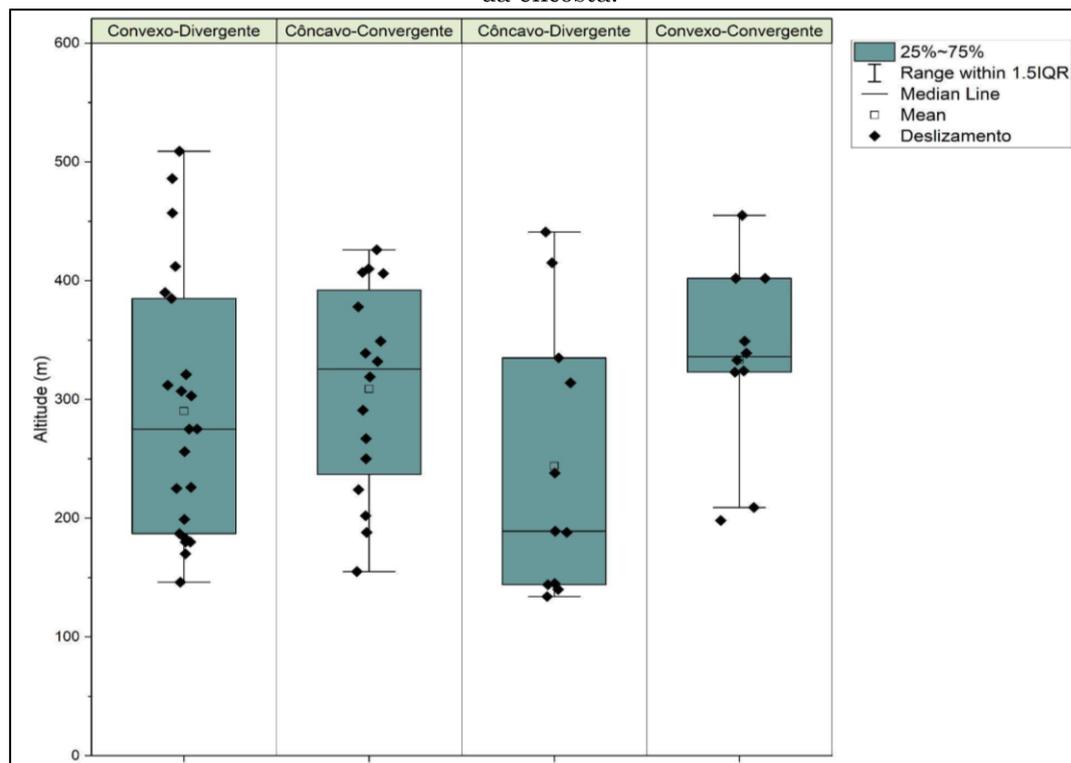
Fonte: Os autores (2024).

### *Relação entre Altitude e a forma da secção da encosta na área de ruptura na ocorrência de cicatrizes de deslizamentos*

As secções da encosta com formas predominantes convexo-divergente ocorrem em todas as altitudes de ocorrência dos processos analisados (134 à 509m), mas existe um predomínio ao redor das médias altitudes, com média na altitude de 290,18m. As secções de formas côncava-

convergentes também são mais significativas nas médias altitudes, mas com a altitude média sendo de 308,94m. As formas côncavo-divergentes são predominantes nas baixas altitudes, com média de 243,91m. As formas convexo-convergente predominam na passagem das altitudes médias para altas, com média próxima de 333,40m, superior às demais formas (Figura 7).

Figura 7 - Distribuição dos deslizamentos nas diferentes altitudes, considerando o plano e perfil da encosta.



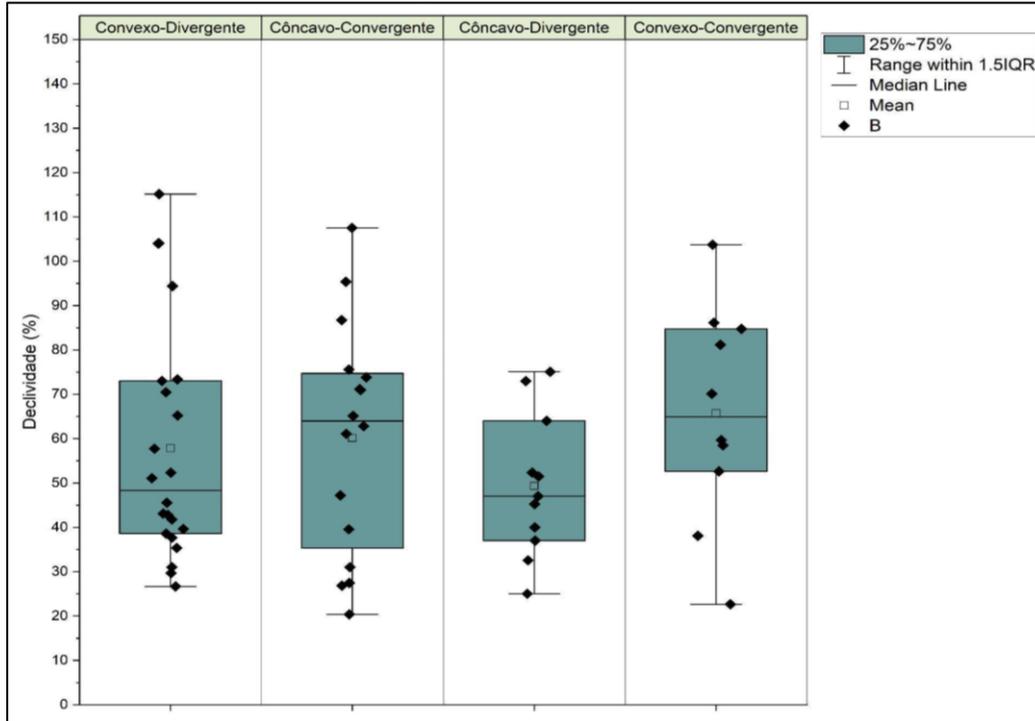
Fonte: Os autores (2024).

### *Relação entre Declividade e a forma da secção da encosta na área de ruptura e ocorrência de cicatrizes de deslizamentos*

Nas secções da encosta onde ocorrem as rupturas, as formas convexo-divergente se relacionam com as declividades em todos os intervalos de ocorrência das cicatrizes analisadas (21 à 115%) (Figura 8). O valor médio é de 57,85% e observa-se uma concentração ao redor de 40% de declividade. As formas côncavas-convergentes ocorrem de forma relativamente mais dispersa e ocorrem desde a declividade de 21% até 107%. Existe uma

concentração no intervalo de 62% a 75% de declividade. A declividade média obtida na distribuição desta forma de encosta é de 60,16% de declividade. A forma côncavo-divergente apresenta a menor dispersão, variando de 25% até 75% de declives. A média é de 49,34% e ocorre uma concentração ao redor de 49% de declividade. As formas convexo-convergente ocorrem em declividades que variam de 24% até 105%. A declividade média é de 65,74%. Essa forma não apresenta uma concentração de declividades marcante, mas das dez cicatrizes identificadas, três estão associadas a declividades ao redor de 85%.

Figura 8 - Distribuição dos deslizamentos nas diferentes declividades, considerando o plano e perfil da encosta.



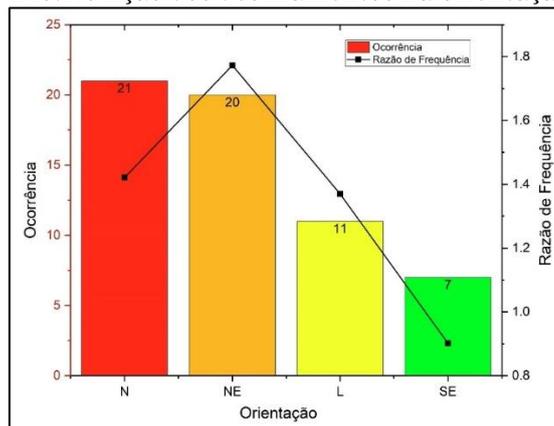
Fonte: Os autores (2024).

**Orientação da encosta e cicatrizes de deslizamentos**

A orientação das encostas fornece informações sobre a exposição frente às variáveis climáticas, tais como o vento, precipitações atmosféricas e insolação. O evento analisado neste trabalho

mostra que as encostas orientadas a Norte, Leste e no quadrante Nordeste foram as que registraram maior número de cicatrizes (Figura 9). Essas orientações apresentam uma razão de frequência superior a 1, com a direção Nordeste sendo a mais significativa.

Figura 9 - Distribuição dos deslizamentos na orientação das vertentes.



Fonte: Os autores (2024).

O vento pode concentrar fortemente as taxas de precipitação, dependendo da elevação e da orientação das encostas, sendo que a direção do vento faz com que encostas com a mesma orientação recebam maior volume de precipitação em escala local (Rulli Meneguzzo; Rosso, 2007). Rogers *et al.* (2016) explicam que as encostas que recebem maior precipitação em

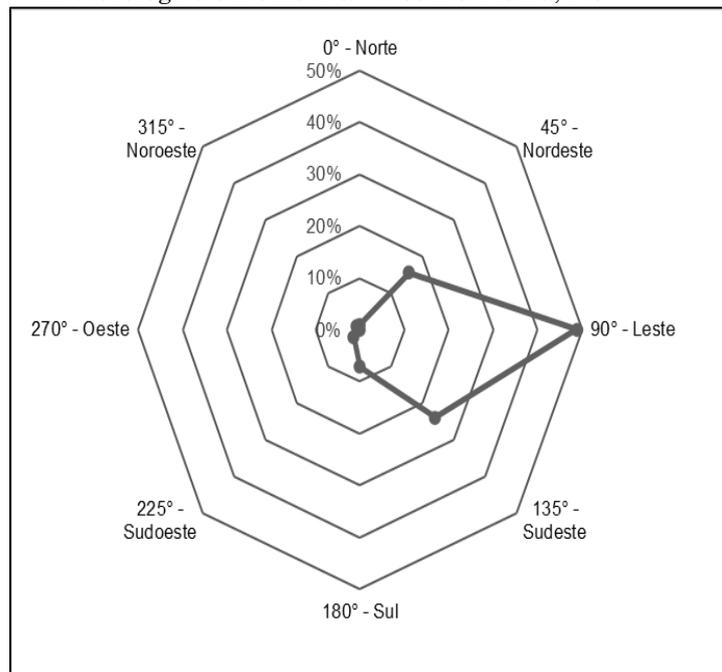
função da direção do vento, são mais suscetíveis à erosão superficial e aos movimentos de massa.

Ao analisar a direção do vento no intervalo referente aos dias 29 de abril a 2 de maio, observa-se (Figura 10) que a direção Leste é predominante. Secundariamente, ocorrem ventos na direção Nordeste e Sudeste. A predominância dos ventos vindos do quadrante

leste pode ter interferido na ocorrência dos deslizamentos, visto que as encostas voltadas

Nordeste, Leste e Sudeste estão entre as mais afetadas.

Figura 10 - Direção predominante do vento entre 29 de abril e 2 de maio na estação meteorológica automática de Santa Maria, RS.



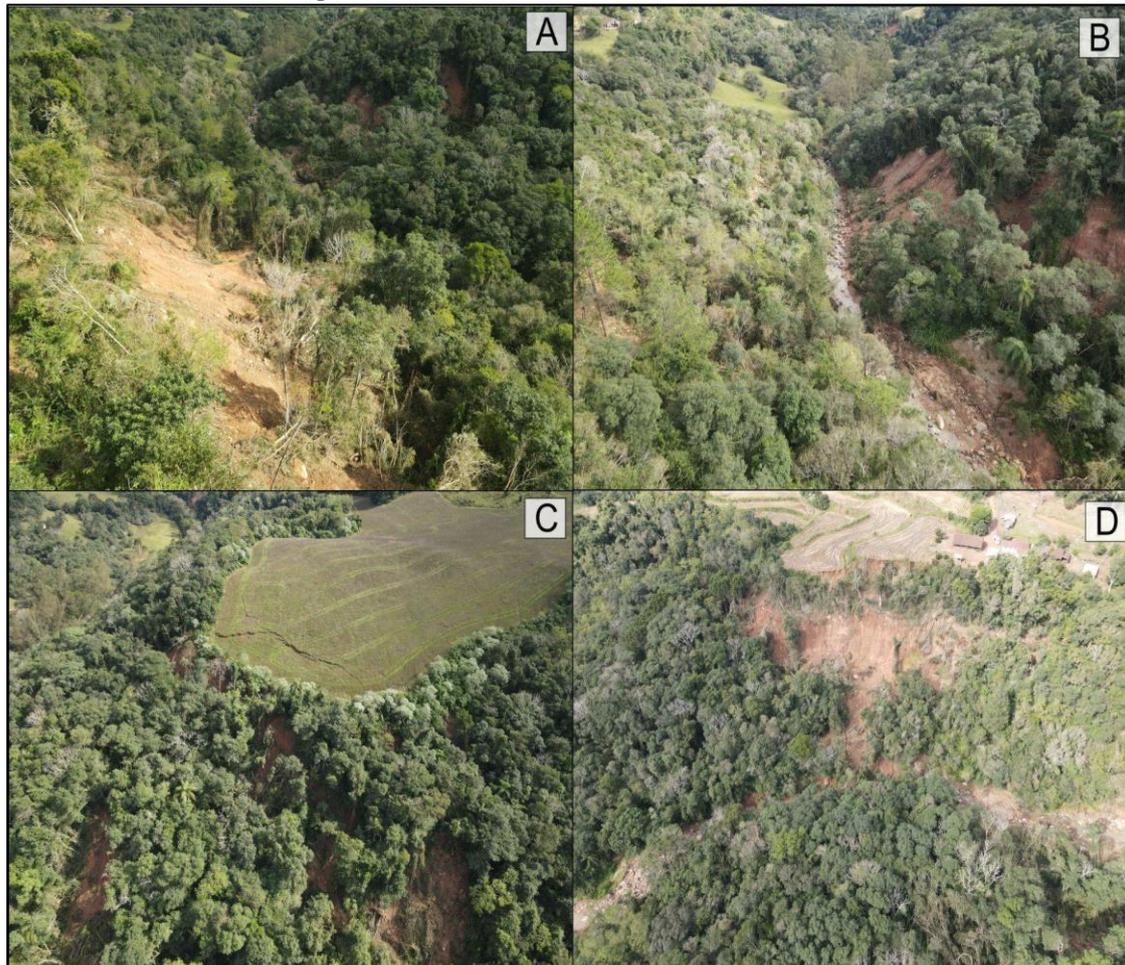
Fonte: Adaptado do INMET (2024).

## DISCUSSÃO

As cicatrizes de deslizamentos na bacia hidrográfica do Cerro Comprido ocorreram com diferentes intensidades (Figura 11). Na foto A e B é possível observar deslizamentos em áreas de encosta com a movimentação das camadas mais superficiais de solo sobre a rocha, já nas figuras Figura 11C e 11D exemplificam eventos mais intensos com grande perda de solo.

Os deslizamentos mais frequentes na bacia hidrográfica do Cerro Comprido ocorreram nas altitudes de 290 a 440m, localizadas nas cabeceiras de drenagem da bacia, assim como encontrado por Silva (2019). Essa informação também foi encontrada na pesquisa de Vanacôr e Rolim (2012), que observaram na região nordeste do Rio Grande do Sul, entre os municípios de São Vendelino e Alto Feliz, a maioria dos deslizamentos ocorreu em altitudes variando de 200 a 450 metros.

Figura 11 – Deslizamentos na área de estudo.



Fonte: Os autores (2024).

Nas baixas altitudes, as cicatrizes estão concentradas na porção SE da área, associadas à encosta do morro Cerro Formoso. Essas posições altimétricas indicam zonas de descontinuidades. Já as cicatrizes em áreas de altitudes relativamente menores, a descontinuidade pode estar associada a contato de fácies sedimentares com importante variação textural e estrutural. Nas áreas de mais alta altitude, provavelmente, o contato de rochas vulcânicas com sedimentares cobertas por depósitos coluviais pode ser a principal descontinuidade.

A análise das 42 cicatrizes registradas em declividades entre 35% e 90% com altos valores na razão de frequência sugere uma relação direta entre o aumento da declividade e a maior probabilidade de deslizamentos. Os resultados são compatíveis com os resultados obtidos por Silva (2019) e Schirmer e Robaina (2023). A declividade é amplamente reconhecida como um dos principais fatores condicionantes dos movimentos de massa. Dias e Herrmann (2002) apontam que ela é diretamente proporcional à velocidade do movimento e à capacidade de transporte de solo e rocha, pois, ao aumentar a

inclinação da encosta, a tensão cisalhante no solo também tende a crescer, o que favorece o deslizamento. Portanto, a declividade tem impacto direto no fator de segurança da encosta, como apontado por Zaidan e Fernandes (2009), que destacam que o aumento do ângulo da encosta reduz esse fator e, conseqüentemente, eleva a probabilidade de deslizamentos. Avelar *et al.* (2013) reforçam essa ideia ao afirmar que encostas mais inclinadas favorecem deslizamentos de maior volume, especialmente quando associadas a outros fatores, como o tipo de material presente. Neste sentido, a pesquisa de Souza e Francisco (2021) também corrobora nessa relação, mostrando que, na região Serrana Fluminense, a interação entre declividade e curvatura do terreno potencializou a magnitude dos deslizamentos.

Na relação entre declividade e a altitude da ruptura, observa-se a existência de dois *clusters*. Isso reforça a ideia da existência de duas descontinuidades diferentes. Em condições de relativa baixa altitude e declividade, as descontinuidades podem estar associadas a variações bruscas texturais ou estruturais em rocha sedimentar e/ou no contato rocha e solo.

Nas condições definidas, para a área de maiores altitudes e declividades, em média ao redor de 70%, as descontinuidades são marcadamente associadas a estruturas das rochas vulcânicas sobrepostas às rochas sedimentares.

Na área de estudo observa-se que os limites de declividades foram importantes nas rupturas, mostrando que os deslizamentos são condicionados por complexas relações. Fatores geológicos, englobando as características lito-estruturais, contatos entre variado material rochoso e mesmo com depósitos de colúvio influenciam as rupturas (Hencher, 1987; Amaral *et al.*, 1992; Fernandes *et al.*, 2001). Além disso, a orientação das encostas afeta indiretamente a resistência ao cisalhamento, pois está intimamente relacionada à presença de umidade e de cobertura vegetal (Dai; Lee, 2001). Portanto, se considerar que a quantidade de chuva poderá ser maior nas encostas expostas à ação direta do vento, causado por efeitos topoclimáticos em que o vento promove um direcionamento da chuva e conseqüentemente maior precipitação nas encostas com mesma orientação da direção do vento. Em condições de precipitações extremas, o vento pode potencializar este efeito e aumentar a incidência de chuvas intensas nas encostas. Na área de estudo, a direção preferencial do vento durante o evento climático foi de leste e encostas voltadas para Leste foram mais afetadas, confirmando a influência do vento.

De modo geral, a forma da secção de ruptura nas encostas, pode associar-se a porções de contato com material coluvial com o solo/rocha, submetidos a elevado valor de precipitação por um curto período. A relação entre altitude e forma das secções da encosta na área de ruptura, observa-se que as predominantes, convexo-divergente, ocorrem em todas as altitudes. Entretanto, estas são as formas que marcam as rupturas associadas ao topo das encostas. As rupturas nas áreas com formas convergentes se encontram em altitudes médias superiores a 325m, que representam porções de média a alta encosta, onde ocorrem contatos entre litologias.

Ainda, as formas côncavo-divergentes são predominantes nas baixas altitudes, constituindo rupturas nas porções de base de encosta. As porções côncavas geralmente são preenchidas por depósitos coluviais, uma vez que estas representam zonas de convergência de fluxos tanto superficiais quanto subsuperficiais (Fernandes *et al.*, 2001). A relação entre a forma da secção de ruptura com a declividade, mostra que as rupturas em declividades relativamente menores, ao redor 47%, são mais comuns nas secções divergentes. Já nas secções convergentes, a ruptura está ao redor de 65% de

declividade. Portanto, as rupturas nas secções convergentes são predominantes nas porções médias a alta da encosta, com declividades relativamente maiores. As rupturas nas secções divergentes predominam nas áreas da encosta de média altitude e declividades relativamente menores.

Por fim, destaca-se que estes deslizamentos estão relacionados a ocorrências de eventos extremos de precipitação no estado do Rio Grande do Sul. Evento atípicos de precipitação extrema podem deflagrar deslizamentos em declividades nos quais precipitações normais não o fariam, ocasionando deslizamentos por saturação do solo com posterior quebra de coesão, fato esse que pode explicar a magnitude dos deslizamentos (Riffel, 2021). Conforme os dados apresentados pelas medições de precipitação na porção central do estado, os valores acumulados em quatro dias (560mm) foram mais que o dobro da média mensal para a região (257,2mm) (INMET, 2024). Somado a isso, o acumulado apenas do dia primeiro de maio foi de 380 mm, além de picos de intensidade de 40 mm/hora no período dos 4 dias. Conforme observados por vários trabalhos como de Aristizábal *et al.* (2022), Baturalai *et al.* (2023) e Nazrien *et al.* (2022), o grande volume e intensidade de chuva contribui significativamente para os desencadeamentos dos deslizamentos pela saturação dos solos e grande diminuição do fator de segurança ao desencadeamento dos processos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que os deslizamentos de massa na bacia hidrográfica do Cerro Comprido ocorreram quando a precipitação acumulada atingiu cerca de 380 mm em aproximadamente 48 horas. Os acumulados de chuva na área foram tão significativos que diversos atributos do relevo tiveram menor contribuição uma vez que os solos chegaram a uma saturação tão grande que qualquer atributo adicional, como inclinação, descontinuidade, curvatura permitiram o desencadeamento do processo de deslizamento.

Esses deslizamentos aconteceram em áreas com características variadas do relevo, incluindo altitudes médias de 293 metros e declividades que variam de 25% a 77%. O tipo predominante de encosta foi convexo-divergente, e a orientação principal dos deslizamentos foi para o leste.

Ainda, cabe ressaltar que o inventário dos deslizamentos foi realizado em imagens de alta resolução espacial, possuindo escala diferente do

Modelo Digital do Terreno disponível para a análise do relevo e seus atributos. Erros de escala podem estar relacionados a alguns parâmetros, sobretudo na forma do plano e perfil da encosta. Estudos futuros com MDTs de alta resolução se fazem necessários na área para melhor precisão dos atributos estudados.

A metodologia adotada neste estudo foi fundamental, permitindo a identificação e correlação dos deslizamentos com diversas características do relevo. Este trabalho destaca-se como um recurso para o estudo e mapeamento de áreas propensas a deslizamentos, evidenciando sua importância como suporte para futuras pesquisas e análises sobre deslizamentos.

## FINANCIAMENTO

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS (FAPERGS) pela concessão de bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. P.; BARROS, W. T.; PORTO JR., R. The structural control within a landslide in Rio de Janeiro. In Bell (ed.) **Landslides**. Balkema, Rotterdam: 1992
- ARAÚJO, J. P. C.; BARELLA, C. F.; ZÊZERE, FERNANDES, N. F. Implementação de uma topografia pré-ruptura na predição estatística bivariada de escorregamentos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 3, 2023. <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i3.2305>
- ARISTIZÁBAL, E.; GARCIA, E. F.; MARIN, R. J.; GÓMEZ, F.; GUZMÁN-MARTÍNEZ, J. Rainfall-intensity effect on landslide hazard assessment due to climate change in north-western Colombian Andes. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n.103, pp.51-66. Epub Feb 17, 2022. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20201215>.
- ATKINSON, J.; CLERCQ, W.; ROZANOV, A. Multi-resolution soil-landscape characterisation in KwaZulu Natal: Using geomorphons to classify local soilscapes for improved digital geomorphological modelling. **Geoderma Regional**, v. 22, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00291>
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – SP, 1992. p.162.
- AVELAR, A. S.; NETTO, A. L. C.; LACERDA, W. A.; BECKER, L. B.; MENDONÇA, M. B. Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of Rio de Janeiro, Brazil. **Landslide Science and Practice**, v. 4, p. 265-270, 2013. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-31337-0\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-642-31337-0_34)
- AYALEW, L. YAMAGISHI, H.; UGAWA, N. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. **Landslides**, v. 1, n. 1, p.73-81, 2004. <https://doi.org/10.1007/s10346-003-0006-9>
- BATUMALAI, P.; MOHD NAZER, N. S.; SIMON, N.; SULAIMAN, N.; UMOR, M. R.; GHAZALI, M. A. Soil Detachment Rate of a Rainfall-Induced Landslide Soil. **Water**, v. 15, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15122149>
- BENDA, L. The influence of debris flows on channels and valley floors in the Oregon Coast Range, U. S. A. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 15, n. 5, p. 457 - 466, 1990. <https://doi.org/10.1002/esp.3290150508>
- BRITO, M. M.; WEBER, E. J.; KRIGGER, V. S.; LEITZKE, F. P. Análise dos fatores condicionantes de movimentos de massa no município de Porto Alegre a partir de registros históricos. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 68, n. 9, 2016. <https://doi.org/10.14393/rbcv68n9-44450>
- CASTRO, A. L. C. Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. 2024. Disponível em: <https://mapainterativo.cemaden.gov.br/#> Acesso em: 20 maio 2024.
- CHEA, H.; SHARMA, M. Residential segregation in hillside areas of Seoul, South Korea: A novel approach of geomorphons classification. **Applied Geography**, 108, 9-21, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.04.009>
- COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, 2012. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/04095316-cobrade-classificacao-e->

- [codificacao-brasileira-de-desastres.pdf](#). Acesso em: 24 jul. 2024.
- COROMINAS, J.; REMONDO, J.; FARIAS, P.; ESTEVÃO, M.; ZÊRERE, J.; DIAZ DE TERÁN, J.; DIKAU, R.; SCHROTT, L.; MOYA, J.; GONZÁLEZ, A. Debris flow. In: DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L. (Eds.). **Landslide recognition: identification, movement and causes: identification, movement and courses**. New York: John Wiley, 1996. p. 29 - 42.
- CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide types and processes. In: TURNER, K.A., SCHUSTER, R.L. **Landslides - Investigation and mitigation transportation**. Washington: Transportation Research Board, p. 36-75, 1996.
- DAI, F.C.; LEE, C.F. Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information system: A case study. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 38, p. 911-923, 2001. <https://doi.org/10.1139/cgj-38-5-911>
- DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC. **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 57-73, 2002. <https://doi.org/10.14393/RCG3615295>
- DIETRICH, W. E.; WILSON, C. J.; RENEAU, S. L. Cavidades, colúvios e deslizamentos de terra em paisagens de solo-manto. **Processos de encostas**. Routledge, p. 362-388, 2020.
- ESPER ANGLIERI, M. Y. Debris flow susceptibility mapping in a portion of the Andes and Preandes of San Juan, Argentina using frequency ratio and logistic regression models. **Earth Sciences Research Journal**, Bogotá, v. 17, n. 2, p. 159-167, dez. 2013.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. E CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003. cap. 3, p. 123-194.
- FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, 2001. <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.8>
- GOMES, S. M. A.; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Compartimentação Geomorfométrica de Unidades de Relevo das Cartas MI 2726-4 e MI 2820-2 - Estado do Paraná. 2016, Maringá/PR: UGB, p. 5, 2016.
- GRYTA, J. J.; BARTOLOMEW, M. J. Fatores que influenciam a distribuição de avalanches de detritos associadas ao furacão Camille de 1969 no Condado de Nelson, Virgínia. **Geological Society of America**, v. 236, p. 15-28, 1989. <https://doi.org/10.1130/SPE236-p15>
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p.196.
- HARP, E. L.; WELLS II, W. G.; SARMIENTO, J. G. Pore pressure response during failure in soils. **Geological Society of America Bulletin**, v. 102: p. 428-438, 1990. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1990\)102<0428:PPRDFI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1990)102<0428:PPRDFI>2.3.CO;2)
- HENCHER S. R. As implicações de juntas e estruturas para estabilidade de taludes. In: ANDERSON, M. G; RICHARDS, K. S. (eds.) **Estabilidade de taludes**. Wiley, Chichester, pp. 145-186, 1987.
- HUNGR, O.; EVANS, S.G.; BOVIS, M.; HUTCHUNSON, J. N. Review of the classification of landslides of the flow type. **Environmental and Engineering Geoscience**, v. 7, n. 3, p. 221 - 238. 2001. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.7.3.221>
- HUTCHINSON, J. N. General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. **Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides**. Lausanne: A. A. Balkema, p.3-35, 1988.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Malhas territoriais**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais (Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, CD-ROM. 1986
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Eventos Extremos de Abril de 2024 no Brasil, Brasília-DF, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota-Extremos-revisado.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ocupação de encostas. In: CUNHA, M.A. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991, p.91.
- IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a

- three-part geometric signature. **Geomorphology**, v. 86, n. 3-4, p. 409-440, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>
- JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, v. 182, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency ALOS PALSAR L1.0, 2007. Disponível: <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>. Acesso em: 01 jun. 2024.
- MUÑOZ, V. A. **Análise Geomorfométrica de Dados SRTM Aplicada ao Estudo das Relações Solo-Relevo**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Programa de Pós Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009.
- MURILLO-GARCÍA, F. G.; ALCÁNTARA-AYALA, I. Landslide Susceptibility Analysis and Mapping Using Statistical Multivariate Techniques: pahuatlán, puebla, mexico. **Springer Series In Geomechanics And Geoengineering**, p. 179-194, 2015. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11053-0\\_16](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11053-0_16).
- NAZRIEN, J. N. G.; MOHD, T. A.; HAZIQ, R. I.; NORINAH, A.R.; MELINI, W. M. W. H.; OTHMAN, A. K.; SAFARI, M. D.; SURIYANI, A.; FAISAL, M. M. S. The Effect of Extreme Rainfall Events on Riverbank Slope Behaviour. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 2022. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.859427>.
- PETRUCCI, E.; AZEVEDO, L. M. Análise dos eventos extremos de precipitação máxima no município de Cachoeira do Sul/RS, de 1987 a 2020. **Revista de Geografia**, v. 40, n. 3, p. 258-268, 2023. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.253447>.
- PIKE, R. J. Geomorphometry - diversity in quantitative surface analysis. **Progress in Physical Geography**, v. 24, n. 1, p. 1-20, 2000. <https://doi.org/10.1191/030913300674449511>
- PLANET TEAM. Planet Application Program Interface: In **Space for Life on Earth**. San Francisco, CA: Planet Labs, 2024, p. n/a. Disponível em: <https://api.planet.com>. Acesso em: 23 de mai. 2024.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para entender a terra**. Tradução de Rualdo Menegat. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. cap. 12: Dispersão de massa. p. 290-310.
- RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A.; RUIZ, L. F. C.; GAMEIRO, S. Relação entre ponto de ruptura e padrão morfométrico em deslizamentos, bacia hidrográfica do Rio Rolante -RS. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, e181554, 2021. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.181554>
- ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, 30 jun. 2016. <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>
- ROGERS, J. D.; AHMED, M. F.; ISMAIL, E. H. Landslide susceptibility screening using wind-driven rainfall. **Journal of Environmental e Engineering Geoscience**, v. 22, n. 4, p. 297-318, 2016. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.22.4.297>
- RULLI, M. C.; MENEGUZZO, F.; ROSSO, R. Wind control of storm-triggered shallow landslides. **Geophysical research letters**, v. 34, n. 3, 2007. <https://doi.org/10.1029/2006GL028613>
- SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Mapeamento de áreas susceptíveis a desastres naturais da Quarta Colônia-RS com o base no zoneamento geoambiental. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 27, p. e67900, 2023. <https://doi.org/10.5902/2236499467900>
- SCHMIDT, J.; HEWITT, A. Fuzzy Land Element Classification from DTMs Based on Geometry and Terrain Position. **Geoderma**, v. 121, p. 243-256, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.10.008>
- SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. New York: Oxford University Press, p. 45-116, 1993.
- SENA-SOUZA, J.; NEVES, G.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E.; JUNIOR, A. Mapeamento das Formas de Terreno por meio de Assinatura Geomorfométrica como Subsídio para a Descrição da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Preto. In: ANAIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2015 João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: INPE, 2015. p. 1617-1624.
- SIDLE, R. C.; PEARCE, A. J.; O'LOUGHLIN, C. L. **Hillslope stability and land use**. Washington: American Geophysical Union, p.140, 1985. <https://doi.org/10.1029/WM011>
- SILVA, G. M. **Modelo preditivo de suscetibilidade a escorregamentos planares no rebordo do planalto, entre Santa Maria e Candelária-RS, utilizando**

- o método do valor informativo.** Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2019.
- SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>
- SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKAFIORI, C. **Revista brasileira de geomorfologia**. [S.l.]: União da Geomorfologia Brasileira, v. 15, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.366>
- SOOBITSKY, R. **Manual inventory of landslides in Brazil**, 2024-04-29. NASA GSFC. Juang CS, Stanley TA, and Kirschbaum DB. (2019). Using citizen science to expand the global map of landslides: Introducing the Cooperative Open Online Landslide Rep, 2024.
- SOUZA, L. F. G.; FRANCISCO, C. N. Mineração de dados na análise dos condicionantes dos movimentos de massa na região serrana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 4, 2021. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.1982>
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; BARATTO, D. D. S. Análise de elementos do relevo através do Topographic Position Index (TPI) da bacia hidrográfica do Arroio Puitã – Oeste do Rio Grande do Sul/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, p. 14-25, 2016. <https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.100267>
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Geomorphometric compartmentation of river basin Itu/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.460>
- VANACÔR, R. N.; ROLIM, S. B. A. Mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos usando técnicas de estatística bivariada e sistema de informações geográficas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.1, p.15-28, 2012. <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i1.338>
- VARNES, D.J. Landslide types and processes. In: ECKEL, E. B. (Ed.). **Landslides and Engineering Practice**, Special Report 29, NAS-NRC publication 544, Highway Research Board, Washington, D. C., p. 20- 47, 1958.
- VARNES, D.J. Slope movement types and processes. In: KRIZEK, S. (ed). **Landslides: analysis and control**, cap. 2. Washington: National Academy of Sciences, p. 11-33, 1978.
- VIEIRA, B. C.; VIEIRA, A. C. F.; FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Estudo comparativo dos movimentos de massa ocorridos em Fevereiro de 1996 nas bacias do Quitite e Papagaio (RJ): uma abordagem geomorfológica. In: 2ª CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS (2ª COBRAE). ABMS, ABGE e ISSMGE. 1997, Rio de Janeiro, Anais [...]. Rio de Janeiro, 1997. p. 165-174.
- ZAIDAN, R. T.; FERNANDES, N. F. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do córrego do independência - Juiz de Fora (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, 2009. <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.131>
- ZERFASS, H.; SANDER, A.; FLORES, A. E. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Agudo (Folha SH.22-V-C-V), Estado do Rio Grande do Sul. 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/90166663/Agudo.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Lucas da Silva Ribeiro: Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original.

Lucas Krein Rademann: Análise de dados, Validação de dados e experimentos, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original.

Luís Eduardo de Souza Robaina: Conceitualização, Análise de dados, Supervisão, Redação do manuscrito original.

George Gabriel Schnorr: Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original.

Romário Trentin: Conceitualização, Análise de dados, Supervisão, Redação - revisão e edição.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.