



Estudo Numérico da Estabilidade de Encostas sob Projeções Futuras de Chuvas Extremas em Taludes Representativos do Sul do Brasil

Leonardo Alberto do Nascimento

Doutorando, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, leo_ladn@yahoo.com.br

Luigi Tavares Gomes

Graduando, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, goomes_8@hotmail.com

Dêreck Hummel Becher

Mestrando, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, dereckhbecher@gmail.com

Artur Lazzarotto Modler

Graduando, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, modlerartur@gmail.com

Magnos Baroni

Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, magnos.baroni@ufsm.br

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos de chuvas intensas na estabilidade de encostas típicas encontradas na região central do Rio Grande do Sul, por meio de modelagens numéricas. Foram aplicados diferentes cenários de precipitação com base nas curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) propostas por Roman (2015) e por atualizações a partir dos eventos cimáticos extremos de 2024 analisados pela UFPB (2025), considerando uma intensidade constante de 50 mm/h e diferentes tempos de duração. A geometria da encosta e os parâmetros geotécnicos foram definidos com base em dados da literatura, e as simulações foram conduzidas no software GeoStudio, utilizando os módulos SEEP/W e SLOPE/W. Os resultados indicaram que o aumento da duração da precipitação acarreta elevação do nível freático e significativa redução do fator de segurança. Verificou-se ainda uma redução nos tempos de retorno estimados com as curvas IDF atualizadas, o que sugere uma maior frequência de ocorrência de chuvas críticas. A comparação entre as curvas reforça a importância da atualização periódica das relações IDF, especialmente em cenários de mudanças climáticas, visando à prevenção de desastres geotécnicos associados à instabilidade de encostas.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de Encostas, Chuvas Intensas, Curvas IDF, Modelagem Numérica.

ABSTRACT: The present study aims to evaluate the effects of intense rainfall on the stability of typical slopes found in the central region of Rio Grande do Sul through numerical modeling. Different precipitation scenarios were applied based on the Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves proposed by Roman (2015) and updated versions derived from the extreme climatic events of 2024, as analyzed by UFPB (2025), considering a constant rainfall intensity of 50 mm/h and varying durations. The slope geometry and geotechnical parameters were defined based on literature data, and the simulations were carried out using GeoStudio software, employing the SEEP/W and SLOPE/W modules. The results indicated that increasing rainfall duration leads to a rise in the water table and a significant reduction in the safety factor. A decrease in estimated return periods was also observed when using the updated IDF curves, suggesting a higher frequency of critical rainfall events. The comparison between curves highlights the importance of periodically updating IDF relationships, especially in the context of climate change, in order to prevent geotechnical disasters associated with slope instability.

KEYWORDS: Slope Stability, Intense Rainfall, IDF Curves, Numerical Modeling.



1 INTRODUÇÃO

A instabilidade de encostas figura entre as mais preocupantes problemáticas geotécnicas no Brasil, sobretudo no estado do Rio Grande do Sul. Isso se deve ao relevo naturalmente acidentado, à expansão urbana em zonas de risco e ao regime pluviométrico irregular, que, em conjunto, propiciam deslizamentos (IBGE, 2019). O panorama agravou-se ainda mais com as mudanças climáticas — evidenciadas pelo aumento na intensidade e frequência de eventos extremos — como as chuvas dos meses de abril e maio de 2024, que resultaram no maior desastre hidrológico já registrado no estado (ANA, 2025).

No evento de abril a maio de 2024, volumes pluviométricos excepcionais foram registrados em diversas regiões do Rio Grande do Sul, com acumulados entre 500 e 700 mm em algumas cidades — o que representa aproximadamente um terço da média anual em poucos dias. Em Santa Maria, na região central do estado, por exemplo, foram observados 470,7 mm em apenas três dias, com um pico de 213,6 mm em 1º de maio, configurando o maior volume diário já registrado em 112 anos de monitoramento (NIED et al., 2024). As consequências foram dramáticas: mais de 15 mil deslizamentos foram mapeados em todo o estado, com destaque para as regiões serranas dos vales do Taquari-Antas, do Caí e para a região central do estado, todas situadas sobre a Formação Serra Geral (CEPSRM; IGEO; UFRGS, 2024).

A literatura técnica e científica é unânime em apontar as chuvas como principal fator desencadeador de movimentos de massa. A infiltração provoca aumento da umidade no solo, perda de sucção em solos não saturados e incremento da poropressão, resultando na diminuição da resistência ao cisalhamento e, consequentemente, na redução do fator de segurança (NEYAMA, 1989; TATIZANA et al., 1987; D'ORSI, 2011; OLIVEIRA, 2012). Tanto chuvas intensas concentradas quanto precipitações acumuladas ao longo de dias têm influência decisiva nos processos de instabilização de taludes.

Nesse contexto, a modelagem numérica acoplada surge como ferramenta fundamental na engenharia preventiva. Por meio das simulações hidráulico-estruturais possíveis com o software GeoStudio — especialmente com os módulos SEEP/W (fluxo de água) e SLOPE/W (estabilidade de taludes) — é possível avaliar o comportamento do solo em diferentes estados de saturação e sob distintas intensidades pluviométricas, monitorando a evolução do fator de segurança (MOHAMMAD et al., 2024).

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo quantificar os efeitos de chuvas intensas na estabilidade de encostas típicas da região central do Rio Grande do Sul, por meio de modelagens numéricas realizadas no software GeoStudio. Para isso, serão considerados diferentes cenários pluviométricos — baseados em precipitações extremas e em distintos tempos de retorno — aplicados a um talude com geometria representativa das encostas coluvionares da região. A partir das análises comparativas do fator de segurança, busca-se avaliar os impactos de chuvas intensas, com diferentes durações, sobre a estabilidade dessas encostas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização geotécnica de encostas típicas

Com o objetivo de definir um perfil geotécnico representativo das encostas da região central do Rio Grande do Sul, foi elaborado um banco de dados com base em estudos prévios sobre solos coluvionares presentes em diferentes municípios do estado. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros físicos e de resistência extraídos da literatura, incluindo o peso específico natural (γ_n), peso específico dos sólidos (γ_s), limites de Atterberg (LL e LP), fração argila (FA), coesão efetiva (c') e ângulo de atrito interno efetivo (ϕ'). Os dados foram obtidos a partir de investigações de campo e laboratório relatadas por Bressani et al. (1996), Bressano et al. (1995 e 1997), Eisenberger (2003), Perazzolo (2003), Pinheiro (2000), Pinheiro e Soares (2003), Porto (2018), Ribeiro (2000), Silveira (2008) e Zago Porto (2019).

A análise estatística dos dados permitiu a determinação de médias, desvios padrão e coeficientes de variação para cada parâmetro. Esses valores possibilitaram uma melhor compreensão da variabilidade natural dos solos coluvionares da Formação Serra Geral, predominantes na região estudada. Os resultados médios indicam solos argilosos de elevada plasticidade, com resistência ao cisalhamento relativamente baixa, características condizentes com encostas instáveis, sobretudo em condição de saturação parcial ou plena.



2025

Tabela 1. Propriedades físicas e de resistência de solos coluvionares em encostas do Rio Grande do Sul, conforme dados obtidos na literatura.

Id.	Autores	Local	γ_n (kN/m³)	γ_s (kN/m³)	LL (%)	LP (%)	F.A. (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)
1	Bressani et al. (1996)	BR 348 - Faxinal do Soturno	18,60	26,80	62,00	41,00	23,00	5,00	37,00
2	Bressani et al. (1995 e 1997)	RS 230 - Teutônia	16,00	28,90	64,00	36,00	27,00	4,00	29,00
3	Pinheiro et al. (2002) e Eisenberger (2003)	Santa Cruz do Sul	16,10	26,85	32,50	22,50	16,10	3,25	31,00
4	Perazzolo (2003)	Canela	17,50	27,10	82,00	37,00	53,00	17,00	29,00
5	Perazzolo (2003)	Veranópolis	14,90	27,30	66,00	23,00	45,00	16,00	32,00
6	Pinheiro (2000)	Santa Cruz do Sul	18,80	27,50	85,00	62,00	55,00	11,90	31,50
7	Pinheiro e Soares (2003)	Santa Maria	18,50	-	30,00	24,00	36,00	4,00	26,50
8	Pinheiro e Soares (2003)	Santa Cruz do Sul	16,40	28,40	58,00	34,00	26,00	2,20	31,00
9	Porto (2018)	BR 386 - Lajeado	16,70	27,60	54,00	34,00	34,00	9,30	33,40
10	Ribeiro (2000)	Faxinal do Soturno	18,50	26,80	52,00	25,00	53,00	3,30	43,60
11	Silveira (2008)	São Vendelino	14,90	28,90	56,00	40,00	40,00	9,70	26,30
12	Zago Porto (2019)	Faxinal do Soturno	15,23	27,10	65,00	42,00	51,00	7,60	33,00
Média			16,84	27,57	58,88	35,04	38,26	7,77	31,94
Desvio padrão			1,49	0,80	16,38	11,15	13,31	5,08	4,724
Coeficiente de variação (%)			8,85	2,91	27,82	31,82	34,80	65,34	14,79
Média - Desvio padrão			15,35	26,76	42,50	23,89	24,94	2,69	27,22

A Figura 2 apresenta a localização geográfica das encostas analisadas com suas respectivas identificações, distribuídas em diferentes municípios do Rio Grande do Sul. Sobre esse mesmo mapa, são apresentados os movimentos de massa registrados durante os eventos extremos de abril e maio de 2024, que resultaram em mais de 15 mil ocorrências em todo o estado conforme Collischonn et al. (2025). Observa-se que a localização das encostas estudadas se situa nas áreas de maior concentração desses deslizamentos, evidenciando a vulnerabilidade desses taludes frente à ocorrência de precipitações intensas.

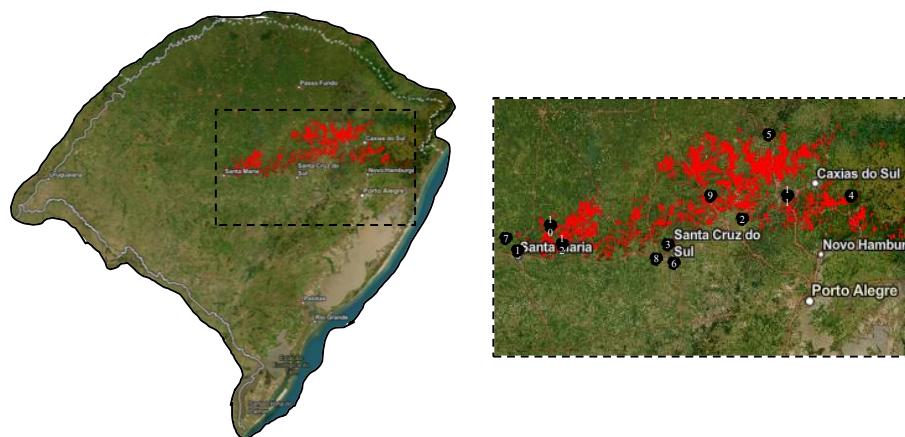


Figura 1. Localização das encostas analisadas e movimentos de massa decorrentes das precipitações intensas de 2024.

2.2 Encosta de referência



Para as análises numéricas, adotou-se como base geométrica e geotécnica a encosta natural investigada por Pinheiro et al. (2002) e Eisenberger (2003), situada no município de Santa Cruz do Sul/RS. Essa encosta é formada predominantemente por solo coluvionar derivado da Formação Serra Geral, apresentando comportamento típico de taludes da região central do estado. O perfil geológico é composto por uma camada superficial de colúvio com espessura variável entre 5 e 10 metros, que se sobrepõe a um maciço de siltito da Formação Santa Maria.

A inclinação média da encosta varia entre 15° e 17° , representando uma geometria suavemente inclinada, porém suscetível à instabilização em função de processos de saturação. A Figura 2 apresenta a seção transversal da encosta utilizada nos modelos numéricos, bem como os parâmetros de resistência adotados para as simulações, os quais foram obtidos diretamente dos ensaios laboratoriais realizados por Pinheiro et al (2002).

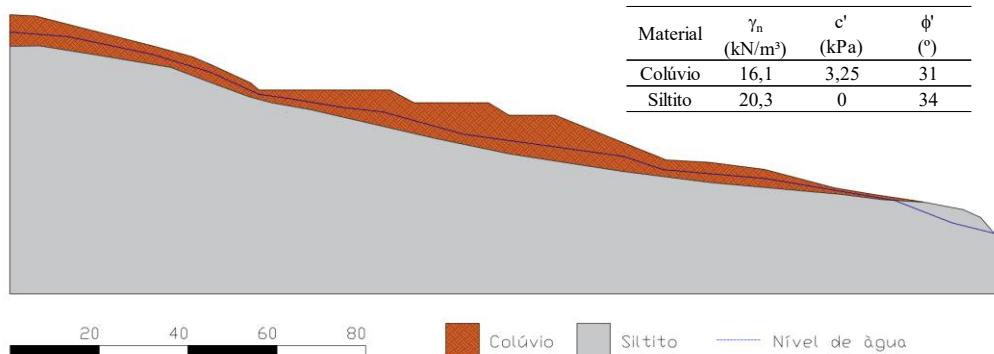


Figura 2. Seção da encosta e parâmetros geotécnicos.

2.3 Metodologia de modelagem numérica

As análises foram conduzidas com o software GeoStudio 2022, utilizando os módulos SEEP/W (simulação do fluxo de infiltração) e SLOPE/W (avaliação da estabilidade de taludes). Inicialmente, foram simuladas as condições de saturação do solo sob diferentes cenários de precipitação, correspondentes a eventos com intensidade de 50 mm/h sob diferentes tempos de duração (1, 2, 3 e 4 horas).

O perfil geotécnico foi modelado com duas camadas: o colúvio superficial e o siltito da base, considerado como material impermeável e com elevada resistência ao cisalhamento. A curva de retenção de água no solo foi definida com base em parâmetros típicos de solos argilosos siltosos, disponíveis no banco de dados do próprio GeoStudio. As propriedades hidráulicas foram ajustadas para refletir a dependência da condutividade hidráulica em relação ao grau de saturação.

A análise de estabilidade foi realizada pelo método de Morgenstern-Price, baseado no equilíbrio limite. A busca automática da superfície crítica de ruptura foi conduzida por meio do método probabilístico de Monte Carlo.

Durante as simulações, monitorou-se a elevação do nível de água e do fator de segurança ao longo do tempo. As análises permitiram avaliar os efeitos diretos de precipitações intensas sobre a encosta e do fluxo vertical sobre a estabilidade global dessa.

2.4 Curvas IDF

As curvas de relação Intensidade-Duração-Freqüência (IDF) são amplamente utilizadas em obras de engenharia, especialmente no dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, controle de erosão, estruturas hidráulicas e travessias como pontes e bueiros. Essas curvas permitem estimar a intensidade máxima de precipitação associada a uma determinada duração e freqüência de ocorrência (Vieira, 1998).

$$I = \frac{aTR^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$



Sendo I a intensidade de precipitação em mm.h^{-1} , TR o tempo de recorrência em anos, t a duração da chuva intensa em minutos, e a, b, c e d coeficientes de ajuste para uma determinada região em específico.

Diante dos eventos climáticos extremos ocorridos no Rio Grande do Sul em 2024, estudos hidrológicos voltados à definição e atualização das curvas IDF tornaram-se fundamentais para a adaptação da infraestrutura urbana e rural à crescente frequência e severidade desses eventos. A obtenção de curvas IDF confiáveis exige séries históricas consistentes de dados pluviográficos, com alta resolução temporal e longos períodos de observação — preferencialmente superiores a 20 anos e com baixa ocorrência de falhas (Basso et al., 2016).

Em resposta a esse cenário, o Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) propôs à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a reavaliação e atualização das curvas IDF para o Rio Grande do Sul (UFPB; ANA, 2024).

Neste trabalho, optou-se pela utilização das curvas IDF específicas para a cidade de Santa Maria-RS. As análises foram conduzidas a partir da curva IDF estabelecida por Roman (2015), juntamente com atualizações propostas pela UFPB, proporcionando uma base comparativa entre diferentes gerações de curvas IDF aplicadas à realidade local.

Tabela 2. Parâmetros de ajustes propostos para a IDF da cidade de Santa Maria-RS.

Parâmetros	Roman (2015)	UFPB (2025)
a	870,289	885,135
b	0,163	0,162
c	8,76	8,451
d	0,726	0,720

3 RESULTADOS

A Figura 3 demonstra as respectivas superfícies de ruptura, elevações do nível freático e dos valores de fator de segurança. Já a Figura 4 apresenta a variação da elavação do nível de água e do fator de segurança em função do tempo de duração para a precipitação de 50 mm/h. Expõe-se que o aumento da duração da chuva está diretamente associado à elevação do nível freático e consequente redução da estabilidade da encosta.

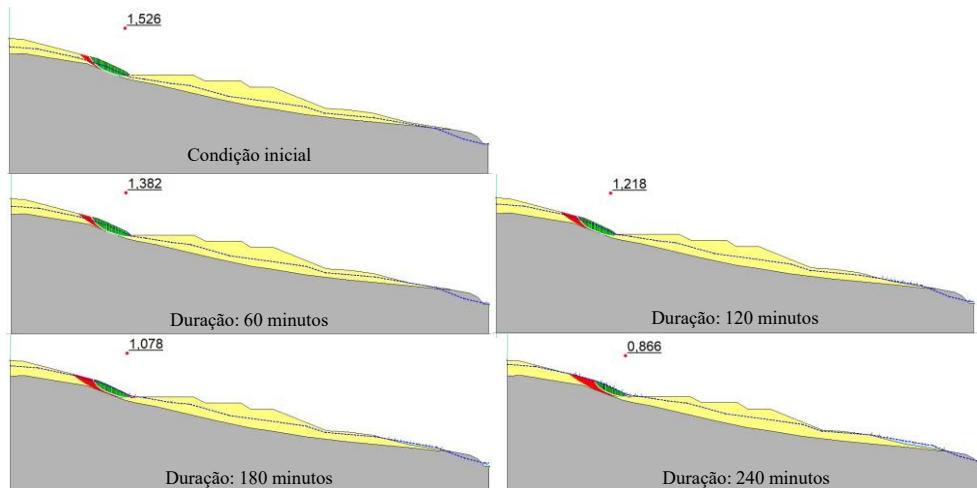


Figura 3. Análises de estabilidade acoplada para diferentes tempos de duração.



2025

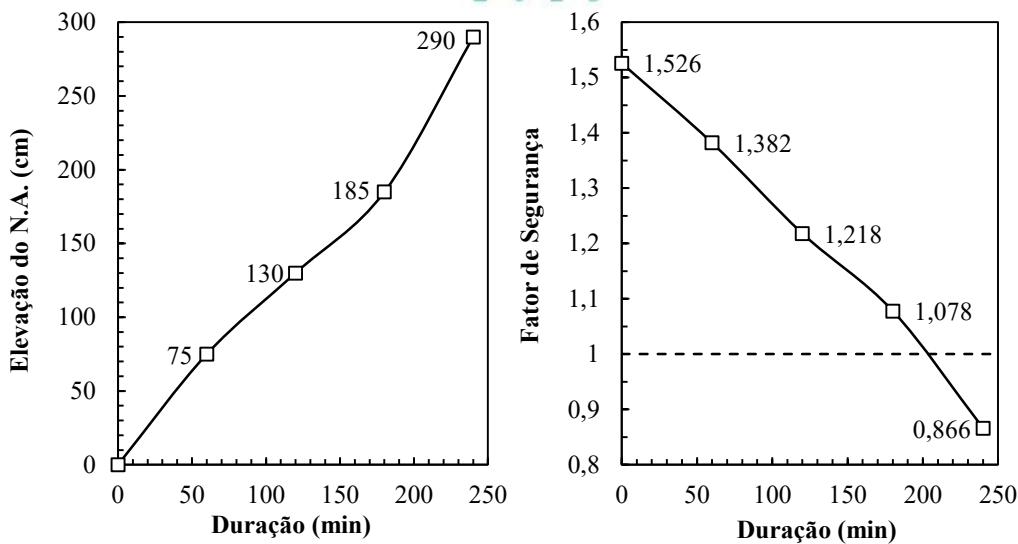


Figura 4. Nível de água e fator de segurança em função da duração da precipitação de 50 mm/h.

Observa-se que, para a intensidade de precipitação avaliada, o tempo de duração necessário para que ocorra a instabilidade da encosta é de aproximadamente 180 minutos. Esse valor corresponde a um tempo de retorno de cerca de 330 anos, conforme a equação IDF proposta por Roman (2015), elaborada antes dos eventos extremos de 2024. Já com base na equação IDF atualizada pela UFPB (2025), que considera os episódios de chuvas intensas mais recentes, o tempo de retorno associado é reduzido para aproximadamente 250 anos.

A Figura 5 apresenta os tempos de retorno calculados para diferentes durações de precipitação com intensidade constante de 50 mm/h, utilizando as curvas IDF desenvolvidas para Santa Maria por Roman (2015) e pela UFPB (2025), com seus respectivos coeficientes de ajuste. Observa-se uma redução significativa nos tempos de retorno para os mesmos eventos, indicando uma maior frequência de ocorrência de chuvas intensas, o que reforça a crescente recorrência de eventos climáticos extremos. De acordo com a curva IDF DE 2015, uma chuva com intensidade de 50 mm/h e duração de 180 minutos corresponde a um tempo de retorno de 320 anos. Já na curva atualizada, esse tempo foi reduzido em 24,24%, passando para cerca de 242 anos. Para a maior duração analisada, de 240 minutos, a redução do tempo de retorno foi de 24,91%, diminuindo de 1128 anos para 847 anos. Esses resultados evidenciam a necessidade de atualização periódica das curvas IDF, com base em dados atualizados e precisos, especialmente em face das mudanças no regime pluviométrico associadas às alterações climáticas.

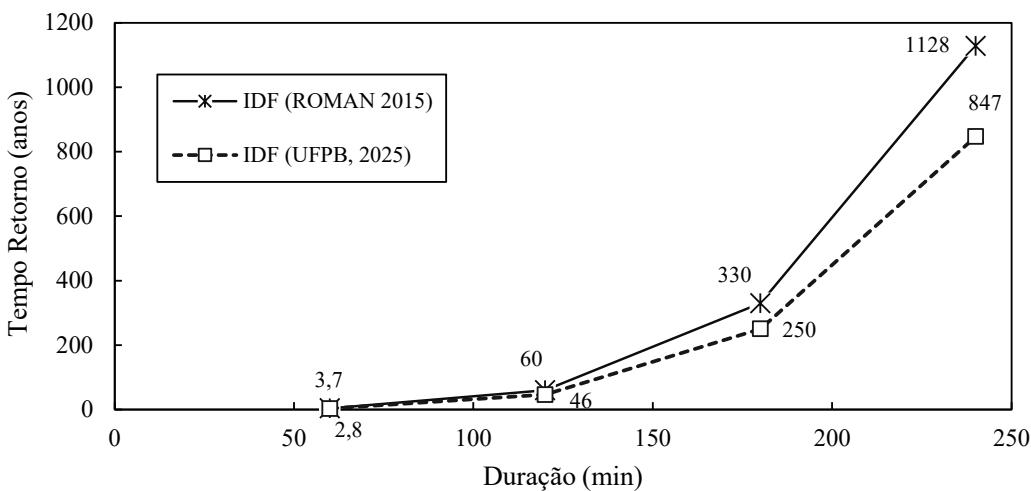


Figura 5. Tempo de Retorno para as duas IDFs analisadas para a precipitação analisada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS



2 0 2 5

Os resultados obtidos neste estudo demonstram os efeitos significativos das chuvas intensas na estabilidade de uma encosta coluvionar da região central do Rio Grande do Sul. As simulações numéricas conduzidas com o software GeoStudio permitiram avaliar, em detalhe, a influência do tempo de duração da precipitação sobre a elevação do nível freático e, consequentemente, sobre a redução do fator de segurança da encosta analisada.

Verificou-se que, para a intensidade de 50 mm/h, a instabilidade se manifesta a partir de aproximadamente 180 minutos de chuva contínua — condição essa associada, segundo curvas IDF atualizadas, a tempos de retorno entre 250 e 330 anos. Esses valores evidenciam que eventos anteriormente considerados raros tornaram-se mais frequentes, especialmente após os extremos registrados em 2024. A comparação entre as curvas IDF de Roman (2015) e da UFPB (2025) mostrou reduções expressivas nos tempos de retorno para uma mesma intensidade e duração de chuva, reforçando a tendência de intensificação das precipitações extremas.

Tais resultados ressaltam a necessidade da revisão e atualização de parâmetros hidrológicos tradicionalmente adotados em projetos de infraestrutura urbana e medidas de contenção de encostas. Além disso, destacam a importância de incorporar a análise integrada de fluxo de água e estabilidade em estudos geotécnicos voltados à prevenção de desastres. A vulnerabilidade das encostas da Formação Serra Geral, demonstrada pela coincidência espacial com os milhares de deslizamentos registrados em 2024, exige ações de monitoramento contínuo, planejamento urbano consciente e uso criterioso de ferramentas preditivas, como a modelagem numérica.

Dessa forma, conclui-se que a intensificação dos eventos extremos, aliada às características geológicas e geotécnicas da região, expõe a necessidade de estratégias de gestão de risco e de adaptação às mudanças climáticas, com base em dados atualizados, monitoramento e ferramentas sofisticadas de análise.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) por todo o apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2025). *As enchentes no Rio Grande do Sul: lições, desafios e caminhos para um futuro resiliente*. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA.
- BASSO, R. E. et al (2016). *Revisão das Isozonas de Chuvas intensas Do Brasil*. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 21, n. 4, p. 635-641.
- Bressani, L. A., Bica, A. V. D., Maciel Filho, C. L. (1996). *Mecanismos de instabilização de um talude coluvionar em Faxinal do Soturno/RS*. In: VIII Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Rio de Janeiro.
- Bressani, L. A., Bica, A. V. D. & Tonon, J. (1995). *Principais tipos de instabilidade de taludes junto a rodovias do Estado do Rio Grande do Sul*. In: 29 Reunião Anual de Pavimentação, ABPV, v.2, p.516-527, Cuiabá.
- Bressani, L. A., Bica, A. V. D., Pinheiro, R. J. B. & Ferreira, P. M. V. (1997). *Mechanisms of instability of a colluvium slope in Teutônia, Rio Grande do Sul*. In: II Pan-Am. Symp. Landslides, p. 261-267.
- Collischonn, W. (2025). The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in southern Brazil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 30, e1, 2025.
- D'Orsi, R. (2011). *Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da rodovia federal BR-116 RJ (Rio – Teresópolis)*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro – RJ.
- Eisenberger, Cícero Nei. (2003). *Estudo de um comportamento de um talude coluvionar urbano em Santa Cruz do Sul – RS*. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação*. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro.



2 0 2 5

Mohammad, A. S.; Satyanaga, A.; Abilev, Z.; Bello, N.; Kozyukova, N.; Zhai, Q.; Moon, S.-W.; Kim, J. (2024). *Effect of rainfall on slope stability*. *Frontiers in Built Environment*, [s.l.], Publicado em: 25 set. DOI: 10.3389/fbuil.2024.1376585. (Original Research).

Neyama, Y. (1989). *Relationship between the nature of heavy rains and landslide in western Japan*. In: Japan – China (Taipei) Joint Seminar on Natural Hazards Mitigation, Kioto, Japão, 16–20 jul. Anais. p. 244–260.

Oliveira, G. A. (2012). *Correlação entre pluviometria, piezometria e movimentos das encostas dos quilômetros 87 e 101 da Rodovia BR-116/RJ (Rio – Teresópolis)*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro – RJ.

Perazzolo, L. (2003). Estudo geotécnico de dois taludes da formação Serra Geral. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Pinheiro, J. B. R. & Soares, J. M. D. (2003). *Instrumentação e monitoramento de duas encostas coluvionares na região central do estado do Rio Grande do Sul*. In: Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil, Ed. Dunas, Rio Grande, n.3, p.15-22.

Pinheiro, R. J. B.; Soares, J. M. D.; Bica, A. V. D.; Bressani, L. A.; Eisenberger, C. N. (2002) *Investigação Geotécnica de uma Encosta na Área Urbana de Santa Cruz do Sul – RS*, XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo.

Pinheiro, Rinaldo José Barbosa. (2000). *Estudo de alguns casos de instabilidade da encosta da Serra Geral no estado do Rio Grande do Sul*. Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Roman, Carlos Augusto (2015). *Control of the drainage in the source and its compatibility to the municipal plan of the environmental sanitation of Santa Maria*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Silveira, Rodrigo Moraes da. (2008). *Comportamento Geotécnico de um solo coluvionar de São Vendelino (RS)*. Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Tatizana, C.; Ogura, A. T.; Cerri, L. E. S.; Rocha, M. C. M. (1987). *Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às 123 encostas da Serra do Mar*. In: 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo (SP), Brasil. Anais... ABGE, v. 2, p. 237–248.

Universidade Federal Da Paraíba; Grupo de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas (2025). Curvas IDF – Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://idf-rs-ufpb3f417c4037d6.opendata.arcgis.com>. Acesso em: 10 jul. 2025.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Instituto de Geociências; Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (2024). *Nota Técnica Conjunta IGEO/CEPSRM 06/2024: Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/289631>. Acesso em: 10 jul. 2025.

VIEIRA, D.B. (1998) *Análise das Máximas Intensidades de Chuvas na Cidade de Campinas*. In: IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, ABRH. Fortaleza.