

PROJETO **DRONE LiDAR**

MONITORAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

TECNOLOGIA E PRECISÃO A SERVIÇO
DA PROTEÇÃO DA VIDA



MAPEAMENTO 3D
DE ALTA PRECISÃO



MONITORAMENTO
DE ÁREAS DE RISCO
DE DESLIZAMENTOS



DADOS PARA
PREVENÇÃO E
ALERTA PRECOCE



PROTEÇÃO DA VIDA,
DO PATRIMÔNIO E
DA COMUNIDADE



**DEFESA CIVIL
MUNICIPAL DE ROLANTE/RS**

GESTÃO DE RISCOS • PREVENÇÃO
MONITORAMENTO • RESPOSTA

PROPONENTE: DEFESA CIVIL MUNICIPAL DE ROLANTE / MUNICÍPIO DE ROLANTE/RS



RESUMO

Em tempos de intensificação das mudanças climáticas e da ocorrência de eventos extremos, o monitoramento de áreas suscetíveis a movimentos de massa tornou-se uma necessidade fundamental para a proteção da população e para a redução de riscos e danos. No município de Rolante, atualmente encontram-se identificadas 24 áreas de risco de deslizamentos, abrangendo 252 residências e estabelecimentos, com aproximadamente 1.008 pessoas expostas diretamente aos perigos associados aos movimentos de massa (SBG/CPRM, 2024).

A identificação, análise e monitoramento dessas áreas apresentam elevada complexidade, especialmente em razão das características do relevo e da dificuldade de acesso a diversos pontos suscetíveis. Nesse contexto, o uso de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e levantamento topográfico de alta precisão torna-se essencial para subsidiar ações preventivas, planejamento urbano, emissão de alertas e resposta a emergências.

Dessa forma, o presente projeto tem por objetivo viabilizar a aquisição de um Drone LiDAR para a Defesa Civil Municipal de Rolante/RS, permitindo a realização de levantamentos aerofotogramétricos e topográficos de alta precisão em áreas de risco geológico e hidrológico. A tecnologia LiDAR possibilita a obtenção de modelos digitais do terreno com elevada resolução, inclusive em áreas com vegetação densa, permitindo identificar deformações no relevo, trincas, movimentações de encostas, alterações superficiais e demais indícios associados à instabilidade do solo. Além disso, o equipamento permitirá o monitoramento contínuo das áreas suscetíveis, a elaboração de mapas multitemporais, a atualização cadastral das áreas de risco e o desenvolvimento de estudos técnicos voltados à prevenção de desastres naturais. Os dados obtidos poderão ser integrados a sistemas de monitoramento hidrometeorológico e geoespacial, auxiliando na definição de limiares críticos de precipitação e no aprimoramento dos protocolos de alerta e evacuação. A utilização do Drone LiDAR também contribuirá para maior agilidade e segurança nas vistorias técnicas realizadas pela Defesa Civil Municipal, reduzindo a exposição das equipes em áreas de difícil acesso e aumentando significativamente a capacidade de análise e tomada de decisão em situações de emergência.

Por fim, o conjunto dessas ações permitirá fortalecer a capacidade operacional do Município de Rolante/RS na gestão de riscos e desastres, fornecendo informações técnicas estratégicas para o Sistema Municipal de Proteção e Defesa, promovendo maior segurança à população e contribuindo para a preservação de vidas, patrimônio e infraestrutura pública.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O município de Rolante possui histórico recorrente de eventos associados a movimentos de massa, enxurradas e instabilidade de encostas, especialmente em razão das características geológicas e geomorfológicas da região, associadas ao aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos. A localização do município na Bacia Hidrográfica do Rio Rolante, aliada ao relevo acidentado e aos elevados índices pluviométricos, torna diversas comunidades vulneráveis à ocorrência de deslizamentos de terra e processos erosivos.

Entre os episódios mais significativos registrados no município, destaca-se o desastre ocorrido em janeiro de 2017, quando chuvas extremas atingiram a região de Rolante e São Francisco de Paula, provocando centenas de cicatrizes de movimentos de massa ao longo da bacia hidrográfica. O evento ocasionou deslizamentos em encostas, destruição ambiental, interrupções de vias e impactos severos às comunidades locais. Estudos técnicos e diagnósticos realizados posteriormente apontaram a elevada suscetibilidade do território municipal aos processos de instabilidade de solo e movimentos gravitacionais de massa.



Foto 1 – A enxurrada que atingiu a localidade de Rolante veio com muita lama e detritos.
Fonte: Defesa Civil RS



Foto 2 – Estradas foram interrompidas e a vegetação foi arrastada pela água.
Fonte: Defesa Civil RS



Foto 3 – Área inundada do município de Rolante registrada pelo sobrevoo realizado no dia 06/01 pela Defesa Civil.
Fonte: Defesa Civil RS



Foto 4 – Região do Baixo Rio Sinos conforme registro do sobrevoo realizado no dia 13/01 pelo GT.
Fonte: DRH/GPDEN



Foto 5 - Início das evidências de deslizamentos conforme registro do sobrevoo realizado no dia 13/01 pelo GT.

Fonte: DRH/GPDEN



Foto 6 – Vista aérea da região de confluência do rio Rolante e arroio Jandira conforme registro do sobrevoo realizado no dia 13/01 pelo GT.

Fonte: DRH/GPDEN



Foto 7 – Região onde foram indentificados os maiores deslizamentos conforme registro do sobrevoo realizado no dia 13/01 pelo GT.

Fonte: DRH/GPDEN



Foto 8 – Vista aérea da Cascata do Sumidouro conforme registro do sobrevoo realizado no dia 13/01 pelo GT.

Fonte: DRH/GPDEN

Nos anos seguintes, os eventos climáticos extremos continuaram impactando o município. Em junho de 2023, fortes chuvas atingiram novamente Rolante, ocasionando enxurradas, alagamentos e deslizamentos de terra. Um dos casos mais relevantes ocorreu no bairro Rio Branco, onde um deslizamento destruiu completamente uma residência, exigindo atuação imediata da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros Voluntários. Apesar dos danos materiais, não houve registro de vítimas fatais. O episódio evidenciou novamente a vulnerabilidade das áreas urbanas ocupadas próximas a encostas e a necessidade de ampliação do monitoramento preventivo das áreas de risco.



Imagem 5. Imagem capturada por drone em 21/06/2023. Fonte: Defesa Civil Municipal.



Deslizamento Bairro Rio Branco
Fonte: Arquivo Defesa Civil

Ainda em novembro de 2023, novos eventos de chuvas intensas provocaram enxurradas, deslizamentos de terra, quedas de árvores e destruição de estruturas em localidades do interior do município. As ocorrências afetaram pontes, estradas e comunidades rurais, demonstrando a recorrência dos impactos associados à saturação do solo e à instabilidade das encostas em períodos de precipitação extrema.



Movimentos de massa 2023
Fonte: Arquivo Defesa Civil

No ano de 2024, o município voltou a enfrentar situações críticas relacionadas aos movimentos de massa e riscos geológicos. Durante os eventos meteorológicos extremos registrados no Rio Grande do Sul, a Defesa Civil Municipal passou a monitorar diversas localidades com sinais de instabilidade de solo, rachaduras e movimentação de encostas, especialmente em regiões como Boa Esperança, Morro da Figueira, Morro dos Garcia e Morro Grande. Em razão do risco iminente de deslizamentos, aproximadamente 30 famílias precisaram deixar preventivamente suas residências.



Mapeamento Setor 008 – SGB/CPRM

Além disso, avaliações técnicas realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM -, após os eventos extremos de 2024 identificaram diversos pontos críticos no município de Rolante, incluindo deslizamentos planares, quedas de blocos, erosão de margens fluviais e áreas de inundação. Os levantamentos apontaram riscos diretos a moradias e infraestrutura urbana e rural, reforçando a necessidade de investimentos em tecnologias de monitoramento e mapeamento geoespacial de alta precisão.

Além das 24 áreas classificadas como de risco para deslizamentos, abrangendo 252 residências e estabelecimentos e aproximadamente 1.008 pessoas expostas diretamente aos riscos geológicos (SGB/CPRM, 2024), eventos como o ocorrido em 2017 podem impactar diretamente e indiretamente toda a população do município, 21.253 habitantes (IBGE, 2022). Nesse contexto, a aquisição de um Drone LiDAR representa uma medida estratégica e essencial para o fortalecimento das ações de prevenção, monitoramento e resposta a desastres.

OBJETO

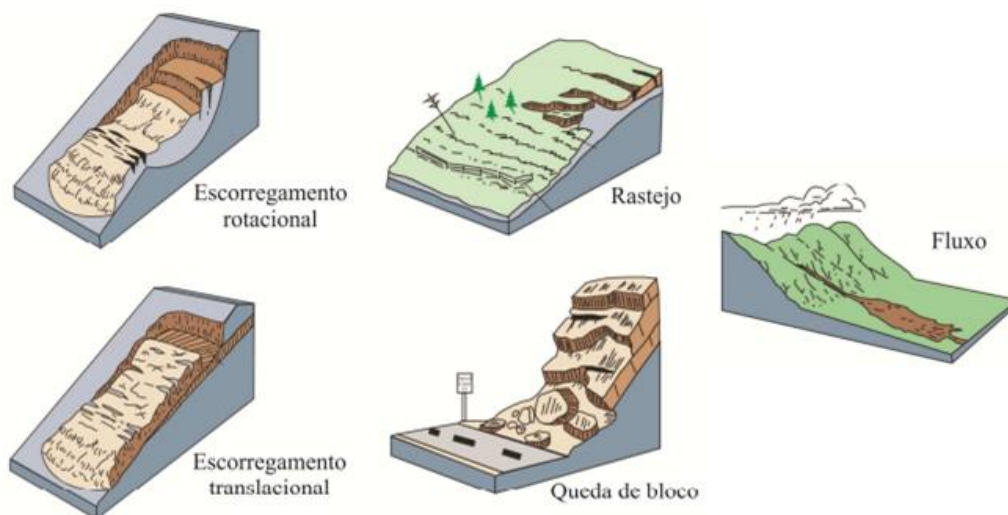
CROQUI DOS ITENS A SEREM ADQUIRIDOS – PROJETO DRONE LIDAR

ITEM	DESCRIÇÃO	IMAGEM ILUSTRATIVA (CROQUI)	ESPECIFICAÇÕES PRINCIPAIS	QUANTIDADE	VALOR ESTIMADO (R\$)
1	Drone multirotor RTK		• Drone multirotor profissional • Suporte a RTK/PPK • Alta precisão e estabilidade • Estrutura resistente e dobrável • Compatível com sensor LiDAR	01 unidade	R\$ 60.000,00
2	Sensor LiDAR para drone multirotor RTK		• Sensor LIDAR de alta precisão • Alcance de medição estendido • Alta taxa de aquisição de pontos • Leve e integrado para drones • Compatível com processamento PPK/RTK	01 unidade	R\$ 150.000,00
3	Conjunto de três baterias e um hub para recarregamento do drone multirotor		• 3 baterias inteligentes de alta capacidade • Compatíveis com o drone • Hub de carregamento múltiplo • Monitoramento de carga • Maior autonomia operacional	01 conjunto	R\$ 10.000,00
4	Módulo RTK para drone multirotor		• Módulo RTK de alta precisão • Correção em tempo real • Compatível com múltiplas constelações GNSS • Integração nativa com o drone	01 unidade	R\$ 10.000,00
5	Base GNSS RTK para drone multirotor		• Receptor GNSS RTK de alta precisão • Suporte a múltiplas constelações • Transmissão de correção via rádio • Alta estabilidade e desempenho • Ideal para levantamentos de precisão	01 unidade	R\$ 30.000,00
6	Tripé para base GNSS RTK do drone multirotor		• Tripé em alumínio reforçado • Alta estabilidade • Ajuste de altura • Compatível com base GNSS RTK • Uso em terrenos diversos	01 unidade	R\$ 5.000,00
VALOR TOTAL ESTIMADO DO PROJETO					R\$ 265.000,00

JUSTIFICATIVA

Os movimentos de massa representam um dos principais desastres naturais associados às mudanças climáticas e aos eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente em regiões de relevo acidentado e elevada suscetibilidade geológica (GARIANO & GUZZETTI, 2016; FROUDE & PETLEY, 2018). Esses fenômenos caracterizam-se pelo deslocamento de solo, rocha e materiais superficiais ao longo das encostas em decorrência da ação da gravidade, tendo como principais fatores condicionantes a declividade do terreno, as características geológicas e geotécnicas do solo e a ação da água proveniente de precipitações intensas. O aumento da saturação do solo provocado por chuvas intensas reduz a resistência dos materiais das encostas, favorecendo processos de instabilidade e desencadeando deslizamentos de terra, fluxos de detritos, erosões e outros movimentos gravitacionais de massa. Em municípios inseridos em regiões montanhosas, como Rolante, esses processos representam risco significativo à população, à infraestrutura urbana e rural e ao meio ambiente.

Os escorregamentos translacionais e rotacionais estão entre os tipos de movimentos de massa mais recorrentes em áreas urbanizadas e encostas ocupadas. Os escorregamentos translacionais geralmente apresentam superfície de ruptura plana e deslocamento rápido do material superficial, enquanto os rotacionais possuem superfície de ruptura côncava e movimentação em formato rotacional, normalmente associados a solos mais profundos e elevados índices de saturação hídrica (SIDLE & OCHIAI, 2006; HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008; HUANG et al., 2022).



Tipos de movimento de massa. Fonte: Adaptado de USGS (2004).

Diante da crescente recorrência desses eventos, torna-se fundamental o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas capazes de identificar precocemente sinais de instabilidade das encostas e fornecer informações precisas para subsidiar ações de prevenção e resposta a desastres. Nesse contexto, as tecnologias de sensoriamento remoto vêm se consolidando como importantes instrumentos para o monitoramento geológico e territorial.

A tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*) destaca-se atualmente como uma das ferramentas mais avançadas para aquisição de dados topográficos e geoespaciais de alta precisão. O sistema funciona por meio da emissão de pulsos laser em direção à superfície terrestre, permitindo medir distâncias e gerar modelos tridimensionais detalhados do terreno, da vegetação e das estruturas existentes na área monitorada. Quando embarcado em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, o sistema LiDAR possibilita levantamentos rápidos, seguros e altamente precisos, inclusive em regiões de difícil acesso e áreas com cobertura vegetal densa. Essa tecnologia permite identificar deformações no relevo, trincas, subsidências, movimentações de encostas e alterações superficiais associadas aos processos de instabilidade geológica. Outra importante vantagem da utilização do Drone LiDAR está na geração de Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS) com elevado nível de detalhamento, fundamentais para análises geotécnicas, mapeamentos de risco e estudos de suscetibilidade a movimentos de massa (DEBELLAGILO & KÄÄB, 2012; GAMA et al., 2020; KUMAR & MUTANGA, 2018).

Além disso, os levantamentos multitemporais permitem comparar alterações ocorridas ao longo do tempo, contribuindo para o monitoramento contínuo das áreas vulneráveis. A integração dos dados obtidos pelo Drone LiDAR com sistemas de geoprocessamento, bases cartográficas e monitoramento hidrometeorológico também amplia significativamente a capacidade de análise da Defesa Civil Municipal, possibilitando maior eficiência na elaboração de mapas de risco, definição de áreas prioritárias para intervenção e planejamento de ações preventivas. Além do monitoramento preventivo, o uso da tecnologia LiDAR apresenta grande relevância em situações de emergência e pós-desastre, permitindo rápida avaliação de danos, identificação de áreas instáveis, dimensionamento de impactos e apoio às operações de resposta e recuperação.

O projeto também contribuirá significativamente para a proteção da vida da população exposta às áreas suscetíveis a movimentos de massa, por meio do aprimoramento da capacidade de monitoramento, identificação precoce de instabilidades geológicas e suporte técnico à tomada de decisões em situações de risco. A utilização da tecnologia LiDAR permitirá maior precisão na delimitação de áreas vulneráveis, subsidiando ações preventivas, evacuações emergenciais e intervenções estruturais voltadas à redução do risco de desastres.

Ademais, a proposta auxiliará na preservação do patrimônio público e privado, reduzindo potenciais danos à infraestrutura urbana e rural, edificações, vias de acesso, sistemas de drenagem e demais estruturas



essenciais afetadas por deslizamentos, erosões e processos hidrológicos extremos. Os dados geoespaciais obtidos possibilitarão a elaboração de diagnósticos técnicos mais precisos, contribuindo para o planejamento territorial, ordenamento urbano e definição de áreas prioritárias para obras de contenção e mitigação de riscos.

Sob a perspectiva da adaptação climática, o projeto fortalecerá a resiliência municipal frente aos impactos decorrentes das mudanças climáticas, ampliando a capacidade institucional da Defesa Civil Municipal para atuação preventiva, monitoramento contínuo e resposta rápida a eventos extremos. A incorporação de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento proporcionará maior eficiência operacional, qualificação técnica e integração das ações de gestão de riscos e desastres, promovendo um modelo de governança mais moderno, preventivo e orientado por dados técnicos de alta precisão.

RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

Espera-se, com a execução do presente projeto, o fortalecimento da capacidade operacional e técnica da Defesa Civil Municipal de Rolante no monitoramento, prevenção e resposta a desastres associados a movimentos de massa e eventos hidrometeorológicos extremos. A aquisição do Drone LiDAR permitirá maior precisão e agilidade nos levantamentos geoespaciais das áreas suscetíveis a deslizamentos, possibilitando a atualização contínua do inventário municipal de áreas de risco e a identificação de instabilidades de encostas.

O principal resultado esperado do projeto é a preservação de vidas humanas, por meio da ampliação da capacidade de identificação precoce de riscos e adoção de medidas preventivas em situações de perigo iminente. Além disso, a proposta contribuirá diretamente para a proteção do patrimônio público e privado, reduzindo danos à infraestrutura urbana e rural, residências e demais estruturas essenciais do município.

O projeto também proporcionará maior eficiência nas ações de resposta a emergências, permitindo levantamentos rápidos e seguros durante e após eventos extremos, além de modernizar a gestão municipal de riscos por meio da incorporação de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento às rotinas operacionais da Defesa Civil.

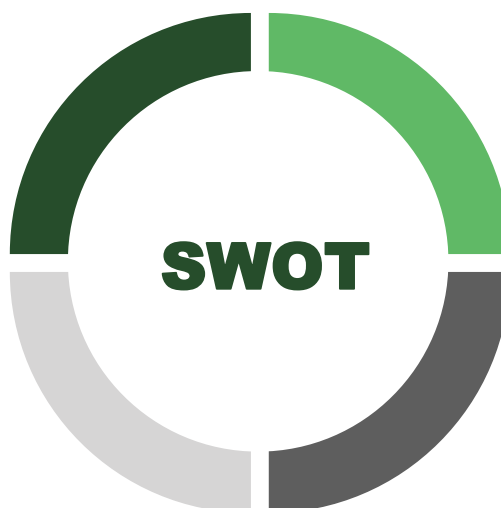
Por fim, espera-se que o projeto fortaleça a resiliência municipal frente aos impactos das mudanças climáticas, ampliando a capacidade de monitoramento territorial e contribuindo para uma atuação mais preventiva, eficiente e baseada em informações técnicas de alta precisão.

Análise SWOT:

Strengths: Forças; Weaknesses: Fraquezas; Opportunities: Oportunidades; Threats: Ameaças

PONTOS FORTES:

- Utilização de tecnologia avançada de sensoriamento remoto com elevada precisão
- Ampliação da capacidade técnica e operacional da Defesa Civil Municipal.
- Possibilidade de geração de modelos digitais de terreno e mapeamentos de alta resolução.
- Redução da exposição das equipes técnicas em áreas instáveis e de difícil acesso.
- Produção de dados técnicos para subsidiar políticas públicas e planejamento territorial.
- Fortalecer ações de resposta, com o objetivo de salvar vidas e proteger patrimônio



OPORTUNIDADES:

- Fortalecimento da gestão municipal de riscos e desastres
- Possibilidade de integração com órgãos estaduais, federais e instituições de pesquisa.
- Desenvolvimento de ações preventivas mais eficientes e baseadas em dados técnicos.
- Potencial de replicabilidade do projeto em outros municípios do Rio Grande do Sul.
- Ampliação da segurança da população e redução de danos ao patrimônio público e privado.

PONTOS FRACOS:

- Alto custo inicial para aquisição e manutenção dos equipamentos.
- Necessidade de capacitação técnica específica para operação e processamento dos dados.
- Dependência de condições climáticas adequadas para determinados tipos de operação aérea.
- Necessidade de atualização periódica de softwares e equipamentos.
- Limitação operacional relacionada à autonomia de voo e capacidade das baterias.
- Necessidade de estrutura computacional adequada para armazenamento e processamento dos dados geoespaciais.

AMEAÇAS:

- Intensificação dos eventos climáticos extremos em decorrência das mudanças climáticas.
- Obsolescência tecnológica dos equipamentos.
- Eventuais restrições operacionais relacionadas à legislação de voo e uso do espaço aéreo.
- Ocorrência de eventos extremos simultâneos que ultrapassem a capacidade operacional municipal.
- Riscos de danos aos equipamentos em operações realizadas em condições severas.
-

EAP – PROJETO DRONE LIDAR

Monitoramento de Áreas de Risco e Prevenção de Desastres no Município de Rolante/RS



PRODUTOS ENTREGUES



- Equipamentos adquiridos e operacionais
- Equipe capacitada
- Procedimentos operacionais padronizados

- Dados LiDAR coletados e processados
- Modelos digitais de terreno e superfície
- Mapas de risco atualizados

- Inventário municipal de áreas de risco
- Relatórios técnicos
- Apoio às decisões e ações da Defesa Civil
- Maior segurança à população e proteção de patrimônios públicos e privados



OBJETIVO FINAL

Salvar vidas, reduzir riscos e proteger patrimônios públicos e privados por meio do uso de tecnologia LiDAR embarcada em drone.

MDT: Modelo Digital de Terreno | MDS: Modelo Digital de Superfície | LiDAR: Light Detection and Ranging | EAP: Estrutura Analítica do Projeto



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1992, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992.

CABRAL, V. C. et al. Relação entre eventos hidrometeorológicos extremos e movimentos de massa no sul do Brasil. 2023.

COLLISCHONN, W. et al. Análise hidrológica e espacial das precipitações extremas no Rio Grande do Sul em 2024. 2025.

CRUZ, O. Alguns conhecimentos básicos para prevenção de movimentos de massa. São Paulo: IPT, 1974.

DAI, F. C.; LEE, C. F.; NGAI, Y. Y. Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, v. 64, p. 65–87, 2003.

DEBELLA-GILO, M.; KÄÄB, A. Monitoring slow-moving landslides using optical remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, v. 126, p. 109–119, 2012.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Relatórios oficiais dos eventos hidrometeorológicos extremos de 2024. Porto Alegre, 2024.

DRH/SEMA – GPDEN/UFRGS. Diagnóstico preliminar sobre os movimentos de massa na Bacia Hidrográfica do Rio Rolante. Porto Alegre, 2017.

EGAS, F. et al. Inventário de cicatrizes de movimentos de massa associados às chuvas extremas no Rio Grande do Sul em 2024. 2024.

FROUDE, M. J.; PETLEY, D. N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 18, p. 2161–2181, 2018.

GAMA, F. F. et al. Aplicação de técnicas DInSAR no monitoramento de movimentos de massa. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2020.

GARIANO, S. L.; GUZZETTI, F. Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, v. 162, p. 227–252, 2016.

GHADERPOUR, E. et al. Rainfall thresholds for landslide prediction using hydrometeorological monitoring systems. 2024.

GUIRRO, M.; MICHEL, G. Reconstrução hidrológica e análise dos deslizamentos ocorridos na Bacia Hidrográfica do Rio Rolante em 2017. 2023.

GUTIÉRREZ, J. M. et al. Climate change projections for southern Brazil and impacts on extreme precipitation. 2021.

HIGHLAND, L.; BOBROWSKY, P. The landslide handbook: a guide to understanding landslides. Reston: U.S. Geological Survey, 2008.

HUANG, R. et al. Characteristics and triggering factors of shallow translational landslides. 2022.



KOBIYAMA, M. et al. Desastres naturais e movimentos de massa em bacias montanhosas brasileiras. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2018.

KOBIYAMA, M. et al. Gestão de riscos hidrológicos e geológicos em regiões montanhosas do Brasil. 2019.

KOBIYAMA, M. et al. Recomendações para redução de riscos de desastres após os eventos extremos de 2024 no RS. 2025.

KUMAR, L.; MUTANGA, O. Google Earth Engine applications since inception: usage, trends, and potential. Remote Sensing, v. 10, n. 10, 2018.

SANTANGELO, M. et al. Landslide inventories and susceptibility assessment under climate change scenarios. 2023.

SIDLE, R. C.; OCHIAI, H. Landslides: processes, prediction and land use. Washington: American Geophysical Union, 2006.

TOMINAGA, L. K. Movimentos de massa. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Inventário preliminar de movimentos de massa associados às chuvas extremas de 2024 no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2024.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landslide types and processes. Reston, 2004.

VERDE, N.; PATIAS, J.; MALLINIS, G. Cloud computing and machine learning applications in geospatial analysis. 2022.