

**DEBRIS FLOW: ESTUDO DE CASO NA SERRA DAS ANTAS ENTRE AS CIDADES DE BENTO GONÇALVES E VERANÓPOLIS, RS**

Gabriela Macedo MIRANDA <sup>1</sup>; Marcos Saito DE PAULA <sup>2</sup>

**Resumo** – As corridas de detritos são fenômenos de dinâmica superficial com alto poder destrutivo e complexidade de previsão. Esse estudo tem como finalidade avaliar ocorrências pretéritas e atuais de *debris flow*, em uma microbacia com talvegue transposto pela BR-470 em um trecho de serra entre os municípios de Bento Gonçalves e Veranópolis, no estado do Rio Grande do Sul. Foram realizados mapeamentos em campo e foi utilizada a metodologia definida de Kanji *et al.* (2003). Na forma atual de transposição dos vales da serra, por meio de aterros, a rodovia funciona como um barramento. Em caso de ocorrência de corridas de detritos, os usuários da via podem ser atingidos por fluxos de detritos e o aterro da rodovia pode vir a romper. No trecho estudado, a rodovia cruza uma bacia suscetível a ocorrências de corridas de detritos. Em locais onde há evidência de campo, e outros métodos comprovam a suscetibilidade, qualquer obra de infraestrutura deve ser analisada no contexto de uma ocorrência de *debris flow*. Na BR-470, novas formas de transposição dos vales/talvegues devem ser estudadas, por exemplo com OAEs com grandes vãos entre os pilares, que permitam ao fluxo de detritos passar por baixo da rodovia, sem prejudicar a rodovia. Portanto, os órgãos gestores de rodovias devem conduzir estudos de suscetibilidade a *debris flow*, e nos casos em que se confirme a suscetibilidade, devem ser estudadas alternativas de transposição dos talvegues e/ou devem ser criados sistemas de alerta e fechamento de rodovia em caso de chuvas que ultrapassem limiares pré-estabelecidos.

**Abstract** – Debris flow are surface dynamics phenomena with high destruction power and complex forecasting. This study aims to evaluate previous and recent debris flow occurrences in a micro hydrographic basin crossed by the BR-470 highway, in a mountainous stretch between Bento Gonçalves and Veranópolis cities, in the Rio Grande do Sul state. Field surveys and Kanji *et al.* (2003) methodology were used. In the current form, the highway crosses many of the valleys with embankments, so the highway works as a dam. In the case that new debris flow occurs, the highway embankment could break, and the highway users could be affected. In the case studied, the highway crosses a debris flow susceptible basin. In places like these, where field evidence is present, and other analysis methods prove the susceptibility, any infrastructure construction needs to be analyzed in a debris context. In the BR-470 highway case, new ways of crossing the valleys need to be studied, like bridges with large pillar spans, that allow debris to pass without causing damage to the highway. To sum up, highway authorities need to conduct debris flow susceptibility studies, and should this susceptibility be confirmed, different valley crossing methods must be analyzed and alert and highway closure systems need to be created, should some pre-established rainfall threshold be crossed.

Palavras-Chave – Corridas de detritos; *debris flow*; Serra Geral, Bento Gonçalves.

<sup>1</sup> Geól., JS Geologia Aplicada – São Paulo - SP, (11) +55 11 97892-1085, gmiranda@jsgeo.com.br

<sup>2</sup> Geól., JS Geologia Aplicada – São Paulo - SP, (11) +55 11 97164-7450, msaito@jsgeo.com.br

## 1. INTRODUÇÃO

Episódios altamente destrutivos e súbitos de movimentos de massa são descritos na literatura como fenômenos superficiais do tipo corrida (*debris flow*, fluxo de detritos, corridas de detritos ou mesmo corridas de massa)

As corridas de massa-detritos-lama-vegetação são eventos expressivos nas regiões serranas, pelo alto poder destrutivo e pela complexidade de previsão de sua ocorrência. Essas corridas são consideradas um dos mais expressivos mecanismos para transportar materiais provindos de escorregamentos nas encostas e depois acumulados nos canais de drenagem. Diferem dos escorregamentos em maciços de solo pela maior velocidade de escoamento e por um comportamento mais fluido que se desenvolve pelos talvegues de regiões montanhosas. O fluxo de água se mistura com as frações de silte e argila do solo, forma uma lama que flui rio abaixo, transportando areia, cascalho, blocos de rocha, troncos e galhos de árvore a grandes distâncias, mesmo em baixas declividades (5° a 15°).

A região da serra gaúcha, entre as cidades de Bento Gonçalves e Veranópolis, apresenta bacias e sub-bacias com características fisiográficas favoráveis à ocorrência de fenômenos de *debris flow*. Em geral, esses processos originam-se a partir de um ou mais eventos de deslizamento, em vertentes serranas e vales encaixados de alta declividade.

Esses processos podem provocar danos em obras de infraestrutura, as condições de ocupação urbana, gerando danos materiais e podendo causar vítimas fatais, como foram os casos registrados em 1960 na Serra das Araras (RJ), *debris flow* na Serra do Mar em 1967 (SP), os fluxos na década de 1970 que afetaram a estrada de ferro Santos-Jundiá e o Viaduto Grotta Funda, o acidente ocorrido no ano de 1995 em Timbé do Sul e Jacinto Machado (SC), *debris flows* no ano de 1996 nas encostas do Quitite e Papagaio (RJ), as corridas de blocos no ano de 2000 no município de Lavrinhas no Vale do Paraíba (SP) e os escorregamentos registrados na cidade de Teutônia no RS, grandes movimentos de massa que ocorreram no vale do rio Três Forquilhas (RS), as corridas de massa em Santa Catarina em 2008 e nas serras de Teresópolis e Petrópolis (RJ), em 2011 e 2022 e na cidade litorânea de São Sebastião em 2023 (SP) e os deslizamentos ocorridos em 2024 em Bento Gonçalves e Veranópolis (RS).

Algumas regiões da Serra do Mar e da Serra Geral apresentam um quadro evolutivo natural de suas encostas bastante movimentado e intenso. Segundo Morgan et al. (1997) a maior parte das corridas de detritos inicia-se a partir de escorregamentos rasos (solos, detritos ou escorregamentos de massas rochosas), principalmente em encostas íngremes com abundantes solos residuais e colúviais. De acordo com Gramani, 2001, algumas condições são favoráveis para a ocorrência das corridas de detritos, destacando-se: abundante fonte de partículas e detritos de solos e/ou rocha inconsolidados, encostas íngremes (geralmente acima de 25°), fonte abundante de água atingindo os materiais suscetíveis à escorregamentos (hidrodinâmica: chuvas, degelo, rompimento de lagos, outros) e vegetação esparsa.

Apesar do número expressivo de ocorrências desse fenômeno em território nacional e da bibliografia técnica científica disponível sobre esse tema, os órgãos públicos e privados ligados aos sistemas rodoviários brasileiros ainda apresentam medidas de mitigação, prevenção e ação direta em casos de ocorrência desse fenômeno. O cenário atual, portanto, indica o despreparo dos órgãos públicos e privados diante desse fenômeno para obras e projetos.

### 1.1. Objetivos

Esse estudo tem como finalidade avaliar ocorrências pretéritas e atuais de *debris flow*, em uma microbacia com talvegue transposto pela BR-470 em um trecho de serra entre os municípios de Bento Gonçalves e Veranópolis, no estado do Rio Grande do Sul. Para isso, foram realizados mapeamentos em campo e foi utilizada a metodologia definida por Milton Kanji *et al.* (2003). Além disso, também foram propostas de soluções e medidas mitigadoras para o caso estudado.

### 1.2. Localização

A área de estudo está situada em uma região serrana entre os municípios de Bento Gonçalves e Veranópolis, no estado do Rio Grande do Sul. Trata-se de um trecho com talvegue

encaixado sobre o talude, ocorrência de água e tal e tal. A figura 1, a seguir, retrata o contexto geral da área investigada.

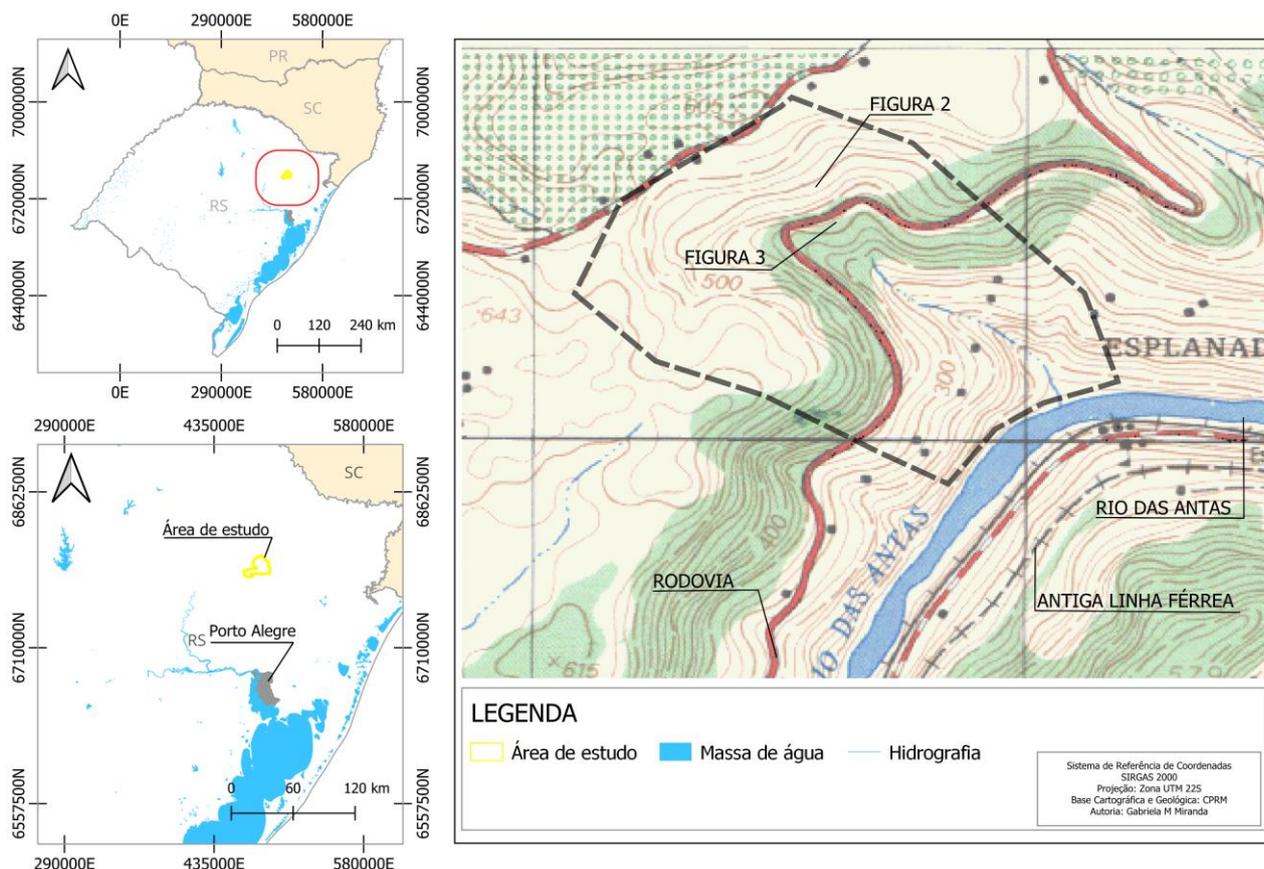


Figura 1 – Região da área de estudo situada na rodovia BR-470.



Figura 2 – Registros gerais da área de estudo. Notar a presença de blocos de rocha de tamanhos variados, típicos de depósitos de *debris flow*.



Figura 3 – Registro do setor a jusante da área de estudo. Notar sistema de drenagem canalizado por debaixo da rodovia.

### 1.3. Caracterização do meio físico

A área de estudo está inserida em um contexto geomorfológico de escarpa da Serra Geral com altitudes que podem variar entre 300 até 1000 metros (SILVEIRA, 2016), sendo que as rodovias que cortam estas escarpas apresentam taludes verticais, com alturas que muitas vezes atingem 15 a 30 metros. Trata-se de um terreno inserido no contexto geológico da Formação Serra Geral – Fácies Gramado, caracterizada pela ocorrência de Basaltos, Dacitos e Latitos. Na área serrana do estado do Rio Grande do Sul também ocorrem camadas intercaladas de rochas sedimentares nos derrames vulcânicos da Serra Geral.

A Serra Geral se enquadra em um cenário geológico-geomorfológico suscetível aos fenômenos de corridas de massa, localizada na região sul do Brasil. Suas escarpas íngremes com diferenças topográficas significativas, vales fechados e anfiteatros de pequenas dimensões formando pequenas sub-bacias, aliados à incidência de fortes chuvas, favorecem a formação e o desenvolvimento de corridas de detritos e lama por seus canais de drenagem (Gramani, 2001). Potentes pacotes coluvionares expostos nas porções de baixada indicam a recorrência do fenômeno na evolução da paisagem local (Gramani, 2001).

No que diz respeito a bacias e sub-bacias hidrográficas, a região da serra gaúcha, contém bacias com características fisiográficas favoráveis à ocorrência de fenômenos de *debris flow*. A micro-bacia estudada, apresenta declividade média estimada de 600 metros. Durante a etapa de mapeamento de campo, a encosta situada na área de estudo foi classificada como rocha basáltica intemperizada e foi identificado depósitos de colúvios com matriz argilosa e tálus. Os colúvios situam-se mais próximos do fundo dos vales e os tálus mais próximos das escarpas. Foram encontrados diversos blocos de tamanhos diversos, típicos de depósitos de *debris flow*, em toda a região do talvegue, conforme ilustra a figura 2. O talvegue estudado é transposto pela BR-470, onde a drenagem é feita por bueiros/galerias, que não tem dimensão suficiente para passagem de troncos ou blocos e matações de rocha, conforme indicado na figura 3. Esse cenário apresenta grande risco para a rodovia em caso de novas ocorrências de corridas de massa.

### 1.4 Ocorrência de debris flow devido as chuvas de maio de 2024

O mês de maio de 2024 foi marcado por volumes excessivamente altos de precipitação em grande parte do estado do Rio Grande do Sul. Esse volume ocasionou a maior catástrofe climática já registrada no estado. Entre os dias 28 de abril a 02 de maio de 2024, foram registradas precipitações pluviais acima de 300 mm na maior parte do estado entre . Entretanto, nas áreas Central (região dos Vales e região metropolitana), Serra e Campos de Cima da Serra, e Litoral Norte os valores foram ainda maiores e superaram 500 mm. As maiores precipitações pluviais foram registradas em Veranópolis (951,2 mm), Caxias do Sul (845,3 mm), Soledade (773,8 mm), Canela (767,2 mm), Bento Gonçalves (763,0 mm), (Tazzo, 2024).

Em comparação a Normal Climatológica Padrão (1991-2020) a precipitação pluvial do mês de maio ficou acima da média em praticamente todo o estado. Os valores corresponderam a sete

vezes o valor da normal climatológica padrão de maio de Veranópolis; 6,4 e 6,2 vezes no caso de Bento Gonçalves. Antes disso, setembro de 2023 era o mês com maior acumulado de chuva, 447,3 mm; seguido de maio de 1941, 405,5 mm; junho de 1944, 403,6 mm; abril de 1941 com 386,6 mm; e junho de 1982 com 365,6 mm (Marengo, 2024).

Nas encostas do Serra Geral, conforme informações do geógrafo Clódis Andrades Filho (Andrades Filho; Mexias, 202) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 16.862 pontos de ruptura se abrem, devastando terras agrícolas e pequenas cidades rurais. Em termos comparativos a eventos de grande magnitude. O mesmo autor ressalta ainda que os deslizamentos revelaram-se ser, ao menos, três vezes mais do que o evento em Petrópolis no estado do Rio de Janeiro de 2011, o que também demonstra a severidade dos eventos climáticos no estado do RS como um dos mais importantes ocorridos no Brasil até os dias de hoje (Andrades Filho; Mexias, 2024). A figura 5, indica os dados pluviométricos anual para a cidade de Bento Gonçalves, com destaque para os meses de maio e julho.

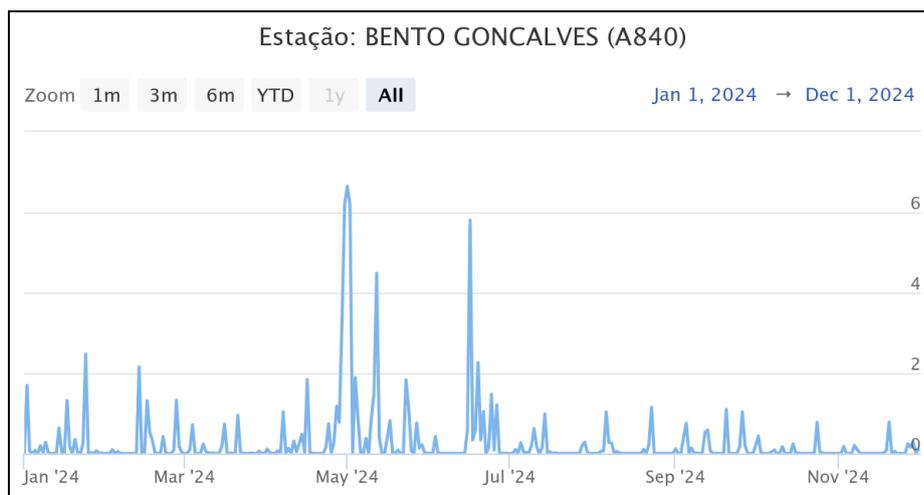


Figura 5 – Dados pluviométricos para a cidade de Bento Gonçalves, 2024. Fonte: INMET, 2024.

A figura 4, a seguir, indica os municípios com maior área do terreno atingida por movimentos de massa mapeados (total em km<sup>2</sup>) no contexto da catástrofe e a média climatológica para a cidade de Bento Gonçalves.

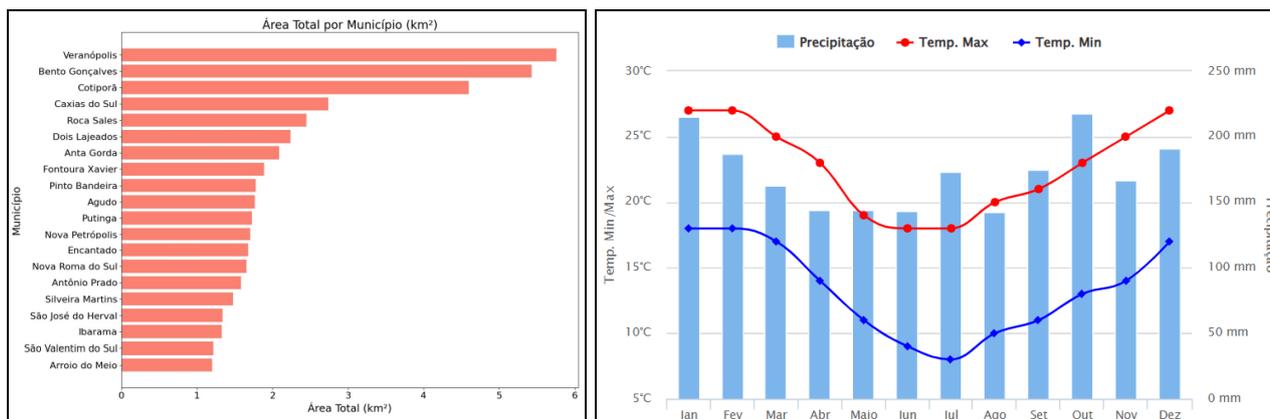


Figura 4 – A esquerda: lista dos 20 municípios gaúchos com maior área do terreno atingida por movimentos de massa mapeados (total em km<sup>2</sup>). A direita: Média climatológica, a partir de uma série de dados de 30 anos observados. Comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano para a cidade de Bento Gonçalves. Fonte: Climatempo e Instituto de Geociências, 2024.



Figura 6 - Registros da região da Serra das Antas depois do volume expressivo de chuva em maio de 2024. Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

## 2. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE *DEBRIS FLOW*

Os *debris flow* são processos bastante complexos, pois envolvem uma série de condições para a sua ocorrência. De forma geral, os trabalhos de campo para reconhecimento das áreas são de extrema importância para avaliar a ocorrência de feições típicas de corridas de detritos.

As encostas que possuem altas declividades (valor crítico observado na literatura em torno de 30°) e com disponibilidade de material passível de mobilização, são as mais suscetíveis ao desenvolvimento das corridas de detritos (GRAMANI, 2001). Alguns fatores promovem um aumento na probabilidade de ocorrência de escorregamentos (rastejos, quedas de blocos, erosões aceleradas): a) ausência de vegetação, expondo diretamente o solo às condições climáticas, intensificando-se os processos erosivos, b) estruturas primárias condicionando a instabilização dos materiais (falhas, fraturas, juntas); c) contatos entre solos de diferentes permeabilidades, provocando o aparecimento de fluxos de água, elevação de pressões no solo/rocha, d) solos com baixa resistência ao cisalhamento. Esses fatores contribuem isolada ou conjuntamente para diminuir a resistência do maciço (GRAMANI, 2001).

Além desses aspectos mencionados, a metodologia de avaliação de ocorrência de *debris flow* se dá também por meio de análises através dos parâmetros de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações da CPRM, através da metodologia de Vandine, do Coeficiente de Ciclo Móvel – CCM e da metodologia de Kanji.

A análise técnica completa realizada na área de estudo, contempla todas as metodologias de investigação listadas anteriormente, no entanto, para esse artigo, será apresentado apenas a metodologia desenvolvida por Milton Kanji e demais colaboradores.

Kanji *et al.* (2003) desenvolveram estudos para avaliar a suscetibilidade de ocorrência de *debris flow* considerando um conjunto de fatores relacionados as condições pluviométricas, morfologia dos terrenos, condições geológicas e formas de uso e ocupação da área. Estes autores destacam que os *debris flow* resultam de um enorme conjunto de escorregamentos, onde os materiais mobilizados, em condições altamente fluidas, se direcionam para o leito do rio, resultando em movimentos rápidos dos materiais ao longo dos talvegues e gerando grande poder destrutivo dada à elevada energia de transporte dos detritos em movimento.

A avaliação da suscetibilidade, proposta por estes autores, é resultante da ponderação dos fatores apresentados na Tabela 1, definidos pelos respectivos pesos, classes, intervalos de valores e graus parciais.

O Índice de Suscetibilidade (IS) é calculado pela somatória dos graus parciais e respectivo peso de cada um dos fatores ou, seja  $IS = \sum (\text{Peso} \times \text{Grau parcial})$  e comparado com a Tabela 2 para classificação da sua suscetibilidade à ocorrência de *debris flow*. Adotando-se essa metodologia foi calculado o Índice de Suscetibilidade (IS) para os 4 locais mencionados no item 1 e resumidamente apresentados na Tabela 3.

Tabela 1. Parâmetros para a avaliação da suscetibilidade da ocorrência de *debris flow* (adaptado de Kanji et al. 2003).

FATOR	CLASSE	PESO	INTERVALO DE VALORES PARA O FATOR	GRAU PARCIAL
Chuva (mm/h)	C1	3	>80	10
	C2		60-80	6,6
	C3		30-60	3,3
	C4		<30	0
Talude/encosta (graus)	T1	2,5	>45	10
	T2		30-45	6,6
	T3		15-30	3,3
	T4		<15	0
Declividade do rio (graus)	D1	0,5	>25	10
	D2		15-25	6,6
	D3		10 -15	3,3
	D4		<10	0
Área da bacia (km <sup>2</sup> )	A1	1	<5	10
	A2		5-10	6,6
	A3		10-20	3,3
	A4		>20	0
Altura dos taludes/encostas (m)	H1	1	>750	10
	H2		500-750	6,6
	H3		200-500	3,3
	H4		<200	0
Uso da terra e cobertura vegetal (%)	V1	0,5	90-100	10
	V2		50-90	6,6
	V3		30-50	3,3
	V4		<30	0
Condições geológicas	G1	1,5	G1	10
	G2		G2	6,6
	G3		G3	3,3
	G4		G4	0

\* Área ocupada ou sem vegetação

\*\* Inclui tipo de solo e rocha, propriedades geotécnicas, estrutura e recorrência

Tabela 2. Índice de suscetibilidade.

INTERVALO	ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE
80-100	Muito alto

INTERVALO	ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE
60-80	Alto
40-60	Médio
20-40	Baixo
0-20	Muito baixo

### 3. RESULTADOS

A partir da metodologia empregada, foi possível avaliar a taxa de suscetibilidade a ocorrência de *debris flow* em um trecho rodoviário de serra da BR-470 entre as cidades de Bento Gonçalves e Veranópolis no estado do Rio Grande do Sul.

Ao que tange a etapa de campo, a área de estudo indica um típico depósito de uma grande corrida de detritos, ou fenômeno de *debris flow*, onde diversos materiais, de tamanhos variados, foram mobilizados e depositados em conjunto e intensamente imbricados.

No que se refere a metodologia de Milton Kanji, em relação aos parâmetros adotados: o valor de precipitação pluviométrica média adotado foi de > 80 mm/h, a declividade do talude foi de 15° a 30° graus e a declividade do rio foi de 10° a 15° graus. Em relação a área da bacia, foi adotado o parâmetro menor que 5km<sup>2</sup>. A altura dos taludes varia entre 200 a 500 metros e para o uso da terra o parâmetro adotado foi de 30 a 50% de ocupação. Em relação as condições geológicas, foi adotado o parâmetro G1 o que é compatível com a condição da instabilidade atual dos maciços visualizados em campo. Esses parâmetros foram agrupados e serão apresentados na tabela 3, a seguir. Deve ser destacado que a evolução dessas encostas ocorre através de processos naturais caracterizados pelos escorregamentos, os quais são bastante comuns em períodos chuvosos, sempre deflagrados por elevados índices pluviométricos.

Tabela 3. Cálculo do Índice de Suscetibilidade para a ocorrência de *Debris flow* na região de Bento Gonçalves e Veranópolis, RS.

FATOR	TRECHO ESTUDADO	
	PESO x Grau Parcial (Valor adotado para o fator)	VALORES DE REFERÊNCIA - GRAU - PESO
Chuva (mm/h)	3 x 10,0 (>80)	72,1mm/h
Talude (graus)	2,5 X 3,3 (15-30)	21°
Declividade do rio (graus)	0,5 X 3,3 (10-15)	12°
Área da bacia (km <sup>2</sup> )	1 x 10 (<5)	2 km <sup>2</sup>
Altura dos taludes (m)	1 x 3,3 (200-500)	450 m
Uso da terra ou sem cobertura vegetal	0,5 x 3,3 (30-50)	36,5
Condições geológicas	1,5 x 10 (G1)	G1
<b>ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE</b>	<b>70</b>	-

A partir dos parâmetros empregados, foi calculado o Índice de Suscetibilidade (IS) para o trecho estudado e o valor obtido 70 – Alto Índice de Suscetibilidade a ocorrência de *debris flow*.

### 4. CONCLUSÕES

A partir do trabalho de campo e do emprego do método de Kanji, pode-se concluir que a bacia hidrográfica do trecho estudado é suscetível a ocorrências de corridas de detritos.

A suscetibilidade foi comprovada inicialmente de duas formas: depósitos de corridas anteriores, e o método de Kanji. As chuvas de maio de 2024 foram a terceira confirmação pois de fato ocorreu nova corrida.

As observações de campo comprovam essa suscetibilidade através da presença de blocos de rocha de tamanhos variados, típicos de depósitos de *debris flow*, conforme indicado na figura 2.

A partir do método de Kanji, cujo resultado obtido foi classificado em alto índice de suscetibilidade indica que esse depósito provavelmente não se trata de um evento único na história geológica desta microbacia. Ou seja, eventos de corridas de detritos podem se repetir dentro desse contexto de serra.

Os aspectos fisiográficos da microbacia, conforme indicado na tabela 3, são muito favoráveis à geração e desenvolvimento de movimentos de massa do tipo *debris flow*, com destaque: área das microbacias, diferença de cota entre cabeceira e final da microbacia, declividade dos canais e das encostas ao entorno.

Ao analisar a densidade dos pontos de ruptura que se abriram em relação à distribuição espacial das chuvas, os aglomerados de alta densidade de deslizamentos coincidem com áreas de maiores totais de precipitação, onde a chuva superou 600 mm entre 28 de abril e 2 de maio de 2024. Isso indica a influência significativa dos processos hidrológicos no desencadeamento dos escorregamentos que ocorreram. Em aspectos litológicos, a região afetada encontra-se dentro do domínio magmático da Formação Serra Geral, com predominância de basaltos e riolitos em altitudes elevadas, em contexto de serra.

Na forma atual de transposição destes vales, por meio de aterros, a rodovia funciona como um barramento. Em caso de novos eventos de corridas de detritos, a depender dos volumes de material mobilizados, os usuários da via podem ser atingidos por fluxos de detritos (blocos de rocha e troncos de árvores) e o aterro pode vir a romper.

Nos trechos estudado, a rodovia cruza a bacia suscetível a ocorrências de corridas de detritos, com existência de depósitos de blocos de rocha originados em eventos pretéritos do mesmo tipo. Ou seja, em locais onde há evidência de campo, e outros métodos comprovam a suscetibilidade, qualquer obra de infraestrutura deve ser retirada do caminho da corrida.

Este local é, portanto, classificado como uma área de risco, e na forma atual de transposição destes vales, por meio de aterros, a rodovia funciona como um barramento. Em caso de novos eventos de corridas de detritos, a depender dos volumes de material mobilizados, os usuários da via podem ser novamente atingidos por fluxos de detritos (blocos de rocha e troncos de árvores) e o aterro pode vir a romper.

Dito isso, novas formas de transposição dos vales/talvegues devem ser estudadas, por exemplo com OAEs com grandes vãos entre os pilares, que permitam ao fluxo de detritos passar por baixo da rodovia, sem prejudicá-la.

Portanto, os órgãos gestores de rodovias devem conduzir estudos de suscetibilidade a *debris flow*, e nos casos em que se confirme a suscetibilidade, devem ser estudadas alternativas de transposição dos talvegues e/ou devem ser criados sistemas de alerta e fechamento de rodovia em caso de chuvas que ultrapassem limiares pré-estabelecidos.

## REFERÊNCIAS

- CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil). 2014. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, escala 1:25.000. Disponível em [https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16588/1/NT-Carta\\_Suscetibilidade.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16588/1/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf) (acessado pela última vez em 10/11/2023).
- VANDINE, D.F. (1996). Debris flow control structures for forest engineering. Ministry of Forests Research Program, Working Paper 22/1996. Victoria, BC: Ministry of Forest.
- KANJI M. A., CRUZ, P. T., MASSAD, F AND ARAÚJO FILHO H. A. 2003. Triggering Conditions and Assessment of Susceptibility of *Debris flow* Occurrence In: Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2003, Boston. Proceedings of the Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, v.2. p.2503 – 2508.

CRUZ, P.T.; MASSAD, F.; KANJI, M.A.; ARAUJO FILHO, H.A. Debris flows in Serra do Mar, Cubatão, Brazil: Control Works and Design Parameters.. In: International Workshop on Debris flow Disaster of December 199, 2000, Caracas, Venezuela., Proceedings, 2000.

Collischonn, W., F. M. Fan, I. Possantti, F. Dornelles, R. Paiva, M. Sampaio, G. Michel, F. J. C. M. Filho, S. R. Moraes, F. F. N. Marcuzzo, R. D. L. Michel, T. L. C. Beskow, S. Beskow, E. Fernandes, L. Laipelt, A. Ruhoff, M. Kobiyama, G. L. Collares, F. Buffon, E. Duarte, S. Lima, F. S. C. Meirelles, D. Allasia (2025). O desastre hidrológico excepcional de abril-maio de 2024 no sul do Brasil, HydroShare, <http://www.hydroshare.org/resource/d9e5c2ffb49a4b729b240f3eb3084ff4>

Gramani, M. F. A corrida de detritos (debris flow) no Ribeirão Cágado, Serra do Mar, Município de Cubatão, SP. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE ENCOSTAS, 6., 2013, Angra dos Reis. Anais... Angra dos Reis: 2013, impresso, 125-158p. CUNHA, M. A. C. et al. Debris flow na Serra do Mar: O caso de Caraguatatuba, 1967. São Paulo: Oficina de Texto, 2022.

PINHEIRO, R. J. B. (2000). Estudo de alguns casos de instabilidade da encosta da Serra Geral no estado do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESSANI, 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: 29º REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, Cuiabá, MT. Anais: ABPv, v.2, p. 516-527.

Debris flow na Serra do Mar / Márcio Angelieri Cunha...[et al.]. -- São Paulo, SP : Oficina de Textos, 2022.

ANDRADES-FILHO, Clódis de Oliveira; MEXIAS, Lorenzo Sampaio Fossa (Editores). (2024). WebMapa de Movimentos de Massa para equipes de apoio na situação de calamidade - RS - Maio de 2024. Lab. Latitude – CEPARM/PPGSR / DEGD | IGeo | UFRGS. <https://arcg.is/ezjvW>.

PAIVA, R. et al. Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: chuvas e cheias extremas na região Sul do Brasil. [s.l.]: IPH/UFRGS, 2024. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2024/05/CriteriosAdaptacaoMudancaClimaticaChuvasCheiasExtremasSul.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2025.

Marengo, J. A., Dolif, G., Cuartas, A., Camarinha, P., Gonçalves, D., Luiz, R., Silva, L., Alvares, R. C. S., Seluchil, M. E., Moraes, O. L., Soares, W. R., & Nobre, C. A.. (2024). O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. Estudos Avançados, 38(112), 203–228. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012>

TAZZO, Ivonete Fatima et al. Condições meteorológicas ocorridas em maio de 2024 e situação das principais culturas agrícolas no estado do Rio Grande do Sul. Comunicado Agrometeorológico, Porto Alegre, n. 70, p. 6-30, maio 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/21084431-comunicado-agrometeorologico-70-biometeorologico-outono-2024-final.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2024.

Dados pluviométricos anual para a cidade de Bento Gonçalves, BR. Instituto Nacional de Meteorologia, INMET 2024. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A001..> Acesso em: 01/04/2025.

Climatologia e histórico de previsão do tempo em Bento Gonçalves, BR. Climatempo, 2024. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/350/bentogoncalves-rs>. Acesso em: 01/04/2025.

Mapeamento de movimentos de massa nota técnica. Instituto de Geociências, 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/igeo/2347/mapeamento-de-movimentos-de-massa-nota-tecnica/>. Acesso em: 01/04/2025.