XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/99

Mitigação de Riscos Geotécnicos: Estudo de Caso de Barreira Dinâmica Reutilizável na BR-376

Alan Donassollo
Gerente Técnico Comercial, Solution IPD, Curitiba, Brasil, alan.donassollo@solution-ipd.com

Lucas Defalco Marcomini
Engenheiro Civil, Maccaferri, Jundiaí, Brasil, l.marcomini@maccaferri.com

Petrucio Junior Santos
Gerente Técnico, Maccaferri, Jundiaí, Brasil, p.santos@maccaferri.com

Ricardo Oliveira Sirmatei
Engenheiro Civil, Maccaferri, Jundiaí, Brasil, r.sirmatei@maccaferri.com

RESUMO: As fortes chuvas que atingiram o estado do Paraná no final de novembro de 2022 provocaram um deslizamento de terra no km 669 da rodovia BR-376, em Guaratuba, interrompendo parcialmente o tráfego e gerando risco à segurança dos usuários. O volume de chuva ultrapassou 200 mm em 72 horas, sendo um dos maiores acumulados registrados na região no período. Eventos climáticos de grande intensidade, como esse, têm se tornado cada vez mais frequentes e imposto à engenharia geotécnica o desafio de desenvolver soluções ágeis, eficazes e seguras para garantir a estabilidade de encostas e a continuidade operacional de infraestruturas críticas. Diante da necessidade de resposta imediata e considerando a necessidade de liberação rápida da via e de uma resposta técnica eficiente, foi instalada uma barreira dinâmica provisória com o objetivo de mitigar o risco de novos escorregamentos durante o período de execução da obra definitiva de estabilização por solo grampeado. Um ano após a conclusão da obra houve um deslizamento no local, no qual se pode comprovar os critérios adotados no dimensionamento da solução. O presente trabalho descreve o contexto geotécnico da ocorrência, os critérios de seleção e dimensionamento da solução provisória, o desempenho estrutural observado em campo e a relevância do uso de sistemas dinâmicos em cenários emergenciais.

PALAVRAS-CHAVE: Barreira dinâmica; mitigação de riscos; segurança rodoviária; deslizamento de terra; shallow landslide.

ABSTRACT: This paper presents a case study on the use of a dynamic barrier as an emergency solution for geotechnical risk mitigation along the BR-376 highway, located in a mountainous region in southern Brazil. Intense rainfall events in November 2022 triggered a shallow landslide, causing partial traffic interruption and posing risks to road users. Due to the need for a rapid response, a dynamic barrier was installed at the toe of the slope to contain potential subsequent movements during the construction of the permanent stabilization solution using soil nailing. The study describes the geotechnical context of the site, the criteria adopted for selecting the temporary solution, and the performance of the system under real conditions. Approximately one year after installation, a new landslide occurred, mobilizing an estimated volume of 110 m³ of soil and activating the barrier. The structure successfully retained the displaced material, preventing it from reaching the roadway and avoiding further traffic disruption. Field observations indicated that the barrier behaved as expected, with localized damage and controlled deformation of its components, without compromising its overall integrity. The results demonstrate that dynamic barriers, commonly used for rockfall protection, can also be effectively applied to contain shallow soil landslides in emergency scenarios. The findings highlight the importance of rapid-response solutions in geotechnical risk management and contribute to the evaluation of dynamic barrier performance under real loading conditions.

KEYWORDS: Dynamic barrier; geotechnical risk mitigation; shallow landslide; slope instability; highway safety.

1 INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos têm se tornado cada vez mais frequentes nas últimas décadas (IPCC, 2021), aumentando o risco de instabilidade em encostas e de interrupções em rodovias implantadas em regiões serranas. Chuvas intensas ou com longa duração favorecem a saturação dos solos superficiais e reduz a resistência ao cisalhamento em função da diminuição da sucção matricial e da coesão aparente (Fredlund & Rahardjo, 1993; Gerscovich, 2012), desencadeando deslizamentos superficiais, que representam um dos maiores riscos geotécnicos para as rodovias que cruzam essas regiões.

A infraestrutura rodoviária brasileira atravessa diversos desafios geotécnicos, devido ao fato de sua vasta área territorial abranger diferentes formações geológicas e topográficas. O deslizamento de solo em uma rodovia pode ter impactos significativos, como a interrupção total ou parcial do tráfego, resultando em prejuízos econômicos, aumento do risco de acidentes e comprometimento da segurança. A adoção de medidas emergenciais em rodovias estratégicas, que possibilitem a rápida liberação da via sem prejuízo à segurança, constitui um desafio recorrente para a engenharia geotécnica.

A mitigação dos riscos de deslizamento de uma encosta geralmente ocorre por meio de obras definitivas de contenção e drenagem, as quais demandam tempo até a sua conclusão. No entanto, em situações emergenciais, são necessárias intervenções rápidas. Nesses casos, a adoção de soluções provisórias capazes de reduzir o risco geotécnico de forma eficaz durante o período de implantação da obra definitiva é fundamental.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo apresentar e analisar o desempenho de uma barreira dinâmica, instalada em caráter emergencial no km 669 da Rodovia BR-376, no município de Guaratuba, estado do Paraná, após um deslizamento de terra provocado por fortes chuvas. O estudo aborda o contexto geotécnico e os critérios adotados para o dimensionamento e seleção da solução e, por fim, avalia o desempenho da solução em campo, contribuindo para a avaliação da aplicação de barreiras dinâmicas na mitigação de riscos geotécnicos em cenários emergenciais.

2 OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A rodovia BR-376 constitui um dos principais corredores logísticos da Região Sul do Brasil, desempenhando papel estratégico na ligação entre a Região Metropolitana de Curitiba e o litoral do estado do Paraná, bem como na conexão com o estado de Santa Catarina. O trecho de serra da rodovia caracteriza-se por elevado volume de tráfego, incluindo veículos de carga e transporte de passageiros, o que torna a via particularmente sensível a interrupções operacionais decorrentes de instabilidades geotécnicas.

O segmento localizado no km 669, no município de Guaratuba, insere-se em uma região de relevo acidentado, com encostas íngremes adjacentes à plataforma rodoviária. As características geomorfológicas e geológicas locais, associadas a elevados índices pluviométricos, tornam esse trecho historicamente suscetível à ocorrência de movimentos de massa, especialmente deslizamentos rasos induzidos por eventos de chuva intensa.

No final de novembro de 2022, o estado do Paraná foi atingido por chuvas intensas com longa duração, chegando à marca de 200 mm em um intervalo aproximado de 72 horas na região de Guaratuba. Esse volume acima do normal, conforme se pode evidenciar na Tabela 1, provocou a elevação rápida do grau de saturação dos solos superficiais das encostas, favorecendo a redução da resistência do solo.

Como consequência, ocorreu um deslizamento de terra no km 669 da BR-376, ocasionando a interdição devido ao material depositado na pista, conforme demonstrado na Figura 1.

A encosta onde ocorreu o deslizamento apresenta perfil típico de região serrana, com declividades elevadas e cobertura de solo residual pouco espessa. Os materiais envolvidos são predominantemente constituídos por solos residuais derivados do intemperismo de rochas do embasamento cristalino, apresentando granulometria fina a média, com fração argilosa significativa e comportamento fortemente dependente do teor de umidade.



Figura 1 - Deslizamento após a limpeza (Fonte: Acervo Maccaferri)

3 ANÁLISE DE RISCO E SOLUÇÕES ADOTADAS

Após o evento inicial, observou-se a presença de material instável remanescente na encosta, além de trincas de tração e evidências de movimentação superficial do maciço. Essas condições indicavam potencial para a ocorrência de novos deslizamentos, especialmente em caso de novos eventos de precipitação intensa, conforme amplamente documentado em encostas tropicais (Gerscovich, 2012; Guidicini & Nieble, 1984).

Diante disso, no projeto realizado foi proposta uma solução não apenas de controle de erosão ou revegetação, mas de estabilização global da encosta rompida. Esta solução consistiu em um reperfilamento do talude rompido e implementação de solução em solo grampeado com revestimento em concreto projetado. Uma solução também teve de ser estudada para a contenção existente na parte inferior à rodovia, uma vez que a integridade estrutural desta obra foi comprometida pelo deslizamento.

A implantação da obra de estabilização definitiva levaria vários meses, devido à sua complexidade logística e de execução. O deslizamento ocorreu no final de novembro e de acordo com dados de histórico meteorológico (Climate-Data.org, 2026) o período com maior incidência de chuvas no município de Guaratuba-PR ocorre nos meses de janeiro a março, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Média de chuvas no município de Guaratuba-PR no período de 1991 a 2021 (Adaptado de Climate-Data.org, 2026)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação [mm]	284	255	217	130	122	102	98	87	142	143	157	191
Dias chuvosos	18	15	16	12	10	7	8	7	11	13	13	14

Diante do prazo para executar uma contenção definitiva somado ao aumento da precipitação nos meses subsequentes ao deslizamento e ao aumento do número de veículos ocasionado pelas férias de fim de ano, tornou-se necessária a adoção de uma solução provisória que viabilizasse a liberação do tráfego na rodovia com condições mínimas de segurança aos usuários da via. Foi realizada uma caracterização preliminar do talude rompido, que indicou a predominância de solo residual muito intemperizado, classificado como saprólito. Esse tipo de material apresenta comportamento fortemente dependente do teor de umidade, com redução significativa da resistência ao cisalhamento quando submetido a condições de saturação, em função da diminuição da sucção matricial e da coesão aparente. Como consequência, escorregamentos superficiais tornam-se mais prováveis durante ou após eventos de chuva intensa.

A análise das condições observadas em campo indicou a presença de risco iminente de novos movimentos de massa, tornando necessária a adoção de uma solução provisória que permitisse a liberação segura do tráfego até a implantação de uma solução definitiva de estabilização.

A solução temporária adotada consistiu na instalação de uma barreira flexível, escolhida principalmente pela rapidez de implantação e pela possibilidade de execução no pé do talude de forma segura e com mínima interferência no tráfego. Em função da urgência da intervenção e do curto prazo disponível para mobilização, foi avaliada a utilização de um sistema disponível no mercado à pronta entrega. A barreira disponível havia sido originalmente projetada para contenção de blocos rochosos, sendo necessária, portanto, a verificação de sua capacidade de absorção de energia e de retenção para a contenção de massas de solo provenientes de possíveis escorregamentos superficiais, que pode ser classificado como *shallow translational landslide*, conforme classificação proposta por Hungr et al. (2014).

4 SOLUÇÃO PROVISÓRIA EM BARREIRA FLEXÍVEL

Barreiras flexíveis, ou barreiras dinâmicas, vêm sendo utilizadas pela engenharia geotécnica há mais de 6 décadas, como apontam alguns casos de obra registrados, alguns dispostos em Agostini et al. (1988). Agostinacchio e Olita (2002) demonstram que as barreiras assumiram várias formas diversas no início de sua utilização histórica na engenharia, como barreiras rígidas feitas de madeira ou aço e barreira flexíveis, construídas com cabos de aço horizontais e malhas simples. Em 2008, com a publicação da primeira edição da ETAG 027 (Substituído pelo EAD 340059-00-0106) as barreiras foram padronizadas tanto em sua metodologia de testes e certificação como consequentemente em sua composição.

A barreira disponível para utilização havia sido originalmente projetada e certificada para proteção contra queda de blocos rochosos, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo EAD 340059-00-0106. Dessa forma, o sistema possuía desempenho validado por ensaios em escala real para absorção de energia de impacto e retenção de materiais rochosos.

Considerando a necessidade de uma solução emergencial e a indisponibilidade imediata de sistemas especificamente certificados para contenção de deslizamentos superficiais, foi realizada uma avaliação de engenharia com base em literatura técnica especializada para verificar a adequação da barreira às condições do caso estudado. Trabalhos desenvolvidos por Sun et al. (2015) e Zhao et al. (2022) demonstram que barreiras flexíveis originalmente concebidas para proteção contra queda de blocos podem apresentar desempenho satisfatório na retenção de massas de solo provenientes de escorregamentos superficiais, desde que sejam avaliadas as condições de carregamento, capacidade de retenção e deformabilidade do sistema.

O dimensionamento da solução adotada considerou um volume específico de 50 m³/m de barreira. Esse valor foi estimado a partir de uma avaliação geométrica preliminar da área instável, admitindo-se uma espessura média mobilizável da ordem de 5 m e uma extensão contribuinte aproximada de 10 m na direção da encosta, resultando em um volume potencial de cerca de 50 m³ para cada metro linear de barreira. O volume considerado foi então analisado em conjunto com a declividade do terreno e a altura potencial de chegada do material à estrutura, seguindo os critérios propostos por Sun et al. (2015).

Para receber o volume proposto e retê-lo, adotou-se duas barreiras, uma com 30 m e outra com 40 m de comprimento, de modo a abranger toda a área da ruptura. A altura adotada foi de 4m. Na metade inferior da barreira, foi posicionado uma manta geotêxtil para reter os finos do solo em uma eventual ruptura, conforme demonstrado na Figura 2.

A locação da barreira foi realizada na terceira faixa da rodovia, que foi interditada durante as obras. Após a finalização da implantação das obras definitivas de solo grampeado a barreira seria retirada e ficaria em posse da concessionária para aplicações futuras.



Figura 2 - Barreira flexível temporária implantada na lateral da via e no pé do talude (Fonte: Acervo Maccaferri)

5 SINISTRO NA BARREIRA E DESEMPENHO OBSERVADO

Um ano e 2 meses após o deslizamento inicial, no dia 29 de fevereiro de 2024, ocorreu um novo evento de instabilidade no talude, durante a fase de execução das obras de solo grampeado.

O evento mobilizou aproximadamente 110 m³ de solo residual, caracterizando novamente um deslizamento superficial associado à saturação do material saprolítico da encosta. A massa deslocada atingiu a barreira flexível instalada no bordo da rodovia, concentrando o impacto no próximo ao centro da maior barreira instalada, de 40 m de comprimento.

Considerando o volume mobilizado de aproximadamente 110 m³ e adotando peso específico médio de 18 kN/m³, estima-se um peso total da ordem de 2000 kN. O volume mobilizado mostrou-se compatível com a ordem de grandeza considerada em projeto, porém com uma abrangência menor, uma vez que se destacou em apenas um ponto.

A barreira foi parcialmente acionada, promovendo a retenção integral do material mobilizado e impedindo que o solo atingisse a pista de rolamento. O comportamento observado é compatível com o desempenho esperado para sistemas de proteção contra impactos, nos quais a dissipação de energia ocorre por meio da plastificação controlada dos componentes metálicos e deformação global do sistema (Volkwein et al., 2011)

A inspeção técnica realizada após o evento identificou danos localizados na estrutura, compatíveis com o mecanismo de absorção de energia esperado.

A deformação total máxima atingida pela malha no momento do impacto não foi registrada, dada a velocidade em que se realizou a limpeza e remoção do material deslizado. Contudo, pode-se ter uma ideia através da distância da barreira até a mureta de concreto, conforme Figura 3. Estima-se que a deformação máxima da barreira não tenha ultrapassado os 1,50m, cerca de 23% da deformação máxima aferida no ensaio em escala real da barreira (de acordo com EAD 340059-00-0106)

Outro indicador do nível de solicitação sofrido pela barreira pode ser observado na deformação dos dispositivos dissipadores de energia (DDE). Estes dispositivos, neste modelo específico de barreira consistem em elementos em forma de ômega (Figura 4), feitos de aço, que ao receberem uma carga abrupta, oriunda do

impacto na barreira deformam de maneira plástica, possibilitando a dissipação da energia e redução do pico de carga nos cabos da estrutura. O conjunto de DDE é composto por 3 peças individuais de ômega de aço e cada peça individual se deforma cerca de 450 mm mediante o carregamento máximo que a barreira é projetada para desempenhar.



Figura 3 - Barreira vista da rodovia durante visita de inspeção (Elaborado pelo autor, 2024)



Figura 4 - Dispositivos dissipadores de energia (DDE) (Elaborado pelo autor, 2026)

Observou-se após o impacto, durante visita no local realizada pelo autor deste trabalho, que ocorreu deformação nos DDEs, porém, em níveis muito abaixo dos 450mm máximos, estando na ordem dos 20 mm em alguns dos pontos. (Figura 5)

Este nível de deformação representa cerca de 4% em relação ao máximo suportado pelos dispositivos dissipadores de energia e isto é um indicativo que a estrutura trabalhou em uma condição muito abaixo da qual fora testada.



Figura 5 - Deformação aferida nos DDE após impacto de solo na barreira (Elaborado pelo autor, 2024)

Após a inspeção, alguns itens de substituição foram, recomendados, como medida preventiva para evitar abrasão e manter a barreira pronta para receber futuros impactos com sua capacidade máxima. A recomposição do sistema foi realizada por meio do corte do painel danificado e instalação da nova malha utilizando manilhas de conexão aos cabos longitudinais, procedimento que permitiu sua manutenção sem necessidade de desmontagem completa da barreira.

O desempenho observado em campo demonstrou que a barreira atuou conforme o comportamento esperado para estruturas de dissipação de energia, apresentando deformações localizadas e danos substituíveis, sem ocorrência de colapso estrutural ou perda de funcionalidade. O evento constituiu, portanto, uma validação em escala real dos critérios adotados para seleção e dimensionamento da solução provisória, evidenciando a eficácia do uso de barreiras flexíveis na mitigação de riscos associados a deslizamentos superficiais em cenários emergenciais.

6 DISCUSSÕES E CONCLUSÃO

O estudo de caso apresentado evidenciou a possibilidade do uso de barreiras flexíveis como soluções temporárias para mitigação de riscos geotécnicos em obras com risco de deslizamentos superficiais. A instalação relativamente rápida da estrutura atendeu as exigências da operação rodoviária, liberando o tráfego de forma rápida e mantendo as condições mínimas de segurança aos usuários da rodovia até a execução da solução definitiva para a encosta.

O deslizamento ocorrido após a instalação da barreira permitiu a avaliação da solução proposta, corroborando os critérios de dimensionamento adotados. A solução foi capaz de reter a massa de cerca de 110 m³ de solo que deslizou, impedindo seu avanço até a rodovia e evitando uma nova interdição.

O comportamento observado, caracterizado pelas deformações, é parte do mecanismo de funcionamento da solução que para dissipar a energia se deforma. Após o evento houve a necessidade de substituir alguns dos componentes da estrutura, por conta dos processos abrasivos que se estabeleceram e para manter sua capacidade de retenção em nível pleno.

A análise dos resultados indica que a solução adotada apresentou desempenho compatível com sua capacidade nominal. Embora o sistema empregado seja originalmente certificado para proteção contra queda de blocos rochosos, o presente estudo demonstrou que, mediante avaliação específica das condições de carregamento e fundamentação em literatura técnica especializada, barreiras flexíveis desse tipo podem constituir uma alternativa tecnicamente viável para a mitigação temporária de riscos associados a deslizamentos superficiais em cenários emergenciais.

Como limitação do presente estudo, destaca-se a ausência de instrumentação para monitoramento das solicitações impostas à estrutura durante o impacto, o que impossibilita a quantificação direta da energia envolvida. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a utilização de sistemas de monitoramento que permitam

melhor compreensão do comportamento dessas estruturas quando submetidas a diferentes tipos de carregamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinacchio, M.; Olita, S. (2002). *Elementi di ritenuta paramassi*. Roma: EPC.

Agostini, R.; Mazzalai, P.; Papetti, A. (1988). *Hexagonal Wire Mesh for Rock-fall and Slope Stabilization*. Bologna: Officine Maccaferri S.p.A.

Climate-Data.org (2026). Clima de Guaratuba (PR): dados climáticos e tabela climática. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/guaratuba-34671/. Acesso em: 6 mar. 2026.

EAD 340020-00-0106 (2016). *Flexible kits for retaining debris flows and shallow landslides / open hill debris flows*. EOTA – European Organisation for Technical Assessment.

EAD 340059-00-0106 (2018). *Falling Rock Protection Kits*. EOTA – European Organisation for Technical Assessment.

Fredlund, D. G.; Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. New York: John Wiley & Sons.

Gerscovich, D. M. S. (2012). *Estabilidade de Taludes*. São Paulo: Oficina de Textos.

Guidicini, G.; Nieble, C. M. (1984). *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. São Paulo: Edgard Blücher.

Hungr, O.; Leroueil, S.; Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, v. 11, n. 2, p. 167–194.

IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Peila, D.; Ronco, C. (2009). Design of rockfall net fences and the new ETAG 027 European guideline. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 9, p. 1291–1298.

Sun, H. W.; Law, R. P. H. (2015). *A preliminary study on impact of landslide debris on flexible barriers* (GEO Report No. 309). Hong Kong: Geotechnical Engineering Office.

Volkwein, A.; Schellenberg, K.; Labiouse, V.; Agliardi, F.; Berger, F.; Bourrier, F.; Dorren, L.; Gerber, W.; Jaboyedoff, M. (2011). Rockfall characterisation and structural protection – a review. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 11, p. 2617–2651.

Zhao, L.; Zhang, L.; Yu, Z.; Qi, X.; Xu, H.; Zhang, Y. (2022). A case study on the energy capacity of a flexible rockfall barrier in resisting landslide debris. *Forests*, v. 13, 1384. https://doi.org/10.3390/f13091384

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/100

Modelagem de Rupturas com Método CEL para Dimensionamento de Barreiras Flexíveis em Taludes

Bernardo Emanuel Lopes Silva
Engenheiro Geotécnico, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, bernardo.silva@gmail.com

Gabriel Barbosa de Souza
Engenheiro Geotécnico, Universidade de Brasilia, Brasília, Brasil, Gabrielbarbosa361529@gmail.com

Manoel Porfírio Cordão Neto
Professor UnB, Universidade de Brasilia, Brasília, Brasil, mporfírio76@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização do método numérico Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL) para o dimensionamento de barreiras flexíveis de contenção. Para isso, será realizada modelagem numérica no software ABAQUS/CAE, empregando o método CEL, que permite simular o comportamento dinâmico de rupturas e o escoamento de material. As análises serão conduzidas em um modelo 3D simplificado, com espessura unitária (1 m) no eixo Z, de modo a representar uma condição aproximadamente plana, mantendo a formulação volumétrica do CEL. Na apresentação e interpretação dos resultados, os campos serão exibidos em cortes/visões que se assemelham a uma resposta bidimensional. Será apresentado um modelo com a incorporação de um elemento simplificado que represente a barreira flexível, permitindo a obtenção de parâmetros como a força de reação na estrutura. Esses dados serão utilizados como base para o dimensionamento de barreiras flexíveis empregadas na contenção de fluxos de detritos. Os principais aspectos analisados incluem a evolução do deslocamento das massas, o tempo de impacto, a interação com a estrutura de contenção e a quantificação da força exercida. Os resultados apresentados oferecem uma abordagem complementar, prática e eficiente, para o dimensionamento de estruturas de contenção flexíveis.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem numérica, método CEL, barreiras flexíveis, ruptura de taludes, Abaqus

ABSTRACT: This work aims to evaluate the use of the Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL) numerical method for the design of flexible containment barriers. To this end, numerical modeling will be performed using ABAQUS/CAE software, employing the CEL method, which allows simulation of the dynamic behavior of failures and material flow. The analyses are conducted in a simplified 3D model with unit thickness (1 m) along the Z-axis, representing an approximately plane condition while preserving the inherently volumetric (3D) nature of the CEL formulation. For presentation and interpretation purposes, results are shown through slices/views that resemble a two-dimensional response. A model incorporating a simplified element representing the flexible barrier is presented, enabling the acquisition of parameters such as the reaction force on the structure. These data serve as a basis for the design of flexible barriers used in debris flow containment. The main analyzed aspects include the evolution of mass displacement, impact time, interaction with the containment structure, and quantification of the exerted force. The presented results offer a practical and efficient complementary approach for the design of flexible containment structures.

KEYWORDS: numerical modeling, CEL method, flexible barriers, slope failure, Abaqus.