



Estudo Paramétrico De Quedas De Blocos Em Encostas Rochosas – O Caso Do KM 559 Da BR-282

Marlusa Crisrina Welter Schäfer

Unochapecó, Chapecó, Brasil, marlusacristina@unochapeco.edu.br

Marieli Biondo Lopes

Unochapecó, Chapecó, Brasil, engmary@unochapeco.edu.br

RESUMO: A região Oeste de Santa Catarina registra corriqueiramente casos de deslizamento de taludes rodoviários, ocorridos em períodos de chuvas intensas, acarretando em transtorno devido às obras de correções, aumento nos orçamentos públicos e risco aos usuários. Ao longo da BR-282, identificam-se taludes rochosos, sem proteção superficial e verticalizados, com famílias de descontinuidades destacadas, as quais provocam deslocamentos de blocos sobre a pista de rolamento. Esta pesquisa objetivou-se em avaliar a condição de um talude rochoso no km 559 da BR-282. Para isso, realizou-se primeiramente um mapeamento por VANT (veículo aéreo não tripulado), no qual foi possível determinar as curvas de nível da massa rochosa, além da melhor visualização do talude. Efetuou-se mapeamento em campo, indicando as principais famílias de descontinuidades, bem como seu posicionamento. As condições das descontinuidades e os tamanhos de blocos formados foram avaliados em campo, para aplicação da metodologia RockFall Hazard Rating System (RHRS).

PALAVRAS-CHAVE: Talude Rochoso, Descontinuidade, Queda de Blocos, Mapeamento, VANT, RHRS.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Saito (2004), até o ano de 2004 a Secretaria de Defesa Civil (SEDEC) registrou no país, 5.876 casos de pessoas afetadas com algum tipo de desastre natural, as quais 184 perderam a vida nestes eventos. Tosta (2014), afirma que 41% dos municípios brasileiros sofreram pelo menos um desastre natural entre os anos de 2008 a 2013, e que destes desastres, 895 municípios foram atingidos por deslizamentos e escorregamentos de taludes.

A região Oeste de Santa Catarina registra corriqueiramente casos de deslizamento de taludes rodoviários, ocorridos em períodos de chuvas intensas, acarretando em transtorno devido às obras de correções, aumento nos orçamentos públicos e risco aos usuários. Ao

longo da BR-282, identificam-se taludes rochosos, sem proteção superficial e verticalizada, com famílias de descontinuidades destacadas, as quais provocam deslocamentos de blocos sobre a pista de rolamento, um exemplo de deste tipo de talude pode ser observado na Figura 1.

Tavares (2015) define o fenômeno de quedas de blocos em taludes rodoviários ou ferroviários como um evento de difícil previsão e grande risco aos usuários, em que mesmo um pequeno bloco sendo deslocado de um talude de altura média, pode causar inúmeros estragos.

Os problemas relacionados à quedas de blocos em rodovias têm sido alvo de estudos por órgãos de trânsito, pelo fato dos mesmos estarem ocorrendo com maior frequência, e por serem causadores de graves danos aos usuários,



para avaliação desses taludes, os órgãos fiscalizadores brasileiros e de outros países utilizam a ferramenta RHRS (*Rockfall Hazard Rating System*).



Figura 1. Talude Rochoso Km 559, BR-282.

Augusto Filho (1992) afirma que os estudos avançados em reconhecimento e mapeamento de taludes iniciaram na década de 90, com o principal objetivo de corrigir problemas associados à implantação de grandes ferrovias e rodovias. Atualmente, estes mapeamentos são mais recorrentes e acontecem principalmente em municípios com maior histórico de desastres como Rio de Janeiro (RJ), Ouro Preto (MG) e Blumenau (SC). No município de Chapecó (SC) e Xanxerê (SC), estudos com modelagem numérica têm sido desenvolvidos em taludes rodoviários como foi proposto por Bortolanza (2016) e Reis (2017).

A análise e o controle das quedas de blocos estão ligados diretamente à demanda socioeconômica, a qual aponta a magnitude dos riscos e acidentes, como custo de soluções estabilizadoras de encostas.

Assim, este artigo apresentará a análise qualitativa de um talude rochoso da BR 282, evidenciando a potencialidade de risco de quedas de blocos, bem como sua análise quantitativa de impacto e energia do movimento de massa. Após o levantamento dos parâmetros e condicionantes necessários, será indicada solução de estabilização e prevenção

de acidentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 A BR-282

A BR-282 é a segunda rodovia do estado de Santa Catarina em número de acidentes e vítimas fatais, perdendo apenas para a BR-101 (OESTEMAI, 2015). Trechos da BR- 282 possuem além do fluxo acentuado de veículos, casos de desmoronamentos de taludes e interrupções de vias, que são registrados todos os anos, devido períodos de chuvas intensas e geometria de encostas desfavoráveis.

O trecho da BR-282 que liga os municípios de Chapecó e Nova Erechim (SC) possui trânsito diário acentuado de automóveis de pequeno e grande porte. A via rodoviária é composta por pista simples e muitos pontos sem acostamento, o que aumenta o risco do trecho.

2.2 Estudo de Caso

Este trabalho realizará o mapeamento geológico/geotécnico e a aplicação do sistema RHRS no talude rochoso localizado no km 559 da BR-282.

Este talude está dividido em quatro bancadas com aproximadamente 10m de altura cada, com exceção da segunda bancada que possui aproximadamente 20m de altura, totalizando uma massa de 50 m de altura praticamente verticalizada, o que reduz a segurança e estabilidade do mesmo. Entre as bermas de equilíbrio, observa-se acúmulo de blocos que já desprenderam-se dos taludes mais altos, e evidenciando a potencialização e movimentação do corpo rochoso ao longo do tempo.

O maciço rochoso é constituído por basalto, com famílias de descontinuidades formadas naturalmente ou induzidas pelas detonações de aberturas de vias, formando blocos rochosos susceptíveis à queda. Nos períodos de chuva



intensa, a susceptibilidade de desprendimento de blocos é aumentada, em que a energia e a força do impacto causado pelo desprendimento, pode ocasionar acidentes fatais, uma vez que o trecho possui tráfego diário intenso, e que os taludes estão próximos à plataforma rodoviária, devido à falta acostamentos. Com isso, a previsão da magnitude destes eventos e a indicação de soluções de engenharia é importante.

2.3 Formação Geológica Local

A formação geológica presente no talude rochoso localizado nas proximidades da ponte sobre o Rio Chapecó, BR 282, Km 559, possui formação rochosa basáltica.

Segundo Frascá e Sartori 1998, Das rochas Ígneas os basaltos são as em maior abundancia na crosta terrestre. Este tipo de rocha se forma pela solidificação do magma expelido pelos vulcões a milhões de anos atrás. O magma também pode ser expelido pela erupção fissural. Esse magma após derramado resfria e ocasiona os derrames basálticos (Braja, 1999).

O basalto é uma rocha muito suscetível a fraturamento, esses, em geral acontecem devido a um alívio de tensões. Em maciços rochosos as tensões que ocorrem com mais frequência são as tensões verticais e horizontais. Segundo Hoek e Brown (1980), as tensão formadas basicamente pelos eventos tectônicos e pela própria coluna de rocha que se sobrepõe no maciço. As tenções horizontais são causadas pelas movimentações tectônicas da placas , bem como as verticais pela sobreposição de massa rochosa. As forças horizontais ou tectônicas são causadas pelas deformações tectônicas que originam deformações nas rochas, gerando diversos tipos de estruturas que podem provocar ruptura, como: falhas, dobras, lineações ou alinhamentos, juntas e discontinuidades, que somados ao intemperismo químico e a processos erosivos, originam maciços nas suas estruturas atuais, com a natureza descontínua,

heterogênea e anisotrópica, em geral, vem associada com o comportamento não linear e não elástico.

O talude rochoso do presente estudo possui a presença de diversas das estruturas citadas acima. Existe predominância de juntas e falhas, também chamadas de diáclases e paraclases, respectivamente.

Segundo Magalhães e Cella (1998), juntas ou diaclases, são discontinuidades de um tipo que ocorrem de forma repetitiva, em sequência, assim este tipo de estrutura forma-se em famílias ou sistemas. Segundo Loczy e Ladeira (1976), as diaclases ou juntas são planos de ruptura e fraturas onde não ocorreu ou não se percebeu deslocamento da rocha, as juntas podem ser classificadas geometricamente de forma sistemática e assistemática.

Segundo Loczy e Ladeira (1976) falhas são fraturas onde as rochas se deslizam entre si, assim para ocorrer a falha deve-se haver um movimento diferencial entre planos paralelos a fratura. Os planos geométricos existentes nas falhas são a direção e o mergulho. Segundo Loczy e Ladeira (1976) a direção é uma linha, tendo como referencial o ponto cardinal norte, paralela com a fratura. O mergulho é um ângulo medido no plano de falha em relação a um plano horizontal qualquer, assim o ângulo é medido em um plano que intercepta o plano de falha ortogonalmente.

2.4 Quedas de blocos

O fenômeno de queda de blocos de taludes rochosos envolve condições de instabilidade causadas por rupturas (Giani, 1992). As principais rupturas encontradas são as circulares, planares, em cunha, de tombamento e de queda (Hoek, 2007). Algumas das formas mais conhecidas de indução a instabilidade de taludes rochosos são: pressão neutra nas discontinuidades, vibrações por detonações ou escavações (Giani, 1992). As formas de instabilidade mais frequentes são causadas



naturalmente, como o aumento da pressão neutra devido a penetração da água da chuva nas discontinuidades, processos erosivos devido a chuvas torrenciais, intemperismo da rocha, crescimento de raízes vegetais (Hoek, 2007).

Hoek (2007) salienta que os fatores mais importantes na movimentação destes blocos e da sua trajetória são a geometria do talude, aumento da poropressão devido a água das chuvas nas fraturas do maciço e crescimento de raízes vegetais. Valente *et al.* (2017) complementa, citando que as causas dos movimentos dos blocos estão relacionadas ainda com as variações térmicas, alívio de tensões de origem tectônica e vibrações.

Após o desprendimento do talude o bloco de rocha pode ter diversas trajetórias, dentre elas: queda livre, salto, rolamento e deslizamento. Existem diversos fatores que podem influenciar nestas trajetórias, como altura e ângulo do talude, característica da encosta rochosa, padrão das discontinuidades presentes no maciço, tipo de rocha. A trajetória do bloco em queda livre ocorre geralmente em taludes mais verticalizados, o salto ocorre em taludes mais inclinados e os movimentos de rolamento e deslizamento ocorrem em taludes menos inclinados (Ritchie, 1963; Giani, 1992).

2.5 RHRS (*Rockfall Hazard Rating System*)

Nos Anos de 1990, Pierson *et al.* (1990), baseados em trabalhos anteriores desenvolver um sistema de classificação de Taludes chamado Rockfall Hazard Rating System (RHRS). Este sistema foi desenvolvido com o intuito de classificar o risco de taludes rochosos presentes em rodovias, sua primeira aplicação foi no estado de Oregon (EUA), onde mostrou-se uma importante ferramenta de análise de riscos de quedas de blocos, auxiliando na prevenção deste tipo de acidente (Silva, 2016).

Segundo Silva 2016, o método do RHRS mostra o grau de risco que o Talude rochoso proporciona aos usuários da rodovia. Ele utiliza importantes parâmetros para a avaliação da qualidade do maciço. Os parâmetros avaliados são citados a seguir:

- Altura do Talude;
- Efetividade da Área de Captação (Ábaco de Ritchie);
- Risco médio ao Veículo;
- Distância de Visibilidade para a tomada de decisão;
- Largura do Pavimento;
- Características Geológicas e Estruturais do talude;
- Dimensão dos blocos;
- Clima.

Para a aplicação são avaliados fatores acima citados e são atribuídas notas entre 1 a 5, onde 1 é muito bom e 5 é muito ruim. Ao final é feito um somatório das forças para avaliar o estado do talude, se o mesmo está estável ou não, caso o talude esteja em más condições (classificado com grau de risco muito alto) deve-se sugerir uma possível solução com urgência (Tavares, 2015).

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 Mapeamento Geológico e Geotécnico

O mapeamento foi desenvolvido através de visitas de campo ao talude rochoso, onde foram realizadas análises visuais das características do maciço rochoso, geometria do talude e mapeamento com o auxílio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

Em uma primeira visita foi desenvolvida a análise visual, observando as famílias de discontinuidades presentes no maciço, bem como as características do talude e da rodovia.



Nesta visita também foi realizado o mapeamento por VANT, onde foram geradas imagens frontais e superiores, que após foram remanejadas para o AutoCAD®, para a utilização das curvas de nível, assim possibilitando medir a altura das bermas de equilíbrio. Na Figura 2 é apresentada uma imagem frontal do talude, realizada com VANT (veículo aéreo não tripulado) e disponibilizado pela empresa Geobrugg®.



Figura 2: Mapeamento com VANT da BR-282, km 559 (vista frontal).

Na segunda visita de campo foi realizado o mapeamento em um croqui das três principais famílias de descontinuidades presentes no talude. Também nesta visita foi realizado o ensaio de esclerometria, onde foi retirada a resistência da rocha intacta.

3.2 RHRS

Para obtenção dos dados do RHRS, foi realizada mais uma visita de campo. Esses dados foram obtidos com a utilização de um esclerometro, um martelo de geólogo, uma trena a laser, paquímetro, um celular com bússola e GPS. Para a obtenção dos dados também foi utilizado um método de inspeção visual. Para cada item avaliado foram anotadas as especificações conforme a tabela elaborada pelas autoras que está disponível no Anexo I.

O talude foi dividido em 3 faixas de 50 metros cada, onde para cada item a ser avaliado no talude foi utilizada uma fórmula para obtenção dos mesmos. Após todos os itens avaliados, foi aplicada uma classificação para cada um dos parâmetros analisados, são atribuídos valores de 3 à 81. Após as atribuições é realizada uma

somatória de todos os pontos, assim o talude sendo classificado conforme sua pontuação. A Equação 1 demonstra o cálculo da somatória:

$$IQB = IAT + IAC + IRV + IDV + ILP + IDB + ICC + 2ICG + IHQ \quad (1)$$

3.2.1 Altura do Talude (IAT)

Para obtenção da altura do talude foram utilizadas as imagens do talude feitas com o VANT, após foram aplicadas as curvas de nível no mesmo para definição da sua altura, logo sendo possível obter esse dado.

3.2.2 Efetividade da Área de Captação (IAC)

Para a definição da área de captação foi utilizado o abaco de Ritchie 1963, no qual, leva-se em consideração a altura do talude, o tipo de queda de bloco e a inclinação do mesmo. Para medir a inclinação do talude foi utilizado um medidor de inclinação digital.

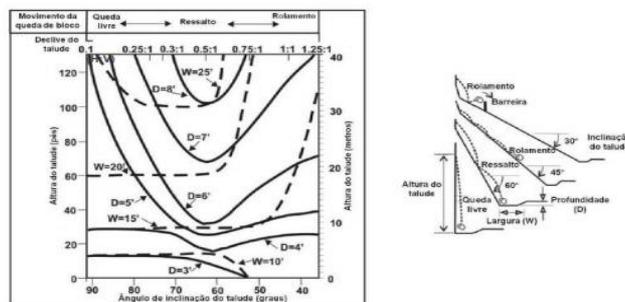


Figura 3: Ábaco de Ritchie, 1963.

3.3.3 Risco médio ao Veículo (IRV)

O Risco médio ao Veículo, é dado por uma porcentagem de veículos presentes na zona de perigo em um determinado tempo (Pierson & Van Vickle, 1993), essa porcentagem é dada pela equação 2:

$$RV = \frac{VDM \times CC}{VD} \quad (2)$$



Onde:

- VDM é o trafego médio por hora;
- CC é o comprimento do corte;
- VD é a velocidade diretriz.

3.2.4 Distância de Visibilidade para a tomada de decisão (IDV)

A distância de Visibilidade para a tomada de decisão é dada por uma porcentagem da visibilidade que o usuário da rodovia possui para uma tomada de decisão. Essa porcentagem é dada pela Equação 3:

$$DV = \frac{DVR}{DVP} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

- DVR é a visibilidade real do talude;
- DVP é a velocidade de projeto.

3.2.5 Largura do Pavimento (ILP)

Este parâmetro leva em consideração a distancia desde o acostamento até o meio da pista, assim levando em consideração o espaço de manobra para os usuarios da rodovia.

3.2.6 Características Geológicas e Estruturais do talude (ICG)

Para a classificação deste paramentro, foram utilizados critérios de avaliação visual e da resistencia da rocha, assim foi observado se no talude havia presença de fraturas, a direção das mesmas, se haviam cunhas de rupturas já formadas e quais eram, se havia algum tipo de erosão, presença de água e atrito nas descontinuidades.

3.2.7 Dimensão dos blocos (IAT)

Para a determinação da dimenssão dos blocos utilizou-se a Equação 6, a mesma foi proposta por Palmström (1995), a qual leva em

consideração o volume dos blocos apartir do indice chamado contador volumétrico de juntas (V_b – Equação 4) e também do fator de forma dos blocos (β - Equação 5), o qual é função da maior e menor variação do espaçamento entre as fraturas ($S_{máx}$ e S_{min}). Para medir os espaçamento das descontinuidas foi utilizado um paquimetro.

$$V_b = \beta \times J_v^{-3} \quad (4)$$

$$\beta = 20 + 7 \left(\frac{S_{máx}}{S_{min}} \right) \left(\frac{3}{n_j} \right) \quad (5)$$

$$D_b = \sqrt[3]{V_b} \quad (6)$$

Onde,

- $S_{máx}$ é a familia de descontinuidade com o maior espaçamento;
- S_{min} é a familia de descontinuidade com o menor espaçamento;
- n_j é a quantidade de familias de descontinuidades;

O indice J_v de acordo com Palmström (1995) é o número de descontinuidades em um volume do maciço rochosos.

3.2.8 Clima (ICC)

Para a atribuição deste parametro foram retirados dados de precipitação no site do Imet, bem como foi observada a presença ou não de água no talude.

3.2.8 Histórico de Quedas (IQF)

Neste item são avalidas as quantidades de quedas presentes ao lado da rodovia.



4 RESULTADOS

4.1 Mapeamento Geológico e Geotécnico

Após as visitas técnicas, avaliações de campo, pode-se observar que o talude do presente trabalho é extremamente fraturado e possui três famílias de descontinuidades bem destacadas, as quais podem ocasionar problemas de quedas de blocos rochosos de grande e pequeno porte.

Durante o mapeamento e a inspeção visual observou-se que o talude possui, principalmente três tipos de rupturas, sendo elas, planar, em cunha e tombamento, todas sendo causadas pelas três principais famílias de descontinuidades identificadas, sendo elas horizontais (amarelas), verticais (vermelhas), diagonais (brancas), estas podem ser observadas na Figura 4.

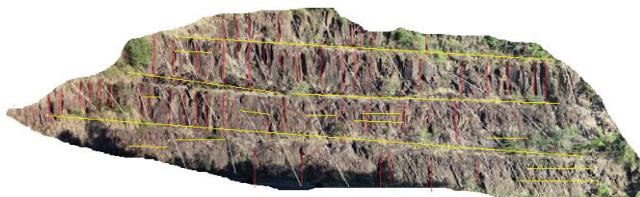


Figura 4: Mapeamento das principais famílias de descontinuidade do talude.



Figura 5: Mapeamento com VANT da BR-282, km 559 (vista superior).

Pode-se observar também que na Figura 5 é apresentada outra imagem realizada pelo VANT, está da parte superior da berm de equilíbrio onde é possível identificar o acúmulo de blocos que já se desprenderam da massa superior do talude. Identifica-se também na Figura 5 que não há acostamento na pista e que

a mesma é dupla, logo qualquer movimentação do maciço rochoso pode afetar os veículos que trafegam no trecho, que possui um índice de veículos médio (VDM) alto.

4.2 RHRS

Após todos os dados compilados para a planilha eletrônica, a qual pode ser observada no Anexo II deste trabalho, foram aplicadas as pontuações conforme é indicado pelo sistema. A avaliação de risco é dada conforme a Tabela da Figura 6, os critérios de pontuação também podem ser observados no Anexo III.

Categoria	Critérios e pontuação					
	3 pontos	9 pontos	27 pontos	81 pontos		
Altura do talude	7,5 m	15,0 m	22,5 m	30 m		
Efetividade da área de captação	Boa captura	Captura moderada	Captura limitada	Sem captura		
Risco médio ao veículo	25% do tempo	50% do tempo	75% do tempo	100% do tempo		
Porcentagem da distância de visibilidade	100% Distância de visibilidade adequada	80% Distância de visibilidade moderada	60% Distância de visibilidade limitada	40% Distância de visibilidade muito limitada		
Largura da rodovia	13,2 m	10,8 m	8,4 m	6,0 m		
Característica geológica	Classe 1	Condição estrutural	Fraturas descontinuas, com orientação favorável	Fraturas descontinuas, com orientação aleatória	Fraturas descontinuas, com orientação adversa	Fraturas contínuas, com orientação adversa
		Atrito nas descontinuidades	Rugoso, irregular	Ondulado	Planar	Preenchimento argiloso ou polido
	Classe 2	Condição estrutural	Poucas feições de erosão diferencial	Feições de erosão diferencial ocasionais	Muitas feições de erosão diferencial	Maiores feições de erosão diferencial
		Diferença nas taxas de erosão	Pequena diferença	Diferença moderada	Grande diferença	Extrema diferença
Tamanho do bloco Volume de queda / evento	0,30 m 2,3 m ³	0,60 m 4,6 m ³	0,90 m 6,9 m ³	1,20 m 9,2 m ³		
Clima e presença de água no talude	Baixa a moderada precipitação, sem a presença de neve, sem água no talude	Moderada precipitação ou curto período de neve ou baixa presença de água no talude	Alta precipitação ou longo período de neve ou água no talude contínua	Maiores precipitação e longo período de neve ou água no talude contínua e longo período de neve		
Histórico de queda	Poucas quedas	Quedas ocasionais	Muitas quedas	Quedas constantes		

Figura 6: Categorias e pontuações do sistema RHRS (Adaptado de: Pierson & Van Vickle, 1993).

Após a classificação do talude para cada um dos parâmetros, neste trabalho citados, obtemos os resultados apresentados na Tabela 1.

Na Tabela 1 pode-se observar que as três faixas do Talude apresentaram somatoria maior que 500, logo, o talude como um todo é classificado com o grau de risco muito alto, assim comprovando empiricamente que o



talude está com problemas de estabilidade.

Tabela 1. Valores atribuídos para cada parâmetro

Parâmetro	Faixa	Faixa	Faixa
	1	2	3
IAT	27	81	81
IAC	81	81	81
IRV	81	81	81
IDV	81	81	81
ILP	3	3	3
IAT	81	81	81
ICC	27	27	27
ICG	81	81	81
IQF	81	81	81
Somatório	543	597	597

Segundo os critérios estabelecidos pelo sistema (RHRS), quando o talude rochoso é classificado com o grau de risco muito ruim o mesmo precisa que sejam tomadas providências de contenção com urgência, assim deve-se aplicar melhorias na estabilidade do talude no máximo três meses após a constatação dos problemas de estabilidade do talude.

5 CONCLUSÃO

O Talude rochoso do km 559, da BR-282, possui uma altura elevada e inclinação não apropriada por possuir 88° de inclinação, assim sendo totalmente vertical. O talude é localizado ao lado da rodovia, a qual não possui acostamento, o que agrava ainda mais a segurança dos usuários em casos de quedas de blocos.

Observa-se que o talude possui a sua estabilidade comprometida como um todo, principalmente em suas bancadas superiores. Com este trabalho é possível apontar que o talude necessita de um tratamento para melhorar na sua estabilidade, também pode-se constatar que o método RHRS auxilia na avaliação do talude em relação a gravidade da situação do mesmo, assim demonstrando que o mesmo precisa de uma solução geotécnica para a sua

estabilização com urgência.

Sugere-se que em trabalhos futuros sejam estudadas as formas de queda dos blocos, sua velocidade e força de impacto, bem como o alcance dos mesmos na rodovia. Sugere-se também que seja feito um estereograma do talude para que se tenha certeza das formas de ruptura do talude e que seja dimensionada uma forma de estabilização para o mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UNOCHAPECÓ por nos oferecer todo o apoio na pesquisa, bem como a diretoria de Projetos de Pesquisa e Extensão da UNOCHAPECÓ, ao Projeto PIBIC por proporcionar o custeio da pesquisa e a Empresa GEOBRUGG® Brasil por todo o apoio técnico na execução deste artigo.

REFERÊNCIAS

- Augusto Filho, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS. Rio de Janeiro, 1992.
- Bortolanza, Patrícia. Análise da estabilidade de um talude rodoviário na região de Chapecó – SC. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Unochapecó, Chapecó, 2016.
- Braja, M. Das. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Trilha, 1999. p. 610.
- Frascá, Maria Heloísa Barros de Oliveira; Sartori, Pedro Luiz Pretz. Minerais e Rochas. In: Oliveira, Antonio Manoel dos Santos; Brito, Sérgio Nertan Alves. Geologia de Engenharia. 1.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 15-38.
- Giani, G. P. Rock Slope stability analysis. Rotterdam: Balkema, 1992. p. 345.
- Gomes, Guilherme J. C. Avaliação do perigo relacionado à queda de blocos em rodovias. Dissertação (Mestre em Geotecnia). UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
- Hoek, Evert. *Practical rock engineering*. Edition by Dr E. Hoek, Vancouver, 2007.



- Hoek, E. and Brown, E.T. Empirical strength criterion for rock masses. J. Geotech. Engng Div., ASCE 106(GT9), 1980.
- Oestemais. BR-282 é a que mais contabiliza mortes por número de acidentes em 2015. Disponível em: <https://www.oestemais.com.br/geral/br-282-e-a-que-mais-contabiliza-mortes-por-numero-de-acidentes-em-2015>. 2015. Acesso em 17 de março de 2018, 14:00h.
- Loczy, L. Ladeira. E. A. Geologia Estruural e Introdução a Tectónica. Edgar Blucher, 1976. p. 528.
- Magalhães, Fábio Soares; Cella, Paulo Roberto. Estruturas dos Maciços Rochosos. In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves. Geologia de Engenharia. 1.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 39-55.
- Palmström, A. RMI – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. PhD thesis, Oslo University, Norway, 1995. p. 400.
- Palmström, A. The volumetric joint count – A useful and simple measure of the degree of rock mass jointing. IAEG Congress, New Delhi, 1982.
- Pierson, I. A.; Davis, S. A.; Van Vickle, R. (1990). Rockfall Hazard Rating System – Implementation Manual, Federal Highway Administration (FHWA), Report FHWA-OR-EG90-01, FHWA, U.S. Dep. of Transp.
- Ritchie, A. M. (1963). Evaluation of rockfall and its control. U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, and the Washington State Highway Commission.
- Reis, Mirella B. Análise da estabilidade de um talude da BR 282 através de elementos finitos na cidade de Xanxerê (SC). Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Unochapecó, Chapecó, 2017.
- Saito, Sílvia. Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis-SC. Dissertação (Mestre em Geografia). UFSC, Florianópolis, 2004.
- Silveira, Larissa R. C. Avaliação do perigo de quedas de blocos em taludes urbanos e ferroviários e simulação de sua trajetória. Dissertação (Mestre em Engenharia Mineral). UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- Silveira, Larissa R. C. et al. *Rockfall Hazard Rating System adaptation proposal for urban areas through a case study in Mariana (MG, Brazil)*. In: COBRAMSEG 2016 – VII Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas. Belo Horizonte, 2016.
- Silva, Leonardo Carvalho da. Aplicação do sistema de avaliação de perigo [manuscrito]. UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- Tavares, Luís M.M.S.C. Análise paramétrica no estudo da queda de blocos em encostas rochosas. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). FEUP – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2015.
- Tosta, Wilson. IBGE mostra desastres naturais no país de 2008 a 2013. Estadão, 2014. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,ibge-mostra-desastres-naturais-no-pais-de-2008-a-2013,1160592>. Acessado em 16 de março de 2018, 20:30h.
- Valente, Fabrício; Vargas Junior, Eurípedes do A.; VELLOSO, Raquel Q. Análise numérica dos processos de queda de blocos na região Sudeste do Brasil. In: COBRAE 2017 – XII Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Taludes. Florianópolis 2017.
- Villela, Rafael J. Uso de barreiras flexíveis para o controle de quedas de blocos de rocha. Monografia (Engenharia Civil). UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Anexo II

DADOS PARA RHRS		
Faixa 1		
Altura do Talude		
Altura Total	22,5 m	IAT = 27 Pontos
Efetividade da área de captação.		
Altura do Talude	22,5 m	IAC = 81 Pontos
Ângulo de Inclinação do Talude	85°	
Largura da Valeta	51 cm	
Profundidade da valeta	21 cm	
forma da valeta	Trapezoidal	
Estimativa do tamanho do bloco	0,04089m ³	
Quantidade de queda	12	
Impacto de feições irregulares durante a queda.	12,42	
Risco médio ao Veículo		
VH (volume de carros/hora)	300	IRV = 81 Pontos (90% de risco)
CC (Comprimento de Corte (km))	0,18	
VD (Velocidade Diretriz)	60	
Porcentagem da distância de Visibilidade		
Visibilidade Real	400	IDV = 81 Pontos (50% de visibilidade)
Visibilidade de projeto	800	
Largura da Pista		
Largura da Pista	16,8	ILP = 3 Pontos

Características Geológicas				
Presença de Fraturas		SIM		ICG = 81 Pontos
Tipo de Orientação		Diagonais, verticais e horizontais		
Atrito na Descont.	Rugoso e Irregular () Ondulado () /Planar (x)	Preenchimento argiloso()		
Feições		Planares		
Errosão Diferencial		Sim () Ocasional () NÃO		
Diferença de Erosões		Não		
Dimensão do Bloco				
Espaçamento da descontinuidade da Família I		15 cm		IAT = 81 Pontos
Espaçamento da descontinuidade da Família II		30 cm		
Espaçamento da descontinuidade da Família III		25 cm		
Condições Climáticas				
Precipitação média no local		260 mm/mês		ICC = 27 Pontos
Presença de água no Talude		Sim		
Histórico de Queda				
Quantidade de Queda por faixa		12		IQF = 81 Pontos

As 3 faixas foram consideradas com as mesmas características, levando em consideração que as características de uma se parecem muito com a de outra, o unico fator que se altera é a altura do Talude

SOMATÓRIA = 543

