



1º DESAFIO DE BARREIRAS Maccaferri

Objetivo

Apresentar aos alunos de graduação o que já se utiliza em geotecnia para sistemas de controle de queda de rochas. Através desta dinâmica, buscamos ensiná-los a projetar um modelo em escala reduzida de uma barreira contra quedas de rochas, criando assim um modelo de engenharia eficaz, no qual será possível associar a teoria com a prática.

Introdução

Os sistemas de proteção de quedas de rochas e de desastres naturais desempenham papel crucial na segurança e proteção de estradas, ferrovias, operações de mineração e redes de infraestrutura. Mas fundamentalmente para a proteção da vida, dos transeuntes, usuários e habitantes destas zonas de risco. Mesmo quedas de rochas pequenas ou fluxos de detritos podem obstruir infraestruturas e causar sérios impactos, essa importância também se estende a edifícios e outras instalações vulneráveis a danos causados por quedas de rochas, fluxos de detritos ou avalanches. Uma barreira contra quedas tem o objetivo de reter todas as quedas, portanto, o modelo da barreira deve rete-las e manter em uma área segura, com o menor peso.

Programação

Datas	Atividade
26/10/2023 a 09/11/2023	Inscrição via formulário <i>online</i>
10/11/2023	Divulgação oficial das equipes via de <i>e-mail</i> e redes sociais
10/11/2023 - 18h00	Treinamento <i>online</i> – Controle de Quedas: Segurança para Encostas Rochosas
19/11/2023	Prazo de entrega dos projetos via Email
22/11/2023	Dia de preparação e avaliação presencial da barreira
23/11/2023	Divulgação e resultados da premiação



Agenda do evento

Duração	Atividade
15 minutos	Introdução: Boas-vindas ao evento e Apresentação da Comissão Organizadora e do Júri
10 minutos	Verificação da presença dos participantes e entrega de material
2 horas	Construção da barreira com base no projeto previamente apresentado
15 minutos	Pesagem das barreiras
10 minutos (por equipe)	Justificativa/Defesa da barreira projetada perante o júri com perguntas e respostas
-	Teste das barreiras
30 minutos	Revisão da comissão organizadora das avaliações e júri
15 minutos	Premiação à equipe vencedora e Encerramento

Participação

Podem participar estudantes que estejam matriculados no curso de Engenharia Civil, Geologia ou Engenharia de Minas, de qualquer instituição de ensino superior, independentemente do período em que se encontrem, desde que já tenham concluído ou estejam cursando a disciplina de Geotecnia – Mecânica dos Solos. Além disso, estudantes de pós-graduação nessas áreas também são elegíveis para participar. É proibida a participação de qualquer membro da comissão organizadora e avaliadora do concurso, incluindo integrantes do Grupo de Estudos em Geotecnia da UFPR, professores e demais responsáveis pelo Desafio.

Os competidores devem formar equipes de até 4 membros + 1 orientador (opcionalmente é permitida a presença de um orientador que NÃO poderá participar da construção do sistema). A composição das equipes poderá ser modificada até o final do período de inscrições, desde que mantido o número de integrantes. Não serão aceitas alterações na composição das equipes após o encerramento das inscrições, exceto por motivos de saúde (com justificativa).



GEGEO UFPR
GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNIA

MACCAFERRI



GEOSUL 2023
XIII Simpósio de Práticas de Engenharia
Geotécnica da Região Sul
22 a 25 de novembro - Ponta Grossa/PR

Inscrições

As inscrições para a I Desafio de Barreiras de Rochas serão realizadas de forma *online*. As equipes interessadas em participar da competição deverão preencher o formulário disponível em <https://forms.gle/wWjxvkemhjRUS1sRA> durante o período definido para realizar a inscrição. No ato da inscrição, a equipe deverá ter em posse os dados de todos os membros da equipe (nome completo, celular, CPF, e-mail e foto da equipe).

Serão aceitas até 06 equipes compostas por 4 integrantes e as vagas serão preenchidas da seguinte forma: uma por universidade e por ordem de chegada. As equipes que se inscreverem receberão um e-mail de confirmação com sua posição na lista de equipes inscritas. As 06 primeiras equipes inscritas terão vaga garantida, as demais ficarão em lista de espera. Na existência de vagas remanescentes, serão permitidas as inscrições de mais de uma equipe da mesma universidade a partir da lista de espera e respectiva ordem de inscrição. A divulgação pública da lista com todas as equipes participantes será feita por *e-mail* e no *Instagram* do GEGEO UFPR (@gegeotecnia) e do GEOSUL 2023 (@geosul2023) no dia 10/11/2023.

Desenvolvimento do modelo

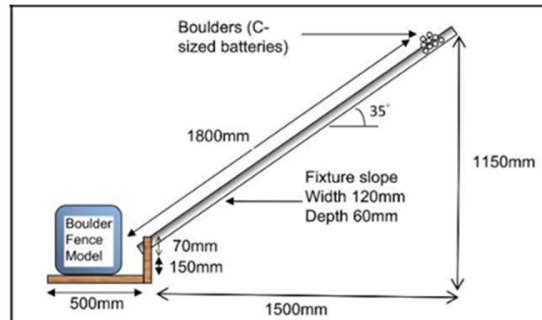
As equipes deverão desenvolver presencialmente um modelo contra quedas de rochas com os seguintes materiais a serem fornecidos pela comissão organizadora:

- 500 g de jornal;
- 2 pedaços de cartolina tamanho carta;
- 9 palitos de madeira de 30 cm;
- 30 fechos de arame (amarelo);
- 1 fita adesiva Durex 12 mm x 30 m – 3M;
- 300 g de arame galvanizado nº 22.

O desenvolvimento/construção da barreira deverá ser executado em um período máximo 2 horas para cada equipe.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E FÍSICAS DO MODELO EM ESCALA DO SIMULADOR DE TALUDES

As rochas se desprenderão do topo do modelo (simulador do talude), à uma altura de 1500 mm verticalmente, até a base onde a barreira será colocada. A figura abaixo apresenta um modelo em escala do simulador de inclinação que será utilizado:



Dimensões geométricas do modelo em escala do simulador declive. Dimensões para o seu projeto e análise do sistema

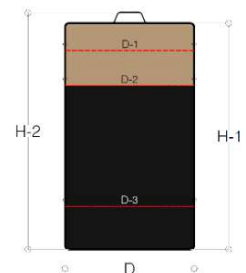
PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E FÍSICAS DE QUEDAS

Para a avaliação do sistema, serão utilizadas quedas que representarão as rochas, estas serão compostas por esferas e pilhas alcalinas não recarregáveis tipo D-2. As quedas serão progressivas (de menos para mais), gerando uma combinação de quedas.

	BATERIA 1	BATERIA 2	BATERIA 3	ESFERA 1	ESFERA 2	ESFERA 3	ESFERA 4
DIÂMETRO	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
D-1	33.00	33.04	33.06	33.32	31.76	31.76	31.76
D-2	32.95	33.05	33.00	33.32	31.75	31.75	31.75
D-3	33.03	32.90	33.02	33.32	31.76	31.76	31.76
MÉDIA	32.99	33.00	33.03	33.32	31.76	31.76	31.76

ALTURA	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
H-1	58.07	58.84	57.50	33.32	31.76	31.76	31.76
H-2	60.76	60.82	59.78	-	-	-	-

PESO	g	g	g	g	g	g	g
W-1	135	139	138	152	131	132	131



Dinâmica do concurso

FASE I.- PROJETO TEÓRICO E GEOMÉTRICO DA BARREIRA

Cada equipe inscrita deverá enviar ao comitê organizador seu projeto de defesa/barreira contra queda para o e-mail gegeotecnia@gmail.com com cópia para marketing@maccaferri.com até 19 de Novembro de 2023. O projeto da barreira/modelo proposto deverá se assemelhar a um modelo de estrutura real.

Para auxiliar na execução do projeto do modelo reduzido da barreira contra queda de rochas, será realizado um treinamento *online* para todos os participantes inscritos a ser ministrado pela Maccaferri no



GEGEO UFPR
GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTÉCNIA

MACCAFERRI



GEOSUL 2023
XIII Simpósio de Práticas de Engenharia
Geotécnica da Região Sul
22 a 25 de novembro - Ponta Grossa/PR

dia **10 de novembro às 18h00** com o tema: “**CONTROLE DE QUEDAS: SEGURANÇA PARA ENCOSTAS ROCHOSAS**”.

Para a concepção da barreira, pode ser feita referência ao anexo **I-Concepção da barreira**, anexo ao presente documento.

FASE II.- CONSTRUÇÃO.

Cada equipe deverá construir a defesa contra quedas com todos os seus elementos previamente calculados em um tempo máximo de 2 horas. A confecção da barreira será realizada com os materiais entregues pela comissão organizadora (vide desenvolvimento de modelos). A barreira será composta **apenas** dos componentes e materiais fornecidos pela comissão organizadora.

As ferramentas a seguir poderão ser utilizadas, estando sob responsabilidade de cada equipe sua aquisição:

- Tesoura e ou estilete (no caso da segunda opção, cada equipe deverá trazer uma base para corte sob pena de não permissão de uso do estilete)
- Régua, esquadro, escalímetro ou algum elemento similar para obtenção de dimensões
- Material para anotação (papel, lápis e caneta)
- Alicates
- Calculadora

Caso seja necessário adicionar alguma ferramenta extra à lista mencionada, esta deverá ser previamente aprovada pela comissão organizadora.

A elaboração da barreira contra quedas deverá ser realizada no tempo estipulado, podendo variar devido às condições adversas ao evento. Após o término do tempo as equipes devem apresentar o modelo nas condições que forem encontradas.

Uma vez que todos os elementos forem fabricados, as equipes pesarão seu modelo reduzido de barreira contra quedas com o comitê organizador.

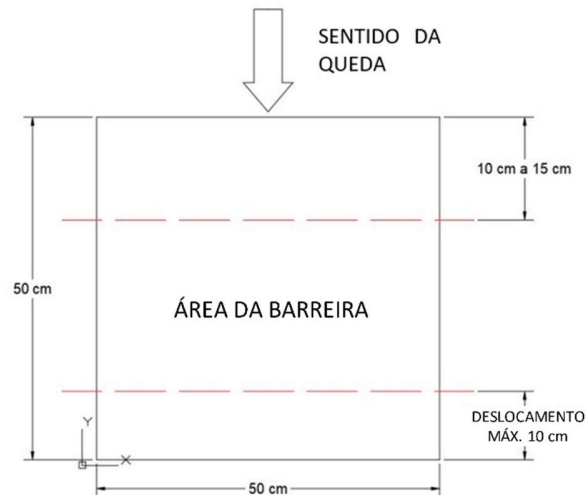
FASE III.- AVALIAÇÃO PRESENCIAL DO DESENHO DA BARREIRA

Um membro de cada equipe deverá justificar seu projeto da barreira contra quedas, que será composta por análise teórica + dimensionamento geométrico. Essa justificativa será expressa para os jurados do certame que a tomarão como critério de avaliação. A justificativa deve ter duração máxima de 5 minutos para cada equipe + 5 minutos para perguntas e respostas. Essa avaliação será realizada apenas com a presença do júri, da comissão organizadora e membros da equipe atual, não sendo permitida a presença de membros de outras equipes.

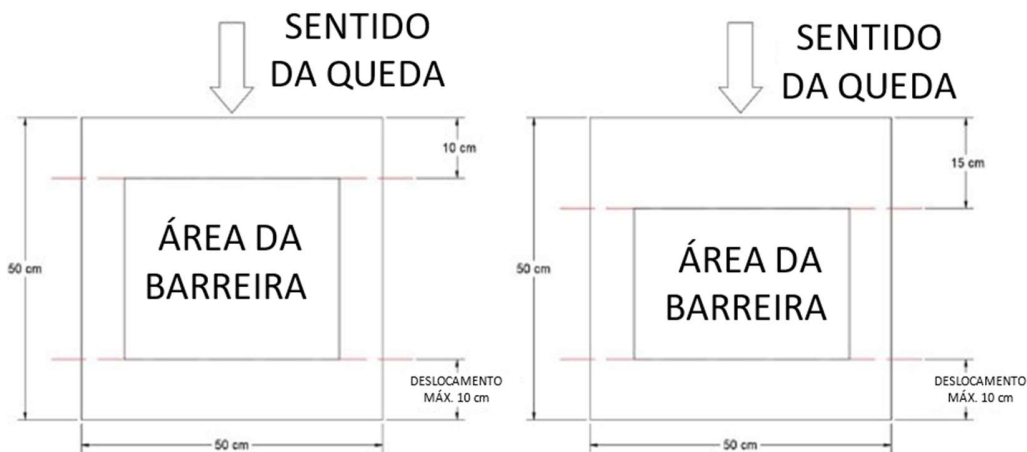


FASE IV.- ENSAIO DE BARREIRA

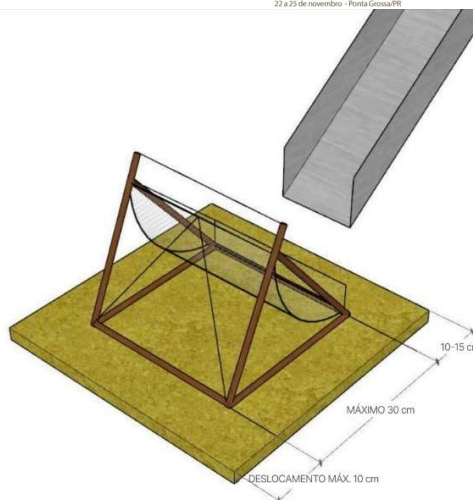
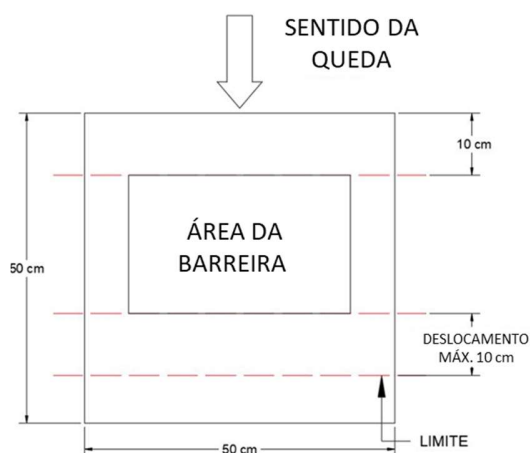
Um membro da equipe procederá para colocar a defesa projetada na posição de projeto. Essa defesa contra quedas terá que estar localizada de 10 a 15 cm do início da base conforme figura abaixo. O deslocamento máximo permitido da defesa contra quedas é de 10 centímetros, sendo esse valor um critério de avaliação.



O modelo deverá ter uma dimensão máxima de 30 centímetros, em função da sua posição inicial, como por exemplo:



Para medir o deslocamento da barreira contra quedas, será considerado o final da barreira, sem a necessidade de atingir o limite. Exemplo: a posição inicial de barreira contra quedas de rochas na figura abaixo está em 10 cm, e ela mede 20 cm, então o limite de deslocamento será a 30 cm da posição inicial da defesa conforme figuras abaixo. O deslocamento deverá ser medido após cada ensaio. Se a estrutura contra quedas exceder o deslocamento máximo em mais de 1/3 do comprimento da barreira, esse ensaio será invalidado.



Avaliação e classificação

A pontuação final será dada pela soma das pontuações parciais atribuídas pelo júri avaliador sendo a equipe com maior pontuação a vencedora. Os critérios de avaliação serão baseados nas seguintes rubricas:

Critérios	Peso	Quantidade/Pontuação
1) Desenho teórico da barreira contra quedas. Cumprir e seguir os parâmetros estabelecidos no anexo 1. Representar a energia da barreira após impacto, deslocamento e peso da barreira.	15 %	0%-15%
2) Projeto geométrico da barreira. O júri avaliará o desenho geométrico da mesma, além da justificativa escrita para cada um dos componentes (avaliando a relação de uma barreira real com a barreira do desafio/concurso). Exemplo: <i>Power sink</i> – liga em posição estratégica. Esta avaliação será apresentada a partir do projeto e da barreira construída.	15%	0%-15%
3) Peso da barreira. O peso será avaliado, sendo a maior pontuação atribuída para a barreira com o menor peso (-5% para cada equipe).	20%	Menor Peso: 20% (demais equipes -5% progressivamente)
4) Deslocamento da barreira* . Será avaliado o deslizamento em centímetros da barreira, onde a maior pontuação será dada para a barreira com o menor deslocamento (-5% para cada equipe).	50%	Menor deslocamento – 50% (demais equipes -5% progressivamente)

*Todas as barreiras que apresentarem um deslocamento superior a 10 centímetros (ainda que não de forma integral) receberão pontuação nula no item 4 da tabela acima. Além disso, Todas as barreiras que não contiverem as esferas ou pilhas também não pontuarão nesse item.



Anexo 1- Cálculo

Este anexo é uma referência que pode ser utilizada para a concepção da barreira contra quedas. É importante notar que a principal análise em projetos de barreira de queda de "rocha" envolve principalmente o estudo da trajetória e quantidade de energia de impacto da queda em questão.

COMPARAÇÃO ENTRE BARREIRAS DINÂMICAS, ATERROS DE IMPACTO E MODELO EM ESCALA "BARREIRAS DE QUEDAS"

RECURSOS DE REVISÃO	BARREIRA	TERRAPLENO	MODELO DE BARREIRAS DE QUEDAS
REVISÕES MECÂNICAS			
DEFORMAÇÃO APÓS IMPACTO	SIM	SIM	NÃO
DESLOCAMENTO "LOCAL" DA ESTRUTURA	SIM	SIM	NÃO
PROPENSO A DESLIZAMENTO GERAL AO APRESENTAR UM IMPACTO (MOVIMENTO TRANSLACIONAL)	NÃO	DESPREZÍVEL	SIM
PROPENSO A VIRAR COM O IMPACTO (MOVIMENTO ROTACIONAL)	NÃO	DESPREZÍVEL	SIM
RESISTÊNCIA AO IMPACTO MÚLTIPLO	REDUZIDO CAPACIDADE	SIM	SIM
ALTURA RESIDUAL APÓS IMPACTO	SIM	DESPREZÍVEL	NÃO
REVISÃO DE EXTRAÇÃO POSTES E ÂNCORAS TN	SIM	SEM POLOS	SEM POLOS
REVISÕES ESTRUTURAIS			
ESTABILIDADE INTERNA	SIM	SIM	SIM
REVISÕES DA ABORDAGEM GEOMÉTRICA			
DIMENSIONAMENTO DE ALTURA, INCLINAÇÃO E POSIÇÃO DA BARREIRA	SIM	SIM	SIM



Observando a tabela acima, o conceito de "barreira de quedas" pode falhar mecanicamente, especialmente no que diz respeito a deslizamento e tombamento, podendo resultar na saída tanto da barreira quanto das estacas de sua área designada.

Por outro lado, ao adotar uma abordagem geométrica, é essencial conduzir um estudo detalhado da trajetória do objeto que cai, que chamaremos de "rocha". Com base nessa análise, o dimensionamento da altura e posicionamento da barreira deve ser cuidadosamente calculado para garantir que ela possa interceptar eficazmente o bloco. Qualquer situação em que a rocha não seja contida pela barreira deve ser considerada uma falha no projeto.

Por último, mas não menos importante, a estrutura interna dos componentes e materiais que compõem a barreira deve ser criteriosamente projetada para garantir sua resistência e prevenir quaisquer falhas internas.

A tabela a seguir mostra os mecanismos responsáveis por "absorver" a energia de impacto da "rocha" que devem ser considerados durante a etapa de projeto.

DISSIPAÇÃO DE ENERGIA DE IMPACTO DE ROCHA		
BARREIRA DINÂMICA	TERRAPLENO	BARREIRA DE QUEDAS
<ul style="list-style-type: none">ENERGIA DISSIPADA POR DEFORMAÇÃO PLÁSTICAENERGIA DISSIPADA POR DESLOCAMENTO ELÁSTICO	<ul style="list-style-type: none">ENERGIA DISSIPADA POR DEFORMAÇÃO PLÁSTICAENERGIA DISSIPADA POR DESLOCAMENTO ELÁSTICOENERGIA DISSIPADA POR ATRITO	<ul style="list-style-type: none">PESO PRÓPRIO DA BARREIRA (IMPACTO SEMI ELÁSTICO)

PROJETO MECÂNICO (DINÂMICO) DO MODELO "FALLEN DEFENSE" ETAPA 1: CÁLCULO DA VELOCIDADE E ENERGIA DE IMPACTO

Uma das coisas mais relevantes e a primeira que tem de ser determinada é a energia de impacto da bateria com o modelo de "barreira de quedas". Para isso devemos calcular a velocidade final aproximada da pilha ao atender ao impactar a barreira por meio da lei de conservação de energia e assumindo que se trata de um cilindro sólido que rola sem escorregar (somente o coeficiente de atrito estático será necessário para iniciar o movimento):

Expressão da conservação de energia

$$E_{P1} + E_{C1} = E_{P2} + E_{C2}$$

Desenvolvendo a expressão anterior



$$mgh + 0 = 0 + \left(\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2\right)$$

m = Massa da(s) pilha(s) expressa em kg

g = Aceleração da gravidade, considerada como $9,81 \frac{m}{s^2}$

v = Velocidade final, expressada em m/s

I_0 = Momento de inércia de um cilindro $= \frac{1}{2}mr^2$

r = Raio do cilindro (pilha)

ω = Velocidade angular $= \frac{v}{r}$

É importante destacar que, ao realizar cálculos para projetos de barreiras dinâmicas, o nível de energia da barreira é determinado sem levar em consideração a velocidade de rotação da queda. Isso se deve ao fato de que uma rocha real não segue um comportamento ideal; além da possibilidade de rotação, ela pode apresentar deslizamento no solo e impulsos de restituição, conforme definido na expressão descrita na norma UNI 11211.

A **energia de projeto** (E_{sd}) é definida com a equação clássica da energia cinética, multiplicada por um coeficiente de segurança (γ_R)

$$E_{sd} \geq \left(\frac{1}{2} m_d v_d^2 + \frac{1}{2} I_d \omega_d^2 \right) \gamma_R$$

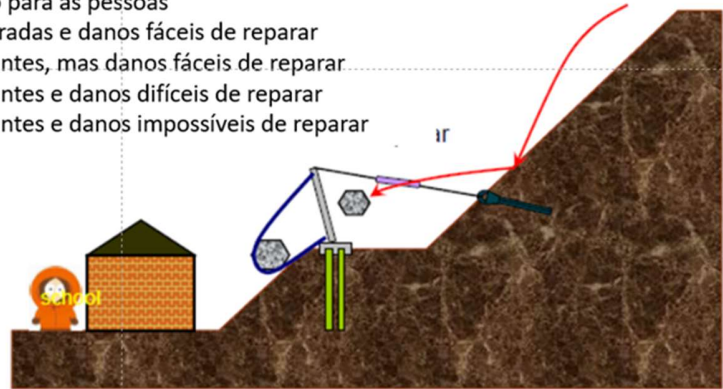
γ_R : Fator de segurança relacionado ao risco para as pessoas

1,00 – Consequências econômicas moderadas e danos fáceis de reparar

1,05 – Consequências econômicas relevantes, mas danos fáceis de reparar

1,10 – Consequências econômicas relevantes e danos difíceis de reparar

1,20 – Consequências econômicas relevantes e danos impossíveis de reparar



Dando sequência aos cálculos relativos à bateria, continuamos a simplificar e desenvolver a expressão de conservação de energia:



$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}mr^2\right)\frac{v^2}{r^2}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}mv^2$$

$$mgh = \frac{3}{4}mv^2$$

$$v^2 = \frac{4}{3}gh$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3}gh}$$

Ainda, considerando que a altura do modelo em escala é de 1:1 temos que a velocidade aproximada que a bateria sai da rampa e se aproxima do impacto com a barreira é:

$$v = \sqrt{\frac{4}{3}\left(9.81\frac{m}{s^2}\right)*1.1m} \approx 3.8\frac{m}{s}$$

As diferentes energias de impacto variando a massa das rochas (número de baterias) são apresentadas na tabela a seguir:

# de Pilhas	Massa (kg)	Energia de impacto (J)
1	0.135	1.456785
2	0.274	2.956734
3	0.412	4.445892
4	0.564	6.086124
5	0.695	7.499745
6	0.826	8.913366

PASSO 2: ESCOLHA DO TIPO DE IMPACTO

Existem geralmente 2 tipos de impacto: central e oblíquo. O chamado *impacto central* ocorre quando a direção de movimento dos centros de massa das duas "partículas" (considerando totalmente uma análise da mecânica do corpo rígido e simplificando a barreira como partícula) vai ao longo de uma linha que passa pelos centros de massa das partículas, sendo essa linha chamada de *linha de impacto*, que é perpendicular ao plano de contato. Quando o movimento de uma ou ambas as partículas formam um ângulo em relação à linha de impacto, o impacto é dito oblíquo. Para determinar o tipo de impacto a que nos referimos, temos a seguinte imagem de análise.



Pode-se deduzir com a imagem anterior que sempre (para este modelo de teste) apresentaremos um impacto do tipo oblíquo, independente da altura da barreira escolhida, as linhas de movimento (VA e VB) nunca coincidirão com a linha de impacto.

PASSO 3: DECOMPOSIÇÃO DA VELOCIDADE

Ao decompor cada uma das velocidades iniciais em componentes x e y, considerando que o centro de massa da defesa está acima do centro de massa da pilha, temos:

$$(V_{Ax})_1 = 0$$

$$(V_{Bx})_1 = -V_B * \cos(\theta_a + 35.25) = -3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25)$$

$$(V_{Ay})_1 = 0$$

$$(V_{By})_1 = -V_B * \text{sen}(\theta_a + 35.25) = -3.8 \frac{m}{s} * \text{sen}(\theta_a + 35.25)$$

É importante ressaltar que a partícula identificada com a letra "A" corresponde à barreira e a identificada com a letra "B" é a que corresponde à rocha (baterias).

Na sequência, utiliza-se a expressão de conservação da quantidade de movimento na direção "x":

$$m_A(v_{Ax})_1 + m_B(v_{Bx})_1 = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$

$$0 + m_B \left(-3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25) \right) = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$

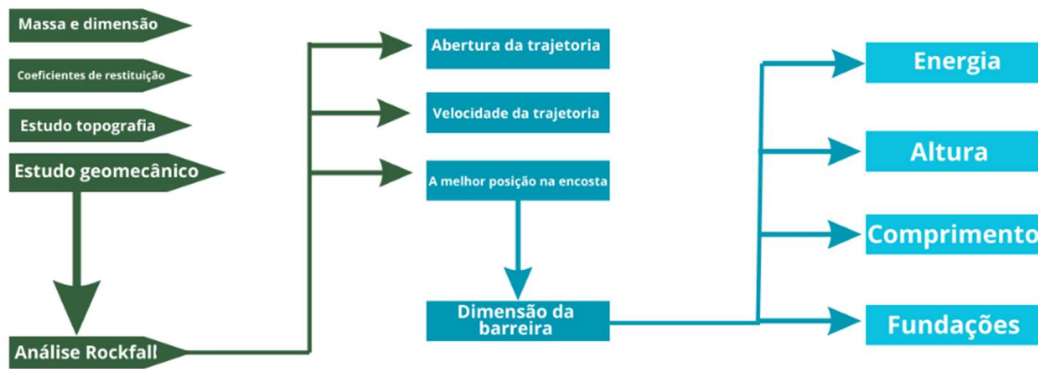
Até este momento continuamos a ter como variáveis as 2 velocidades finais após o impacto (quanto à massa da partícula B que corresponde à rocha não é desconhecida uma vez que é a que irá variar em termos do número de baterias e da massa da partícula "A", que também é variável, tendo como limite o peso máximo do material disponível para a criação da barreira).



PASSO 4: ESCOLHA DO COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO E COEFICIENTE DE ATRITO

Neste ponto do processo de cálculo entra uma relação muito importante tanto no projeto de um projeto real de barreira contra queda de rocha como também para este modelo em escala, que é o coeficiente de restituição. Este valor refere-se à relação da velocidade relativa da separação das partículas logo após o impacto, com as velocidades de aproximação das partículas pouco antes do impacto. De acordo com a abordagem de projeto em projetos reais de engenharia de queda de rochas existem 2 métodos para determinar este coeficiente, o primeiro através de uma retroanálise e o segundo e mais utilizado é definido através de dados da literatura.

Tipos de terreno		Coeficientes de restituição	
Numero	Nome	Rn	Rt
1	Rocha	0.40	0.80
2	Solo	0.20	0.45
3	Madeira	0.31	0.60
4	Via férrea	0.20	0.20



A tabela acima refere-se a valores dos coeficientes de restituição encontrados na literatura, enquanto a imagem abaixo apresenta um diagrama simplificado com os requisitos e etapas de projeto de uma barreira.

Para o modelo de barreira proposto será utilizado um valor teórico obtido no livro "Engenharia Mecânica Dinâmica" 12ª edição do R.C. Hibbeler conforme abaixo:

$$e = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(v_{Ax})_1 - (v_{Bx})_1} = 0.2$$

Onde:

e = Coeficiente de restituição

É importante salientar que esse valor pode ser ajustado empiricamente por meio de testes práticos, mas, para iniciar a análise, o valor obtido na literatura é um bom ponto de partida. É necessário também



determinar um coeficiente de atrito entre a barreira e sua superfície de contato. Da mesma forma que o coeficiente de restituição, existem alguns valores teóricos que podem ser adotados conforme apresentado na tabela abaixo. Este valor pode ser ajustado com testes práticos.

Materiais	Coeficiente de atrito estático	Coeficiente de atrito dinâmico
Aço - Aço	0,74	0,57
Alumínio - Aço	0,61	0,47
Cobre - Aço	0,53	0,36
Latão - Aço	0,51	0,44
Borracha - Concreto	1	0,8
Maderia - Madeira	0,3	0,2
Vidro - Vidro	0,94	0,4
Cobre - Vidro	0,68	0,53
Gelo - Gelo	0,1	0,03
Teflón - Teflón	0,04	0,04
Teflón - Aço	0,04	0,04

Serway. Física para Cientistas e Engenheiros Sears, Z & Y. Física Universitaria.

Para iniciar os cálculos será utilizado um valor de coeficiente cinético de atrito conservador. A força de atrito a ser apresentada é expressa da seguinte forma:

$$f_k = \mu_k N$$

N = é a magnitude da força normal em kg

Assim, para determinar o deslocamento que ocorrerá após o impacto em relação à partícula A (barreira) temos a seguinte equação de energia, considerando as perdas por atrito:

$$T_1 + \sum U_{1-2} = T_2$$

T_1 = Energia cinética inicial da partícula A

$\sum U_{1-2}$ = Perdas de energia

T_2 = Energia cinética final (neste caso quando cessar a movimentação)



ETAPA 5: CÁLCULO DAS VELOCIDADES FINAIS 2 APÓS O IMPACTO, PERDA DE ENERGIA DA BARREIRA APÓS O IMPACTO, DESLOCAMENTO E ANÁLISE DOS ÂNGULOS E PESOS

O próximo passo é resolver simultaneamente o sistema de equações de duas expressões e duas incógnitas mostradas abaixo. Uma vez obtidas as velocidades finais em "x" de ambas as partículas após o impacto, calcula-se o deslocamento do BFM por meio da energia cinética final e a perda de energia por atrito.

$$m_B \left(-3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25) \right) = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$
$$e = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(v_{Ax})_1 - (v_{Bx})_1} = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(0)_1 - (v_{Bx})_1} = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{-(v_{Bx})_1}$$

PROJETO FÍSICO E GEOMÉTRICO DA BARREIRA BASEADO EM ANÁLISE TEÓRICA

Com base em todos os resultados obtidos, será realizada uma análise destes para determinar o peso, posicionamento e forma ideais do modelo de "barreira de quedas", sendo importante comentar que as dimensões propostas nesta parte do projeto podem ser ajustadas com alguns testes práticos.

PASSO 1: CAMINHO DA BATERIA

A trajetória da pilha, que representa a rocha em queda no modelo, seguirá a configuração da rampa utilizada no desafio, e o modelo simplificado da barreira desenvolvido em CAD deve indicar a zona de impacto da solução projetada.

PASSO 2: PESO DA BARREIRA E CENTRO DE GRAVIDADE

Para a definição do peso e centro de gravidade da barreira será necessário encontrar um equilíbrio entre utilizar a menor quantidade de material possível e obter um deslocamento da estrutura que garanta tanto que a "barreira de quedas" permanecerá no local permitido quanto que as baterias lançadas serão absorvidas dentro da área indicada.

PASSO 3: PROJETO GEOMÉTRICO DO MODELO DE BARREIRA DE QUEDAS E POSICIONAMENTO

A barreira deve ser projetada com os materiais fornecidos e atender o deslocamento permitido para não ser desclassificada.



GEGEO UFPR
GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNIA

MACCAFERRI



GEOSUL 2023
XIII Simpósio de Práticas de Engenharia
Geotécnica da Região Sul
22 a 25 de novembro - Ponta Grossa/PR

Desqualificação e desclassificação

Serão desqualificadas e/ou desclassificadas as equipes que:

- Plagiarem o trabalho teórico/projeto;
- Fizerem uso de ferramentas ou instrumentos não estão listados neste documento ou que não tenham sido aprovados pelo comitê.

Cerimônia de premiação

O resultado será divulgado no dia do evento com base na decisão emitida pelo júri e comissão organizadora. A premiação será oferecida pela Maccaferri, patrocinadora do evento, aos 3 primeiros colocados.

Bibliografia:

- R.C. HIBBELER. (2010). DYNAMIC Engenharia Mecânica. México: PEARSON EDUCAÇÃO.
- ROBERTO RESNICK. (1964). FÍSICA PARA ESTUDANTES DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA. Cidade do México: Continental S.A.
- Manuais de barreira contra queda de rochas, MACCAFERRI