

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/240

## Proteção e Estabilização de encosta com conjunto de soluções: Barreira Dinâmica, Envelopamento e Ancoragem de blocos

Andrea Balbuzano Pelizoni

Coordenadora de Mercado Rockfall, Maccaferri, Rio de Janeiro, Brasil, a.pelizoni@maccaferri.com

Monique Lacerda de V. Sobral

Gerente de Produto - Rockfall, Maccaferri, Rio de Janeiro, Brasil, m.sobral@maccaferri.com

Leila Ferreira Figueiredo

Diretora de Operações, EMUSA, Niterói, Brasil, leilaff@outlook.com

Márcio Fernando Santos

Engenheiro Civil, Geomecânica, Rio de Janeiro, Brasil, fernando.santos@geomecanica.com.br

Tadeu Andrade de Matos

Engenheiro Civil, Geocoba, Rio de Janeiro, Brasil, tam@geocoba.com

**RESUMO:** Este trabalho apresenta as soluções e técnicas adotadas para estabilização e proteção contra queda de blocos na área do Morro do Holofote, localizado no bairro do Fonseca, Município de Niterói, Estado do Rio de Janeiro. O maciço rochoso próximo à rua João Brasil, é conhecido como Morro do Holofote, formado, predominantemente, por gnaiss e granito-gnaiss. Devido a presença de blocos e lascas soltas ao longo da encosta, a prefeitura de Niterói, no ano de 2020, deu início as investigações para desenvolvimento de um projeto de estabilização e proteção, com o objetivo de proteger a área residencial próxima da base da encosta. As soluções adotadas em projeto foram do tipo ativas e passivas, definindo-se em projetos três principais soluções para proteção e estabilização, barreiras dinâmicas para proteção contra queda de blocos, sistema de envelopamento com malha de aço e chumbadores, e estruturas de contenção tipo contrafortes para ancoragem de grandes blocos presente no maciço. A escolha e dimensionamento das soluções adotadas em projeto, foram verificadas a partir dos levantamentos de campo realizados na região após as ocorrências de desprendimentos registrados pelos moradores e entidades públicas da região. A obra foi finalizada em um período de cinco meses, ainda das dificuldades de acessos, transporte e instalação das estruturas, uma vez que a área se localiza em um lugar de difícil acesso e logística de transporte de material e equipamentos, por conta da declividade e altura características da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilização de Talude, Revestimento Flexível, Sistema de Malha de Alta Resistência

**ABSTRACT:** This work presents the solutions and techniques adopted for stabilization and protection against falling blocks in the Morro do Holofote area, located in the Fonseca neighborhood, Municipality of Niteroi, State of Rio de Janeiro. The rocky massif near Rua João Brasil is known as Morro do Holofote, formed predominantly by gneiss and granite-gneiss. Due to the presence of loose blocks and chips along the slope, the city of Niterói, in 2020, began investigations to develop a stabilization and protection project, with the aim of protecting the residential area close to the base of the slope. The solutions adopted in the project were active and passive, defining three main solutions for protection and stabilization, dynamic barriers to protect against falling blocks, an envelope system with steel mesh and anchor bolts, and buttress-type containment structures for anchoring of large blocks present in the massif. The choice and dimensioning of the solutions adopted in the project were verified based on field surveys carried out in the region after the occurrence of detachments recorded by residents and public entities in the region. The work was completed in a period of approximately five months, despite the difficulties of access, transport and installation of structures, since the area is located in a place of difficult access and logistics of transporting material and equipment, due to the slope. the height characteristics of the area.

**KEYWORDS:** Slope Stabilization, flexible face, High Strength Mesh System

## 1 INTRODUÇÃO

O maciço rochoso próximo à rua João Brasil, localizado no bairro Fonseca, Município de Niterói, RJ, conhecido como Morro do Holofote, formado, predominantemente, por gnaiss e granito-gnaiss. O maciço apresenta características geológicas predominantes de gnaiss fecoidal, presente na Unidade Suíte Rio de Janeiro, segundo a Folha Baía de Guanabara (DRM/RJ, 1981).

Na área do maciço do Holofote, foram identificadas evidências de blocos, médios e grandes, individualizados, e lascas resultado do intemperismo físico e químico do material na área, colocando a região próxima da base da encosta, susceptível a riscos, decorrentes de eventuais rolamentos, desprendimentos ou até queda de blocos presente ao longo da encosta, uma vez que a área residencial encontrasse muito próximas da base.

Devido a algumas ocorrências e registros de blocos e lascas soltas ao longo da encosta, a prefeitura de Niterói, no ano de 2020, deu início às investigações para desenvolvimento de um projeto de estabilização e proteção, com o objetivo de resguardar a área residencial próxima da base.

Para proteção da área foram adotadas várias soluções do tipo ativas e passivas, como por exemplo soluções de convivência entre contenção e a vegetação local, que visam proteger a área e eliminar o risco associado aos possíveis movimentos. Este tipo de técnica moderna, tem ganhado espaço e força no que respeita a proteção contra movimentos de massa e o local a ser aplicado, de acordo com a solução de estabilização.

A execução das soluções consistiu em uma obra de alta complexidade por conta das condições geométricas da área, incluindo as dificuldades de acesso e logística. Foi executada em um curto período, menor do que sete meses, e ainda com as dificuldades de acesso, transporte e instalação das estruturas, uma vez que a área represente um lugar de grande declividade e com muitos blocos instáveis.

## 2 CARACTERIZAÇÃO E ETAPAS DE PROJETO

### 2.1 Localização

A área de estudo, objeto deste trabalho, localiza-se na área conhecida como Morro do Holofote, localizado a montante da Av. Prof. João Brasil, atrás do nº189 e travessa Francisco Ribeiro, no Bairro Fonseca, Município de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 1 apresenta a localização da área das obras de proteção, a montante da região das casas, e na trajetória dos possíveis movimentos provenientes da área de mata localizada na parte alta do morro. Nota-se que a formação geológica foi cercada por áreas residenciais, que por sua vez se veem afetadas pela alteração do material e possíveis desprendimentos de blocos e lascas.

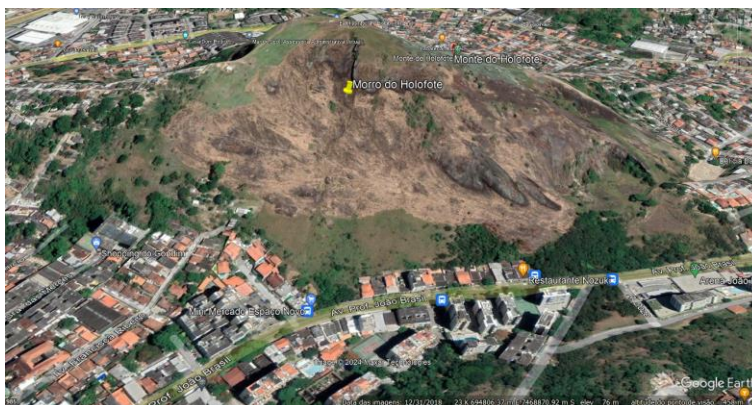


Figura 1. Localização da área de intervenção.

### 2.2 Levantamento inicial

Devido à topografia e geologia complexa que caracteriza a área da encosta Morro do Holofote, e considerando que a área residencial se desenvolveu na base em torno da encosta, foram identificados blocos e

material de rocha alterada, que eventualmente, poderiam se deslocar, colocando em risco os moradores e a infraestrutura próxima da área.

Morro do Holofote, apresenta as características geológicas predominantes de gnaiss fecoidal, presente na Unidade Suíte Rio de Janeiro, segundo a Folha Baía de Guanabara (DRM/RJ, 1981). Na área do maciço, foram identificadas evidências de blocos, médios e grandes individualizados, e lascas resultado do intemperismo físico e químico do material presente no maciço, colocando a região próxima em condições de susceptibilidade a riscos, decorrentes de eventuais rolamentos, desprendimentos ou até queda do material alterado presente na área da encosta, uma vez que a área residencial se encontra muito próxima à base da encosta.

A Figura 2 apresenta a Carta Geomorfológica do Município de Niterói indicando a unidade em que o local se encontra, neste caso R4b1 – Morros Altos - Relevo de morros de geometria convexo-côncava, francamente dissecados. Caracteriza-se por um relevo movimentado com vertentes de gradientes médios a elevados e topos arredondados a aguçados. Densidade de drenagem moderada a alta com padrão subdendrítico a treliça. Amplitude de 80 a 250 m, Declividade 10-35° (18-10%).

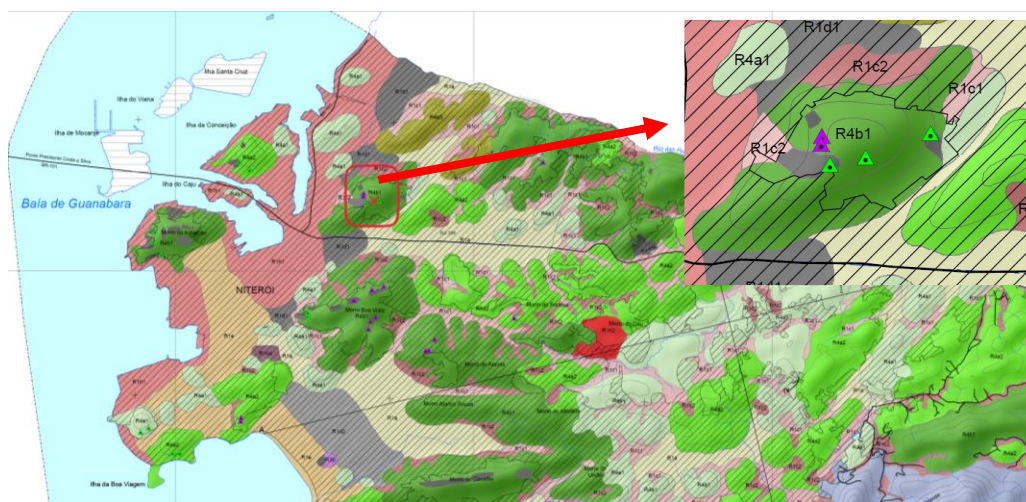


Figura 2. Carta Geomorfológica do Município de Niterói, identificando a região em estudo como R4b1 – Morros Altos.

### 2.3 Técnicas de proteção e convivência adotados.

Existem diversas técnicas e soluções que podem ser empregadas para estabilizar, proteger e mitigar quedas e rolamentos de blocos, assim como desprendimentos de lascas. A escolha da solução implica diversas fases, segundo a norma Brasileira NBR 11682, passando pela vistoria e diagnóstico, análises de estabilidade, detalhamento de projeto, implantação e monitoramento. Na Figura 3 são apresentados alguns dos blocos antes da intervenção, evidenciando-se as descontinuidades e condições de instabilidade deles.



Figura 3. Blocos antes da intervenção.

Atualmente a escolha e adoção de técnicas e estruturas “passivas” de proteção e mitigação, são caracterizadas por estruturas de interceptação da massa, estabilidade superficial e reforço de solo através de

elementos passivos, que vem sendo usados para diversas situações de estabilização e convivência com o problema, uma vez que se apresentam como soluções mais práticas do ponto de vista de instalação, de custos reduzidos, quando comparadas com estruturas convencionais, sendo soluções de baixo impacto ambiental e visual, representando uma relação de custo-benefício adequada.

Para aplicação na área de estudo aqui apresentada, foram utilizadas soluções como, barreiras de impacto (Figura 4), e envelopamento de blocos (Figura 5), as quais são estruturas que visam à contenção ou desaceleração de massas de solo e/ou rocha em movimento. As barreiras adotadas em projeto, foram barreiras flexíveis, conhecidas também como barreiras dinâmicas, estas estruturas são relativamente leves e esbeltas, constituídas por painéis formados por anéis de aço ou malha metálica, postes para sustentação dos painéis, elementos de ancoragem e conexão, e dissipadores de energia, que em conjunto configuram uma estrutura com capacidade definida e testada a partir dos ensaios internacionais, EAD 340059-00-0106 “*Falling Rock Protection Kits*”.



Figura 4. Solução Barreira Dinâmica.

Foi também adotada a solução de envelopamento de blocos (Figura 5) com sistema de malhas de aço de alta resistência e chumbadores, com o objetivo de estabilizar ou limitar o deslocamento de uma massa de bloco ou conjunto de blocos. O sistema de envelopamento corresponde a uma solução moderna, onde se combina a capacidade de um sistema de malhas e chumbadores para garantir a fixação ou estabilização da massa no local.



Figura 5. Envelopamento com sistema HEA Panel.

Adicionalmente, foram adotados contrafortes ancorados, conforme apresentado na Figura 6, que consiste em uma peça em concreto armado ancorada ou chumbada que serve de apoio ou fixação de um bloco de rocha. Comumente utilizado em elementos e blocos de grande dimensão que precisam de uma ancoragem ativa em uma base de material de maior resistência.

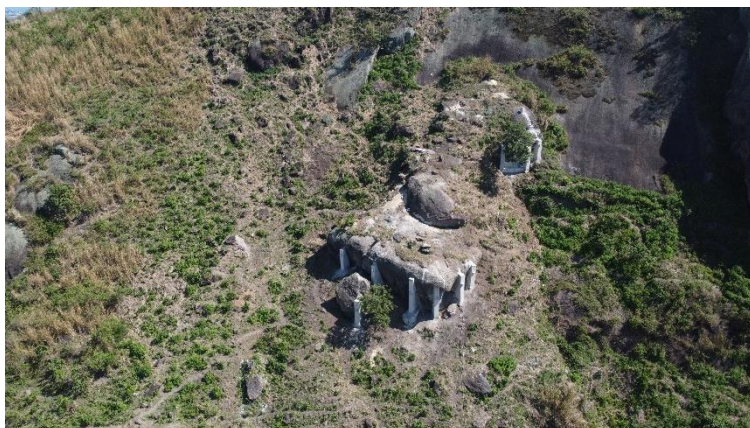


Figura 6. Solução Contraforte ancorado.

Por fim, foi também feito o desmonte de alguns blocos individualizados ou sem apoio, localizados na superfície rochosa da encosta. Existem algumas técnicas de desmonte, entre elas, por explosivos ou desmonte a frio, podendo ser parcial ou total, dependendo da condição do maciço, apresentado na Figura 7.



Figura 7. Desmonte de blocos.

## 2.4 Projeto

O projeto foi desenvolvido a partir do levantamento de campo onde foram verificados os blocos e suas dimensões ao longo de toda área de projeto, definido a partir das visitas e levantamento iniciais. Em função das características geomecânicas dos blocos no local, foram adotadas as soluções antes mencionadas.

As soluções foram adotadas uma vez feitas as análises das trajetórias dos blocos e a energia de impacto simuladas com auxílio da ferramenta *Software RocFall* da Rocscience inc, além das análises de estabilidade dos blocos que precisariam de ser ancorados. Foram dimensionadas barreiras dinâmicas para interceptação de blocos provenientes da parte alta da encosta, sistemas de malhas de aço e chumbadores, para envelopamento dos blocos soltos ao longo da superfície, e estruturas ativas do tipo contrafortes para ancoragem de grandes blocos presente no maciço, além de ancoragens pontuais para estabilização de blocos isolados, entre outros.

No projeto foi definido um total de seis barreiras dinâmicas, para interceptação dos blocos localizados na parte de cima e na parte média da encosta. A posição e locação destas estruturas foi definida em função da energia, direção e altura simulada na trajetória e local adequado em função da correta instalação das bases da barreira, uma vez que quanto mais plana e alinhada foram a base da barreira, melhor será seu desempenho. Foram feitas um total de oito análises de trajetórias, permitindo dimensionar a capacidade de energia necessária para segurar o bloco, conforme exemplificada na Figura 8.

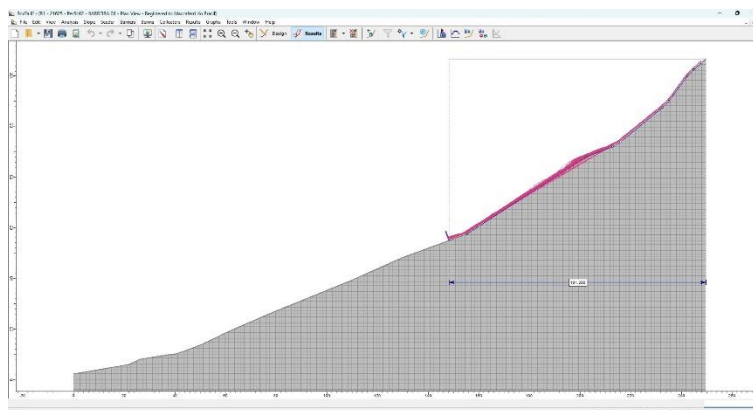


Figura 8. Análises no Rocfall (Rocscience inc).

As análises das trajetórias consideraram blocos de tamanho máximo igual a 2m<sup>3</sup>, conforme levantado e indicado nas diversas seções elevadas a partir do levantamento topográfico da área. A capacidade da barreira calculada a partir análises foi até 3000 kJ tanto para as quatro barreiras da base, como para 1 barreira e 3000kJ locada no setor do meio da encosta e 1 barreira locada no topo da encosta direcionada para a Travessa Francisco Ribeiro. Utilizando barras de aço de 32 mm, com comprimento de 7,0 m em cada poste e nas ancoragens nas laterais das barreiras.

No projeto, foi adotado a utilização de Sistema HEA Panel 300 e chumbadores formados por barras de aço de 32mm e comprimento de 7m, dispostos a cada 1m no perímetro da massa, com o objetivo de estabilizar blocos e lascas do afloramento rochoso evidenciado na superfície da encosta.

Este tipo de sistema vem sendo muito utilizado e adotado por ser considerados sistemas de baixo custo, rápida execução e resistência suficiente para estabilizar os blocos de grandes dimensões. O dimensionamento dos chumbadores e a tela se deu a partir das condições da área de estudo, considerando, principalmente, espessura instável a ser estabilizada, características e tipo de rocha, mergulho da descontinuidade crítica, geometria do talude, características de resistência ao arrancamento ( $qs$ ) no material da área de ancoragem dos chumbadores.

Os blocos maiores e nas regiões mais íngremes, foram estabilizados através dos contrafortes ancorados. Com dimensão de 3,0 m de altura, espessura de 0,80 m e profundidade de 1,0 m, fundação em bloco de concreto com 2,5 m x 1,0 m x 1,0 m e comprimento de tirante de 22T calculado a partir de 12 m.

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das soluções e quantidades aplicadas na área, conforme dimensionado no projeto.

Tabela 1. Quantitativos de solução.

Solução	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Número (und)
Barreira Dinâmica 1 RB300	300		
Barreira Dinâmica 2 RB300	200		
Barreira Dinâmica 3 RB300	360		
Sistema HEA Panel 1	600		
Sistema HEA Panel 2	200		
Contraforte		87,60	12
Chumbadores Isolados			32

### 3 OBRA

A obra para implantação das soluções adotadas, apresentou um grau de dificuldade considerável, uma vez que existiam alguns fatores determinantes, como (1) prazo de execução, uma vez que a obra precisaria de ser executada em um prazo de 7 meses (2) muita dificuldade para acesso de equipamento e materiais à área de implantação, por conta da declividade da área e altura (3) logística e sequência executiva.

A obra foi iniciada em abril de 2023 com limpeza total da área. Seguido da instalação das quatro barreiras localizadas na parte mais baixa, logo sistema de envelopamento e, finalmente as estruturas de contrafortes e chumbadores isolados. A obra foi concluída em dezembro de 2023.

### 3.1 Preparo da área

A etapa inicial da obra, consistiu na limpeza e remoção de vegetação e material solto na área, com a finalidade de minimizar o material já em condição de ruptura. A limpeza foi feita de forma manual, com equipamentos menores, removendo a vegetação para melhor visualização da área, assim como material solto que precisaria de ser removido (Figura 9).



Figura 9. Preparação da área para execução das soluções.

### 3.2 Instalação das soluções

As estruturas de estabilização e proteção da área foram executadas numa sequência que dependia basicamente da liberação da área após limpeza e acesso aos locais, uma vez que cada uma destas estruturas é independente das outras, o que permitiu que fosse possível executar os três sistemas, em alguns momentos, até em paralelo.

A instalação da barreira dinâmica (Figura 10), foi feita de forma muito rápida, em um total de 15 dias para cada uma das barreiras instaladas. A instalação iniciou pela base dos postes, as fundações e seguido da instalação das ancoragens laterais e a montante, perfurando, inserindo a barra de aço ou cabo (de acordo com o tipo de ancoragem), e injetando os furos com calda de cimento. Logo foram içados os postes, posicionados a cada 10m no alinhamento definido em projeto, e finalmente instalados os painéis de interceptação, juntamente com as conexões necessárias e elementos dissipadores, responsáveis por complementar o conjunto kit barreira, e desta forma consolidar a capacidade de energia máxima oferecida pela barreira definida em projeto.

Adicionalmente às estruturas apresentadas, foram também executados os tirantes e contrafortes em concretos, assim como os chumbadores individuais para contenção de lascas e blocos característicos da alteração de maciços de granito-gnaisses no contexto geológico da região.

Alguns blocos foram selecionados para desmonte. O desmonte foi feito de forma mecânica com auxílio de martelo pneumático.



Figura 10. Obra finalizada - Barreira Dinâmica RB200.

#### 4 VANTAGENS EXECUTIVAS

As técnicas e soluções de mitigação e proteção definidas em projeto e aplicadas na obra, representam tecnologias e soluções modernas, capazes de oferecer segurança, possibilitando a instalação em lugares de difícil acesso. Das principais vantagens oferecidas, podemos citar a rapidez de instalação, custos reduzidos em relação às soluções convencionais, facilidade na manipulação e transporte de materiais em lugares de difícil acesso, baixo impacto ambiental e visual e sistema de revestimento contra corrosão avançado.

#### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo apresentar as diferentes soluções adotadas para proteção e estabilização em área residencial na base do Morro do Holofote de forma rápida e sem grandes impactos na região, onde foram utilizados conjuntos de soluções e estruturas de proteção e mitigação de movimento de massa do tipo queda de blocos, após a área ser afetada com as chuvas de 2010 que deixaram remanescente de blocos e material solto ao longo da encosta, colocando em risco a área na sua base.

Após avaliação do movimento e dos fatores associados ao tipo de encosta, a adoção de um conjunto de soluções capazes de atender tanto as necessidades técnicas do local como às condições de execução em função do tempo (rapidez em trazer segurança aos moradores antes das próximas chuvas), dificuldade de acesso e logística de trabalho (encosta muito inclinada e elevada) e manter as características de uma encosta verde.

#### AGRADECIMENTOS

As empresas envolvidas no projeto e obra, EMUSA, GEOCOBA, MACCAFERRI E GEOMECÂNICA, pelas informações disponibilizadas para desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRM/RJ (1981). *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Bloco Baía de Guanabara, Escala 1: 50.000*, Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, Niterói (Relatórios e Mapas).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 11682. *Estabilidade de Encostas*. Rio de Janeiro.
- GEORIO (2014) *Manual Técnico de Encostas*, Fundação GEORIO, Rio de Janeiro, 02 Volumes, 705p.
- Nunes, A.L.L.S. (2013). *Convivência com Ruptura – Barreiras contra Queda de blocos*, VI Conferência Brasileira de Encosta – COBRAE, p. 41-73.
- EAD 340059-00-0106 *Guideline for European Technical Approval fo Falling Rock Protection Kits*.
- GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BAÍA DE GUANABARA\* SF-23-Z-B-IV. CPRM, Belo Horizonte, 156p.