



Sistemas contra a queda de rochas

Necessidades e Soluções

MACCAFERRI

Obras contra a queda de rochas

Problemas e Soluções

↘ Problema geral

↘ Tipologia específica do problema

↘ Sistema de soluções

↘ Soluções específicas

Análise de riscos

Rodovias, ferrovias e áreas urbanas estão frequentemente sujeitas à instabilidade dos maciços rochosos. Tais instabilidades podem ser superficiais ou envolver toda a sua estabilidade global. Os sistemas de proteção contra a queda de rochas são desenvolvidos para sanar todo e qualquer problema contra a caída de blocos que se desprendem dos taludes assim como os colapsos e instabilidades profundas. A princípio, deve ser feita uma clara distinção entre os sistemas superficiais a serem aplicados, que podem ser constituídos utilizando um conjunto de combinações entre redes – cabos de aço – painéis – ancoragem, os quais serão analisados na presente publicação, e o “solo grampeado” (*soil nailing*) propriamente dito, destinado à estabilização global do maciço rochoso e que não será descrito nesta publicação, porém estão diretamente associados aos sistemas superficiais de proteção. Esta aclaração é necessária porque a confusão entre as técnicas destinadas à instabilidade superficial e aquelas profundas se constitui em um frequente erro conceitual, que deve ser evitado.

As instabilidades superficiais são provocadas a partir dos processos de alteração e degradação da rocha nos maciços rochosos, podem-se destacar a ação da vegetação, dilatação térmica, erosão eólica, ciclo gelo-degelo, processo de umedecimento e secagem, ação sísmica, degradação progressiva da resistência das juntas e o empuxo hidrostático atuante, porém poucas vezes os possíveis movimentos das rochas podem ser tratados de maneira simples.

Através de uma análise de riscos geotécnicos obtém-se uma avaliação quantitativa associada às possíveis causas da queda das rochas dos taludes, determinando a probabilidade dos riscos a, relação de periculosidade e suas possíveis conseqüências. Através de um processo de análise de risco, deve-se por um lado ponderar a probabilidade, magnitude e freqüência de ocorrência do fato e por outro, situações não esperadas com conseqüências indesejáveis.

Para a realização do gerenciamento dos riscos, deve-se focar principalmente na identificação dos riscos potenciais que são avaliados em termos de probabilidades, custos e outras variáveis, a fim de administrá-los de um modo favorável.

ESTRATÉGIAS CONTRA A INSTABILIDADE SUPERFICIAL

PROTEÇÕES PASSIVAS → Mitigação dos efeitos da instabilidade

- TRINCHEIRAS, ATERROS E BARREIRAS CONTRA A QUEDA DE ROCHAS;
- REDES DE PROTEÇÃO SIMPLES;
- REFORÇOS SUPERFICIAIS;
- SOLO GRAMPEADO (*SOIL NAILING*).

PROTEÇÕES ATIVAS → Prevenção de instabilidade



Sistemas de proteção contra a queda de rochas

Os sistemas de proteção contra a queda de rochas representam um aspecto fundamental em projetos de desenvolvimento urbano e de infra-estrutura (rodovias e/ou ferrovias) e atuam diretamente na segurança destas obras. Por esta razão, é necessário realizar uma nova abordagem de conceito que considere todos os tipos de análise e não somente uma breve descrição dos componentes de cada tipo de proteção. Sendo assim, a definição de “sistema” é o termo mais apropriado a ser utilizado, já que envolve os diversos componentes que interagem entre si.

É de fundamental importância a distinção entre os sistemas de proteção passivo e ativo.

Os sistemas de proteção **Passiva** têm como finalidade interceptar as rochas que se desprendem dos taludes sem evitar que estas se soltem, protegendo assim, além de vidas humanas, a vida útil das obras de infra-estrutura.

As soluções de proteção que pertencem a esta categoria são:

- Redes em malha hexagonal de dupla torção;
- Barreiras de proteção;
- Aterros de proteção.

Os sistemas de proteção **Ativa** têm como finalidade evitar a degradação da superfície rochosa e impedir a movimentação das rochas do talude. Neste sistema as ancoragens atuam como um “solo grampeado” (*soil nailing*), impedindo a movimentação das rochas no talude, enquanto a rede (malha ou cabos de aço) evita a queda de rochas de menores dimensões.

Os conceitos de projeto, execução e manutenção destes sistemas de proteção devem levar em consideração sua durabilidade e, seguindo este conceito a Maccaferri, com mais de 125 anos de experiência no setor, desenvolveu o sistema denominado **MAC. RO.®** (**MACcaferri ROckfall Protection System**) que proporciona uma resposta diferenciada às mais diversas necessidades, combinando inovação industrial e investigações tecnológicas avançadas em termos de projeto.



Sistema simples contra a queda de rochas



Barreira de proteção



Aterro de proteção



Sistema de proteção superficial

Sistema MAC.RO.®

O conceito do sistema MAC. RO.® é a combinação de um projeto correto à escolha adequada dos materiais que o compõem estes devem ser escolhidos em função das solicitações reais, comparando-as com os limites de resistência de cada material componente.

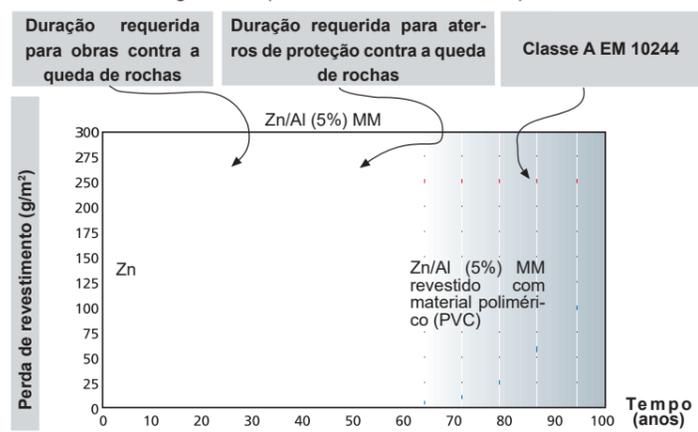
Da mesma maneira como é tratada a estabilização dos solos, o conceito básico a ser seguido é o de “mínimo nível de energia”, ou seja, resposta proporcional ao nível do problema, evitando erros técnicos e custos desnecessários.

Os aspectos relativos à vida útil das obras utilizando os sistemas MAC. RO.® estão regulamentados pela norma europeia Guia F “Durability and the Construction Products Directive relativa a “Direttiva Prodotti de Construzione 89/106/EEC”. A vida útil do sistema, ou seja, o período em que este se mantém operante, está estritamente relacionado à durabilidade de seus componentes e ao seu nível de manutenção. Os sistemas de revestimento superficial e as barreiras de proteção são considerados obras de difícil substituição e devem ter vida útil mínima de 25 anos, enquanto que os aterros de proteção devem ter vida útil mínima de 50 anos.

	Tipo de intervenção	Finalidade	Aplicações típicas
Pasivas	Trincheiras e muros de contenção ao pé do talude.	Interceptar rochas de pequenas e grandes dimensões.	Proteção de obras de infraestrutura situadas ao pé de taludes escavados.
	Barreira de proteção contra a queda de rochas com elevada energia de dissipação.	Interceptar rochas de várias dimensões.	Proteção de obras de infraestrutura e de construção civil ao pé de taludes naturais.
	Estruturas em malha confeccionadas no local.	Interceptar rochas durante a queda.	Proteção das paredes rochosas de fundos de vale.
	Rede de proteção simples.	Controlar a queda de rochas permitindo sua acumulação ao pé do talude.	Proteção de obras de infraestrutura e de construção civil, em combinação com trincheiras e/ou muros de contenção.
Activas	Reforços superficiais.	Consolidar a parte superficial da rocha e contê-lo no talude contra eventuais desprendimentos.	Proteção de taludes em obras de infra-estrutura ou de construção civil.
	Solo grampeado (Soil Nailing).	Estabilizar globalmente o talude.	Estabilização de frentes de escavação.
	Consolidação profunda com chumbadores e tirantes	Estabilizar os taludes rochosos de grandes proporções, individuais ou em grupos, suscetíveis a movimentos sísmicos.	Taludes rochosos naturais e frentes de escavações.

Durabilidade dos revestimentos e das obras

Ambientes muito agressivos (industrial, viário e hidráulico)



O sistema MAC.RO.®

Revestimento simples

Steel Grid MO

Malha hexagonal de dupla torção

Acessórios

Reforços superficiais

SteelGrid BO

HEA Panel

Acessórios

Barreiras de proteção de rochas

OM CTR 05/07/B

OM CTR 10/04/B

OM CTR 20/04/A

OM CTR 20/04/B

OM CTR 30/04/A

OM CTR 50/04/B

Aterros de proteção

Terramesh bifacial



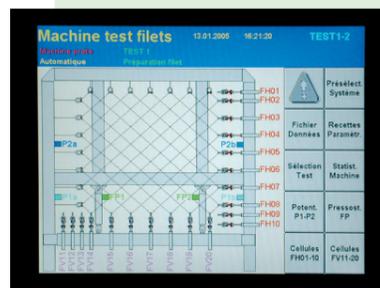
As soluções que compõem o sistema MAC. RO.® foram desenvolvidas com a colaboração de conceituados centros de pesquisa e laboratórios da Europa. Isto permite a Maccaferri fornecer não somente os produtos mas principalmente os sistemas de soluções e toda assessoria técnica para a realização de estudos de viabilidade técnica, econômica e de construção.



LA.T.I.F. - Trento - Itália



CNR - Milão - Itália



CETE - Lyon - França

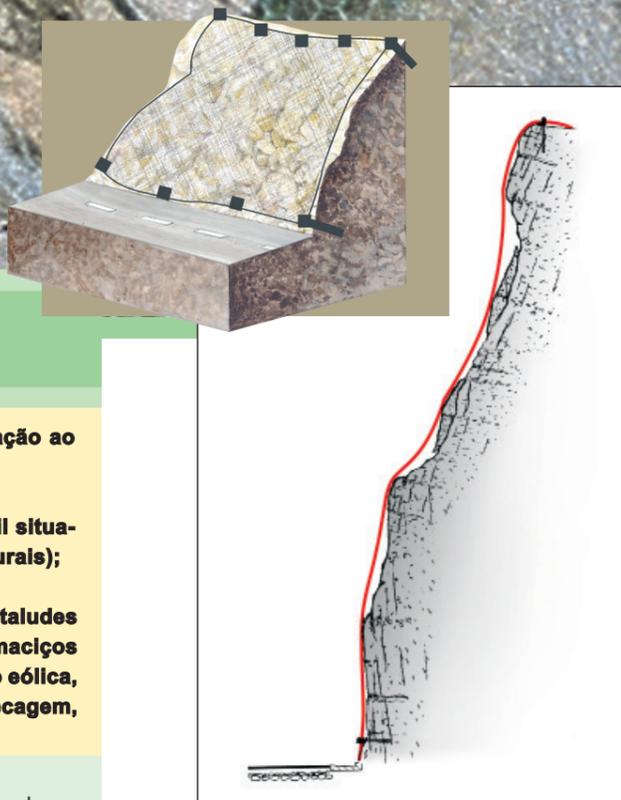


Sistemas de revestimentos simples

- Controlar a queda de rochas permitindo sua acumulação ao pé do talude;
- Proteger obras de infra-estrutura e de construção civil situadas nas proximidades dos taludes (escavados ou naturais);
- Conter o desprendimento de fragmentos de rochas em taludes sujeitos à processos de alteração e degradação dos maciços devido a ação da vegetação, dilatação térmica, erosão eólica, ciclo gelo-degelo, processo de umedecimento e secagem, ação sísmica, empuxos hidrostáticos, etc.

Os sistemas de revestimento simples contra a queda de rochas são geralmente aplicadas onde a superfície pode se desfragmentar com facilidade e cujas dimensões, não sejam inferiores à menor abertura da malha hexagonal de dupla torção e que seu diâmetro não seja superior a 0.50 m. Para taludes onde sua inclinação seja moderada ou onde a vegetação possa se desenvolver, a rede deve ser instalada o mais próximo possível da superfície.

Para taludes que possuem inclinação muito acentuada ou próxima da vertical, a rede deve ser ancorada no topo e ao pé da superfície e mantida livre ao longo de toda sua altura e extensão. Sendo assim, a rocha tem a possibilidade de cair até o pé do talude, ficando contida sempre entre a superfície e a rede. Um aspecto muito importante a ser considerado é a realização de uma ancoragem segura e contínua no topo e no pé do talude, onde deve ser prevista a descarga de detritos acumulados. A malha hexagonal de dupla torção (com ou sem a presença de cabos de aço) é a solução ideal para situações como esta, devido principalmente à sua flexibilidade e resistência contra o desfiação, em função da ruptura acidental de algum arame em contato com a rocha, este problema geralmente está associado à malha de simples torção (independente do tipo de arame utilizado) que, por sua natureza, não pode oferecer garantia similar.



Sistemas de revestimentos ancorados

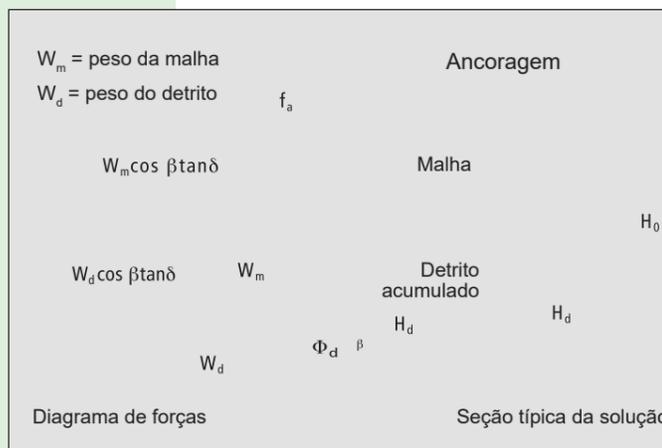
O dimensionamento completo de um sistema de proteção contra a queda de rochas deve ser feito somente após a realização de uma análise realista e minuciosa do problema, e deve estar de acordo aos conceitos gerais exigidos pelas normas locais quando existirem. As principais solicitações que devem ser levadas em conta são:

Ações permanentes
- Peso total do rolo de malha, com coeficiente de segurança igual a 1.35.

Ações variáveis
- Peso dos detritos acumulados ao pé do talude;
- Peso da neve (para taludes com inclinação inferior a 60°) com coeficiente de segurança igual a 3.

Em geral, as ações dinâmicas produzidas pela queda de rochas entre o talude rochoso e a malha, devem ser consideradas somente em caso de extrema particularidade onde a solução contra a queda de rochas foi aplicada de forma inadequada. Somente desta forma a malha é solicitada pelo volume de detrito acumulado ao pé do talude rochoso.

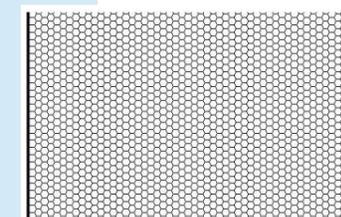
A Maccaferri desenvolveu a solução **SteelGrid**, um novo tipo de malha com cabos de aço inseridos à malha hexagonal de dupla torção no momento da produção, material ideal para revestimentos de taludes rochosos. Contudo, o imenso benefício econômico proporcionado pela **SteelGrid** se deve ao fato de que dois materiais com características diferentes são instalados simultaneamente (malha hexagonal e cabo de aço), reduzindo significativamente os custos de projeto e de instalação. O **SteelGrid MO (Mono Orientado)** é formado pela associação da malha hexagonal de dupla torção e cabos de aço dispostos longitudinalmente nas extremidades laterais. Esta solução é comumente utilizada como revestimento simples.



Washington State Center Transportation

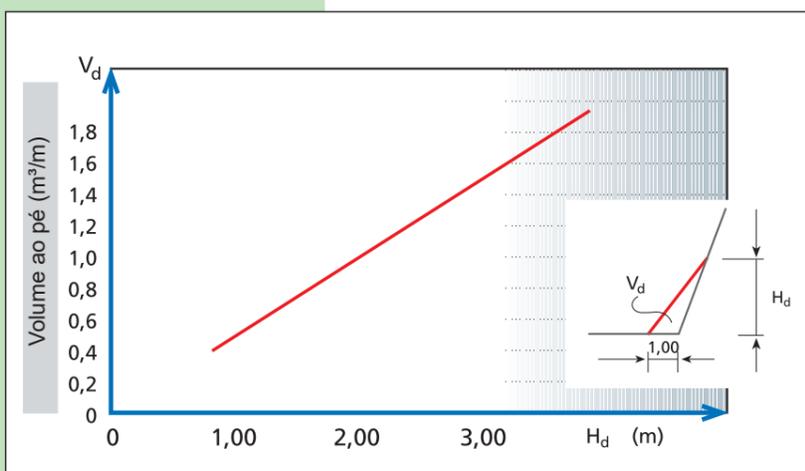


SteelGrid MO
Mono Orientado



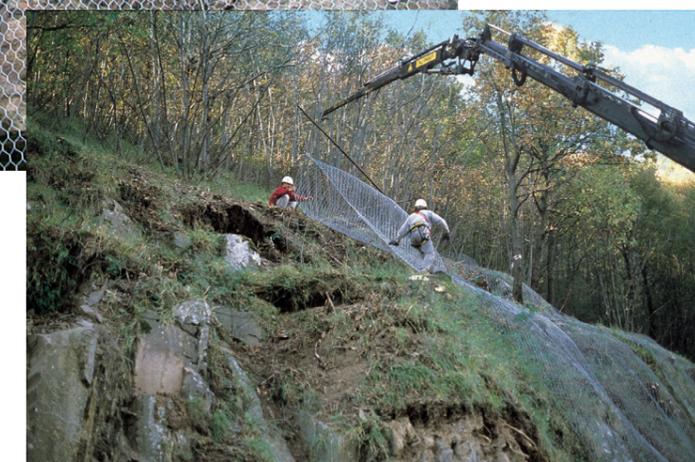
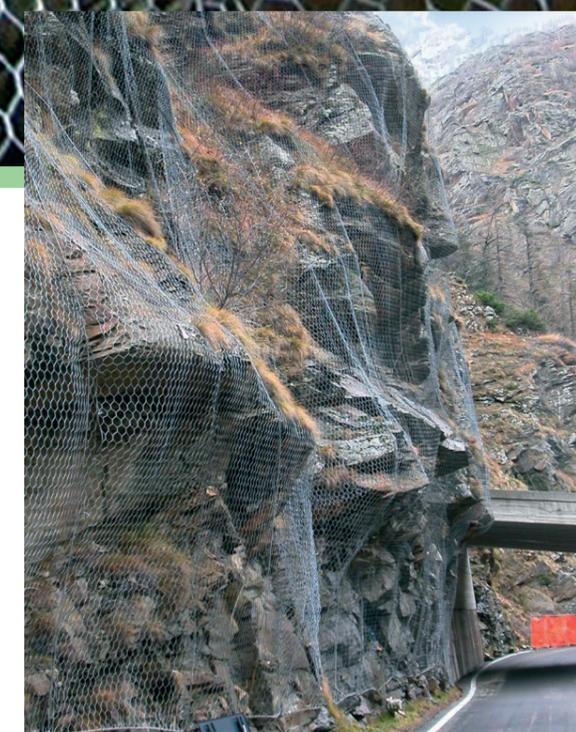
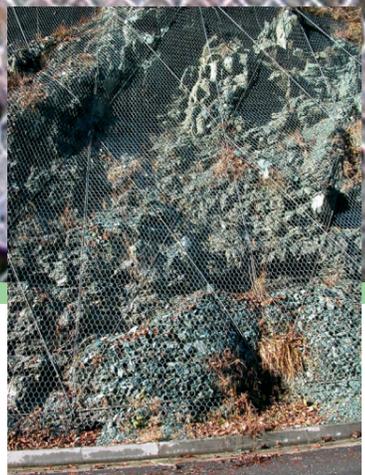
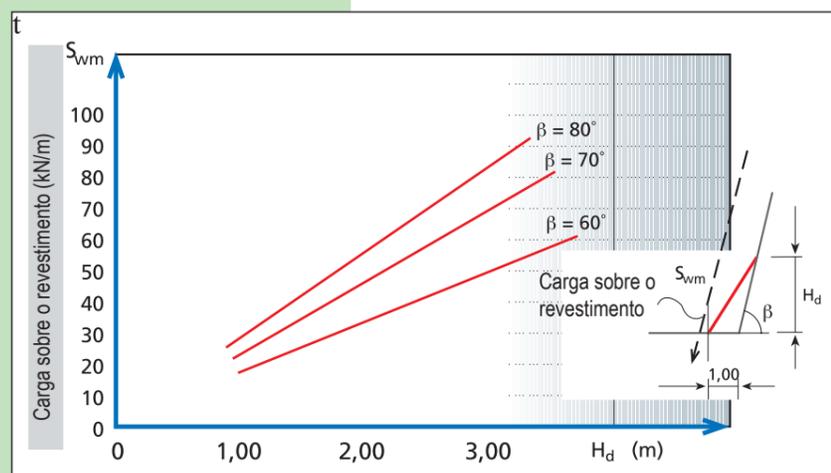
Volume de detritos acumulados ao pé do talude

O volume de detritos acumulados ao pé do talude deve ser calculado não somente para dimensionar o revestimento, mas principalmente para indicar qual o melhor sistema de proteção a ser utilizado. O conhecimento do montante de detritos que ficará acumulado ao pé do talude é de extrema importância, já que este fator influencia na distância entre a superfície rochosa e o local a ser protegido. Em outras palavras, o projetista deve ter uma idéia da quantidade de detritos que podem se desprender do talude analisado, evitando o super dimensionamento do sistema de proteção. O gráfico ao lado representa o volume de detritos correspondente a uma base de 1.0 m de largura em função da altura de acumulação de até 3.0m.



Cargas sobre o revestimento

A carga aplicada sobre o revestimento é dada em função da inclinação do talude e deve ser avaliada segundo as condições impostas pelo estado limite último, levando-se em conta o atrito entre os detritos e os coeficientes de segurança previamente mencionados com relação às ações permanentes e variáveis.



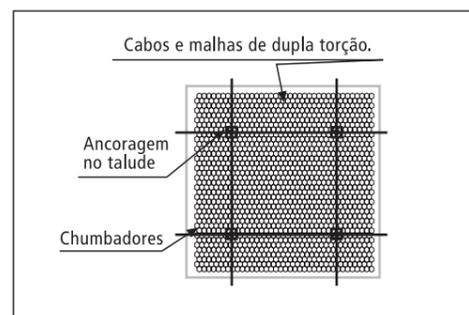
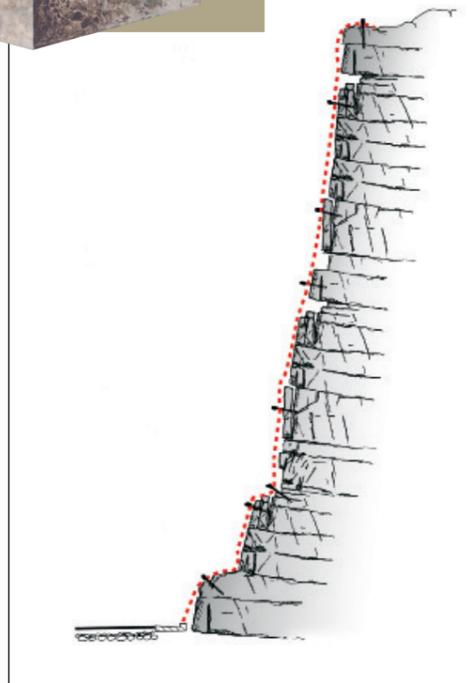
Reforços superficiais

- ↘ Prevenir contra a possibilidade de desprendimento e desagregação das rochas, melhorando a estabilidade superficial do talude.
- ↘ Consolidar e estabilizar a parte superficial do talude rochoso.
- ↘ Proteger obras de infra-estrutura e de construção civil situadas nas proximidades dos taludes (escavados ou naturais);
- ↘ Conter o desprendimento de fragmentos das rochas em taludes sujeitos à processos de alteração e degradação dos maciços devido a ação da vegetação, dilatação térmica, erosão eólica, ciclo gelo-degelo, processo de umedecimento e secagem, ação sísmica, empuxos hidrostáticos, etc.

Os reforços superficiais têm como finalidade consolidar a face superficial do talude rochoso e conter eventuais desprendimentos de rochas (com volume variável entre 1.0 – 1.5 m³). Este tipo de intervenção pode ser classificado como “ativa” ao invés de “passivas”, embora exista a possibilidade de realizar combinação de ambos. Deve-se inicialmente esclarecer a diferença entre “revestimento superficial” e a “estabilidade global do maciço rochoso” que pode ser solucionado com tratamentos que requerem estudos mais minuciosos, como “solo grampeado” (*soil nailing*). O sistema completo de revestimento superficial é composto por chumbadores e malha hexagonal de dupla torção com cabos de aço, ilustrados na figura ao lado, onde a parte mais solicitada está compreendida entre quatro ancoragens. Para dimensionar todo o sistema é necessário avaliar:

- Rigidez do revestimento
- Esforços transmitidos às ancoragens

Com a finalidade de limitar os movimentos do maciço rochoso é muito importante que o sistema de revestimento superficial promova uma grande resistência com mínima deformação. A rigidez do sistema de revestimento é definida como a resistência à deformação quando sujeito à ação normal a seu plano.

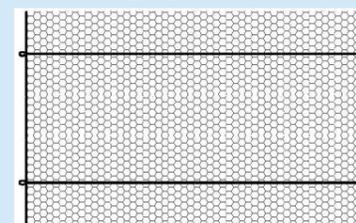


Tipos de revestimento

Independente das características mecânicas do material a ser utilizado, um sistema constituído por cabos de aço, distribuídos aleatoriamente ou em painéis, fornece resultados muito mais eficientes que as redes convencionais. De qualquer maneira, a malha hexagonal de dupla torção demonstra uma rigidez muito maior que a malha hexagonal de simples torção. Sendo assim, a Maccaferri desenvolveu o **SteelGrid BO (Bi Orientado)**, solução utilizada em revestimentos superficiais produzido a partir da associação da malha hexagonal de dupla torção e cabos de aço dispostos nos sentidos longitudinal e transversal. Apresenta maior rigidez à deformação quando comparada às soluções aplicadas em revestimentos tradicionais.



SteelGrid BO
Bi Orientado





LA.T.I.F. Trento Italia

HEA Panel

Proporcionar elevada resistência (> 192 kN)

Quando é requerida uma maior rigidez do revestimento

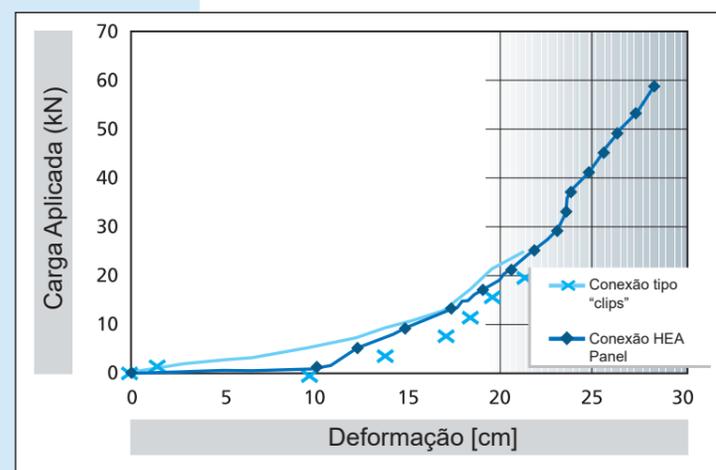
A solução **HEA Panel** (High Energy Absorption) é constituída por cabos de aço entrelaçados e conectados por um nó de elevada resistência. Através de ensaios específicos foram avaliadas:

- resistência da conexão (*tear e pull-apart*);
- resistência da abertura de somente uma malha em condições estáticas;
- deformação frente carga estática;
- resistência às cargas transmitidas à malha e sua distribuição às ancoragens.

Resistência na conexão

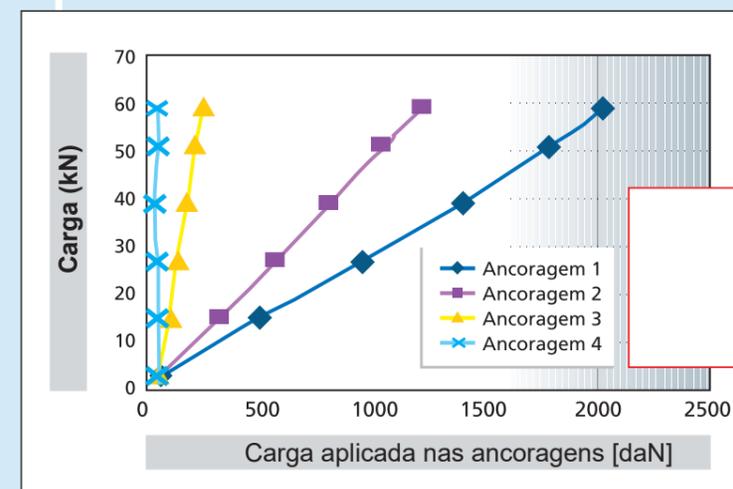
Tipo de conexão	Resistência do nó (kN)	Resistência de todo conjunto (kN)
HEA Panel	24,4	11,9
Conexão com "clips" de alta resistência	13,5	8,0
Conexão com "clips" de baixa resistência	4,6	1,3

Resistência de abertura da malha



CNR - ITC Milão - Itália

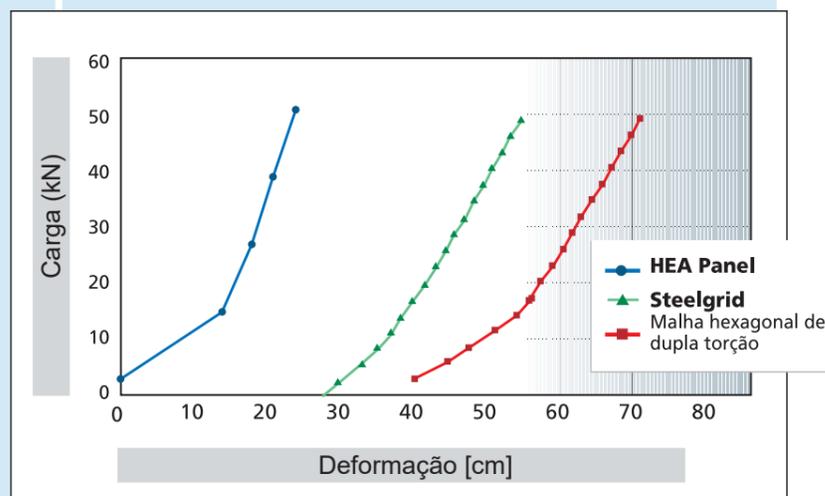
Solicitações sobre as ancoragens



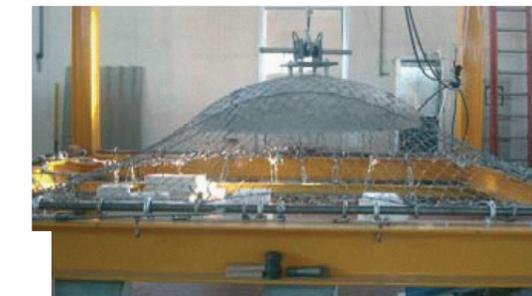
CNR - ITC Milão - Itália



Teste de resistência ao puncionamento



CNR - ITC Milão - Itália



↘ Aterros de proteção

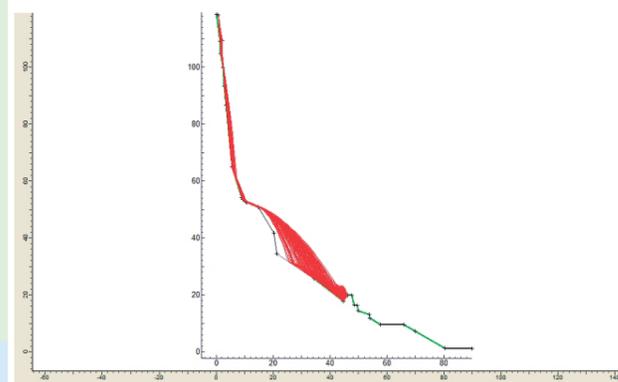
- ↘ **Interceptar rochas de pequenas e grandes dimensões que se desprendem dos taludes;**
- ↘ **Reduzir o impacto ambiental através do desenvolvimento da vegetação;**
- ↘ **Proteger obras de infra-estrutura e de construção civil situadas nas proximidades dos taludes (escavados ou naturais).**



A finalidade dos aterros de proteção é evitar eventuais danos em construções, rodovias, etc, localizadas próximas à maciços rochosos com risco de queda de rochas, principalmente em situações onde existe algum impedimento de acesso em função das características do talude, (inclinação, altura, presença de vegetação, etc). Os aterros de proteção são normalmente executados em estruturas de solo reforçado, uma vez que possibilita a utilização do material local e o desenvolvimento da vegetação no paramento frontal.



O sistema **Terramesh®** permite realizar obras dos mais diversos tipos, unindo eficácia com rapidez de execução. Constituídos por elementos em malha hexagonal de dupla torção unidos durante o processo de fabricação a outros elementos estruturais, reduzem drasticamente as operações durante a execução da obra.



Simulação da queda de rochas na presença de aterro reforçado



Barreiras de proteção

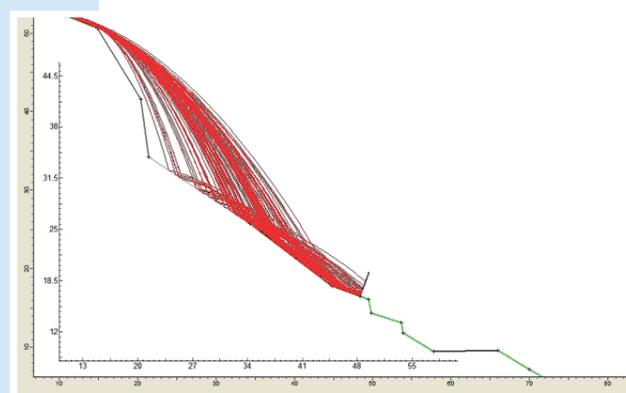
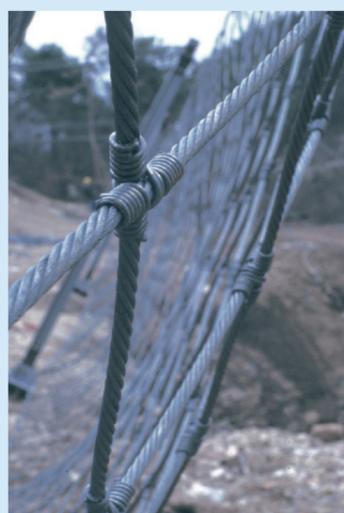
- ↘ Interceptar rochas de pequenas e grandes dimensões;
- ↘ Proteger obras de infra-estrutura e de construção civil situadas nas proximidades dos taludes (escavados ou naturais);
- ↘ Proteger todo o talude quando este possui grandes dimensões.



As barreiras de proteção possuem geometria variável e são constituídas por painéis de cabos de aço conectados a elementos estruturais. Estes são dispositivos de dissipação de energia e ancoragem caracterizados por sua grande capacidade de deformação com plenas condições de garantir a absorção de altas energias (entre 500 e 5000 kJ) provocadas pelas eventuais quedas de rochas. Com a finalidade de conter rochas de pequenas dimensões, agrega-se a este sistema o uso de painéis em malha hexagonal de dupla torção.



A Maccaferri criou um sistema de barreiras de proteção (OM CTR) para atender as mais severas situações. Estes sistemas foram desenvolvidos mediante um rigoroso planejamento e uma série de verificações em campos de prova e laboratório, de acordo com as normas em vigência.



Simulação da queda de rochas na presença de barreiras de proteção





Sistema de Gestão de Qualidade
Certificado de Conformidade com a
Norma ISO 9001

© Maccaferri do Brasil

MACCAFERRI

AMERICA LATINA

Matriz.

Av. José Benassi, 2601 - Distrito Industrial FazGran
CP 520 - CEP 13.213.085 - Jundiaí - SP - Brasil
Tel.: (11) 4525-5000
E-mail: info.br@maccaferri.com
www.maccaferri.com/br

Unidade Centro-Norte.

Tel.: (62) 3661-0030
E-mail: goiania.br@maccaferri.com

Unidade Minas Gerais.

Tel.: (31) 3497-4455
E-mail: belohorizonte.br@maccaferri.com

Unidade Nordeste.

Tel.: (81) 3271-4780
E-mail: recife.br@maccaferri.com

Unidade Sudeste.

Rio de Janeiro:
Tel.: (21) 3431-3610
E-mail: rio.br@maccaferri.com

São Paulo:

Tel.: (11) 4525-5000
E-mail: saopaulo.br@maccaferri.com

Unidade Sul.

Tel.: (41) 3286-4688
E-mail: sul.br@maccaferri.com

Distribuição Gratuita