‘FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ CARREIRA VIEIRA

TIPOS DE CONTENÇÃO DE TALUDES

UBÁ/MG
2021

JOSÉ CARREIRA VIEIRA

TIPOS DE CONTENÇÃO DE TALUDES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Prof. José Damato Neto

UBÁ/MG
2021

RESUMO

Com o passar do tempo, a ocupação desenfreada do homem em todos os pontos do planeta gerou a necessidade de conter movimentos de massa com objetivo de ocupar mais espaços e de forma segura, mas conter movimentos de vertente não é uma tarefa fácil. Desde o Egito antigo, o ser humano teve que aprimorar seus conhecimentos sobre o solo para gerar construções de grandes magnitudes sem efeitos colaterais catastróficos. Este trabalho apresenta, através de revisão bibliográfica, maneiras de se conter superfícies de ruptura, demonstrando vantagens e desvantagens de algumas técnicas de contenção de taludes, por meio de muros de gravidade e solo pregado. Utilizar tecnologia que consiga manter grandes maciços sem a necessidade de grandes inclinações em taludes é a melhor maneira aproveitar os espaços e desenvolver o local. O trabalho demonstra que contenções de taludes com tecnologia mais avançada não necessariamente é a melhor opção. Cada método possui suas qualidades e desvantagens, a melhor escolha se dá na análise de vários parâmetros, como o solo, o espaço e o orçamento envolvido.

Palavras-chave: Método. Tensão. Encosta.

ABSTRACT

Over time, the unrestrained occupation of man in all parts of the planet generated the need to contain mass movements in order to occupy more spaces and safely, but containing slope movements is not an easy task. Since ancient Egypt, humans have had to improve their knowledge of the soil to generate constructions of great magnitudes without catastrophic side effects. This work presents, through a literature review, ways to contain rupture surfaces, demonstrating advantages and disadvantages of some techniques for containing slopes, using gravity walls and nailed soil. Using technology that manages to maintain large massifs without the need for steep slopes is the best way to take advantage of spaces and develop the site. The outcome of this work demonstrates that retaining slopes with more advanced technology is not necessarily the best option. Each method has its qualities and disadvantages, the best choice is based on the analysis of several parameters, such as the soil, space and budget involved.

Keywords: Method, Stress, Slope.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
2 DESENVOLVIMENTO 8
2.1 Conceito de talude 8
2.2 Movimentos de vertente 9
2.2.1 Queda 10
2.2.2 Tombamento 11
2.2.3 Escorregamento 12
2.2.3.1 Escorregamento rotacional 12
2.2.3.2 Escorregamento translacional ou planar 14
2.2.4 Extensão lateral 15
2.2.5 Fluência 17
2.3 Causas de instabilização 17
2.3.1 Causas naturais 18
2.3.2 Causas antrópicas 18
2.4 Etapas de construção 18
2.4.1 Etapa de procedimentos preliminares 18
2.4.2 Etapa de investigação geológico – geotécnicas 19
2.4.3 Etapa de projeto 19
2.4.4 Etapa de execução de obra 19
2.4.5 Etapa de acompanhamento/manutenção e monitoramento 19
2.5 Estudo de estabilidade 20
2.6 Medidas de proteção 20
2.6.1 Valas de retenção 20
2.6.2 Banquetas 21
2.6.3 Redes 22
2.7 Medidas de correção 23
2.8 Obras de contenção 24
2.8.1 Muro de gravidade 24
2.8.1.1 Muro de Gabião 25
2.8.1.2 Muro de Betão Ciclópico 29
2.8.1.3 Muro de Betão Armado e com Contra Fortes 30
2.8.1.4 Muros Crib Walls 31
2.8.1.5 Muros de Sacos de solo-Cimento 32

2.8.2 Paredes de contenção 33
2.8.2.1 Pregagens 33
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 36
REFERÊNCIAS 37

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de vertente sempre fizeram parte do cotidiano do ser humano, independente se são originados por fatores naturais (vento, fluidos, erosão, terremotos, etc.), ou fatores artificiais (ações antrópicas). Recordam-se, entre outros, os problemas de fundações e de obras de terra que terão surgido quando se deram as grandes construções representadas pelas pirâmides do Egito, os templos da Babilônia, a Grande Muralha da China, os aquedutos e as estradas do Império Romano.

Uma série de numerosos acidentes ocorridos com grandes obras de engenharia, ao fim do século XIX e princípios do século XX, vieram mostrar a inadequada percepção dos princípios até então admitidos e, por outro lado, a insuficiência de conhecimentos para a tomada de nova orientação.

É de suma importância entender como os estudiosos do ramo desenvolveram o processo de contenção de encostas e como esse processo foi redigido na NBR 11.682, a grande referência para se ter uma obra de contenção adequada minimizando ou até zerando riscos de tais estruturas.

Os processos de cálculos das tensões de cisalhamento do solo são extremamente importantes para identificar a superfície de ruptura da encosta. Os processos estatísticos são envolvidos e a matemática utilizada não é intuitiva, contudo, apresentar as maneiras de se obter estes parâmetros clareia para o leitor a complexidade envolvida e o esforço empregado para se ter obras de contenção de sucesso.

Este trabalho apresenta, através de revisão bibliográfica, maneiras de se conter superfícies de ruptura, demonstrando vantagens e desvantagens de algumas técnicas de contenção de taludes, por meio de muros de gravidade e solo pregado.

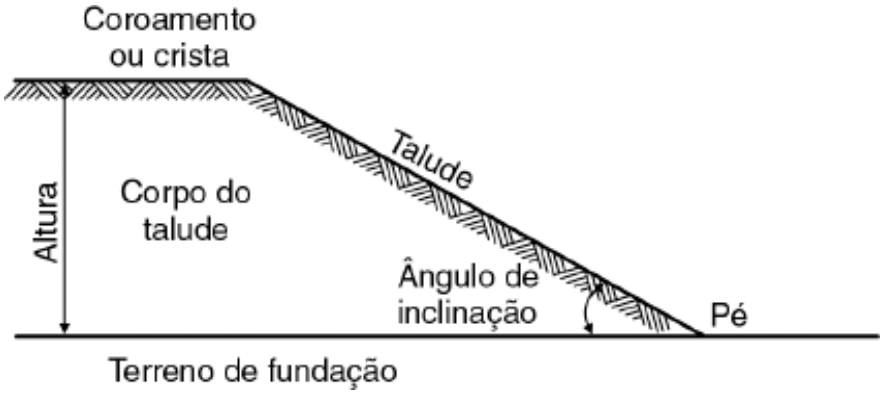
Escolher a melhor técnica de contenção de taludes, frente às variáveis do solo, previne problemas relativos a decisões errôneas de contenção, por falta de análise do espaço em obra.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Conceito de talude

De acordo com Silva (2012), taludes são superfícies de topografia acentuada, com declives variados e expostos a ações erosivas. Dessa forma, é usual que ocorra movimentos de propriedades terrosas ou rochosas. Tais movimentos são designados como “Movimentos de Vertente”, que possuem velocidade variável, topografia, clima, litologia específicos, entre outros fatores. A FIG. 1 demonstra a terminologia adotada usualmente.

Figura 1- Terminologia do talude



Fonte: NBR 9061 (ABNT, 1985)

Ressalta-se que para análise de instabilidade ocorrida, seu mecanismo e a geometria do terreno envolvido devem ser especificados. Outrossim, diagnosticadas a evolução do processo, a possível tendência de agravamento da instabilidade, assim coma a combinação de processos variados em suas origens e causas, conforme a norma brasileira da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT) NBR 11682, de 1991.

Segundo Massad (2010), o solo se rompe subitamente, sem se deformar, o que gera preocupação com sua estabilidade.

Caputo (1988), afirma que alguns métodos para estabilizar taludes são: diminuição da inclinação do talude, drenagem (superficial ou profunda), revestimento do talude, emprego de materiais estabilizantes, muros de arrimos e ancoragens, utilização de bermas e prévia consolidação da fundação.

Um talude se apresenta como uma massa de solo submetida a três campos de forças: as devidas ao peso, ao escoamento da água e a resistência ao cisalhamento (CAPUTO, 1988).

Cardoso (2002), afirma que os fatores que levam à instabilidade são relativos aos materiais constituintes e aos agentes perturbadores, que podem ser de natureza geológica, antrópica, geotécnica ou condições ambientais.

Os métodos de análise de estabilidade de taludes são divididos em duas categorias: métodos determinísticos, a medida da segurança que se desenvolve a partir de um fator de segurança e probabilísticos, nos quais a medida é feita por probabilidade ou do risco de ocorrência da ruptura (GEORIO, 2000).

De acordo com Carvalho (1991), deve-se lembrar que, na opção por uma dessas categorias de métodos de análise, e no momento de desenvolvimento da contenção de taludes, cada perícia possui características específicas, o solo se comporta de maneira diferenciada, por isso um estudo e análise do terreno em questão é imprescindível.

2.2 Movimentos de vertente

Segundo Simão (2013), entende-se por movimento de vertente, a transposição de material rochoso ou terroso localizados em regiões de diferentes declives e expostos à erosões, com variadas velocidades, conforme a topografia, clima e litologia.

É caracterizado pela movimentação em uma encosta, talude, morros e, como resultado, terá a mudança de materiais como rochas, detritos e solo (VARNES, 1978).

O movimento de vertente considera como fatores os elementos geomorfológicos, geológico-geotécnico, poro pressão e umidade do solo, propriedades físicas e hidráulicas do solo, dentre outros (FERNANDES *et al.*, 2001, *apud* FREU, 2012).

Existem vários tipos e classificações diferentes de movimentos de vertente (TABELA 1), dependendo do solo analisado. Varnes (1978), desenvolveu um sistema de classificação, ainda utilizado pela Comissão para os Movimentos de Terrenos da Associação Internacional de Geologia de Engenharia (QUADRO 1).

TABELA 1 – Classificação da Velocidade de Movimento

Classificação	Velocidade	Tipo de movimento
Extremamente rápido	3m/s	Desmoronamentos
Muito rápido	0.3m/min	
Rápido	1.5m/dia	Escorregamentos
Moderado	1.5m/mês	
Lento	1.5m/ano	Fluência
Muito Lento	0.3m/5 anos	

Fonte: Varnes, 1978. Adaptado pelo autor.

QUADRO 1 – Classificação do Movimento de Vertente

Tipo de Movimento		Tipo de Material		
		Maciço Rochoso	Solos Principais Grosseiros	Solos Principais Finos
Queda		De rochas	De detritos	De terra
Tombamento		De rochas	De detritos	De terra
Escorregamento	Rotacional	Singular de rochas	Singular de detritos	Singular de terra
		Rochas em bloco	Detritos em blocos	De terra em blocos
	Translacional	De rochas	De detritos	De terra
Extensão Lateral		De rochas	De detritos	De terra
Fluência		De rochas (Fluencia profunda)	De detritos (fluência de solo)	De terra(fluxo de solo)
Movimentos Complexos		Combinação de dois ou mais tipos de movimentos		

Fonte: Varnes, 1978. Adaptado pelo autor

Há variados movimentos de vertentes e eles podem ser descritos por características bem peculiares, como velocidade do movimento, categoria de solo, a situação onde o talude se encontra, dentre outros (SIMÃO, 2013).

2.2.1 Queda

A ação da gravidade faz com que materiais, rocha ou solo se desprendam da costa (FIG. 2), atingindo altas velocidades, tendo o movimento de queda ou de rolamento (VARNES, 1978).

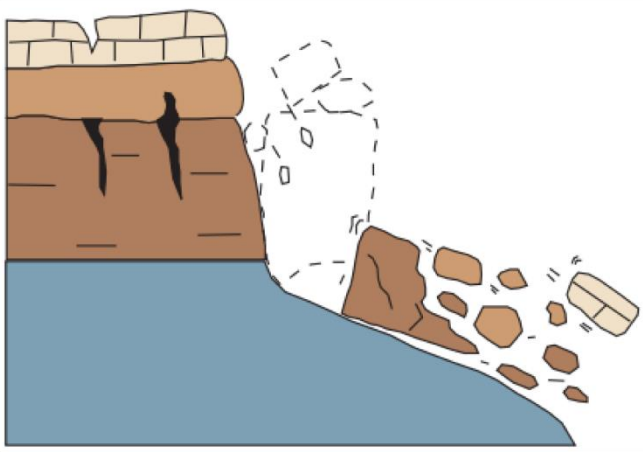
Figura 2 – Queda de rocha, Las Vegas Bay, Lake Mead Nevada

Fonte: Varnes (1978, p.13)

2.2.2 Tombamento

São identificadas como forças que obrigam pedaços de rocha a saírem do talude, com um movimento giratório frontal, como mostra as FIG. 3 e FIG. 4. A explicação para este movimento dá-se pelo fato de que o talude abre fendas onde permite a infiltração da água. Outro fator que pode ser citado é o fato de a resistência do solo superior estar diferente do inferior, provocando tensões de tração, que levam o bloco de solo a ceder (HIGHLAND; BROBOSWSKY, 2008).

Figura 3 – Esquema de queda rochosa



Fonte: Highland;Bobrowsky (2008, p.9).

Figura 4 – Esquema de queda rochosa

Fonte: Novotný, Jan, (2013, p.8).

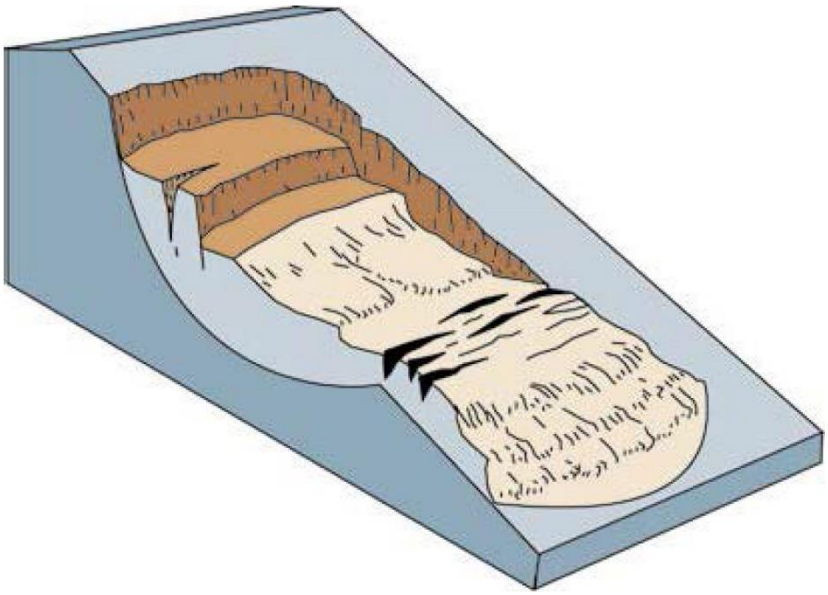
2.2.3 Escorregamento

Se caracteriza por movimentos com velocidades variadas e interferência da gravidade. Trata-se de movimento do solo em descida e atua em superfícies finas ou em rupturas com deformação por cisalhamento. Existem dois modos de escorregamento: rotacional e translacional. O movimento ocorre em plano inclinados quando as forças normais e cisalhantes são maiores que as forças resistentes ou contrárias. Tal movimento pode ser rotacional ou translacional de conforme a superfície de origem (SILVA, 2012).

2.2.3.1 Escorregamento rotacional

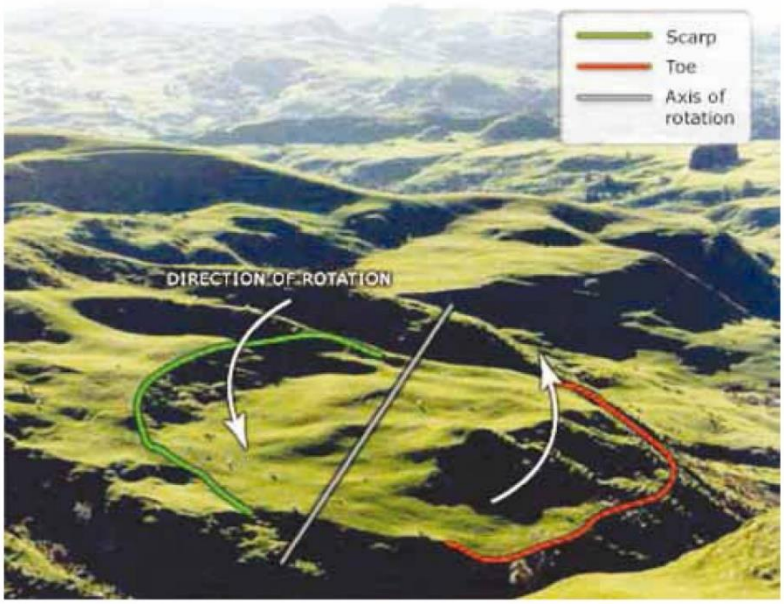
Se dá a partir do movimento de massa de solo ou rocha que possuem uma ou mais superfícies potencias de ruptura, considerando, a crítica. É caracterizada visualmente por segmentação transversal curva e convexa em relação ao topo do talude como observa-se na FIG. 5. Geralmente ocorre em solos coesivos ou em maciços rochosos partidos. Pode ser profunda ou superficial e a ruptura se desenvolve em uma superfície curva desenvolvendo momentos de massa instável. O deslocamento de massa gerado pela rotação usualmente se separa em blocos que atritam entre si, gerando patamares como observa-se na FIG. 6 (SILVA, 2012).

Figura 5- Esquema de escorregamento rotacional.



Fonte: Highland;Bobrowsky (2008).

Figura 6 - Fotografia de um escorregamento rotacional ocorrido na Nova Zelândia.

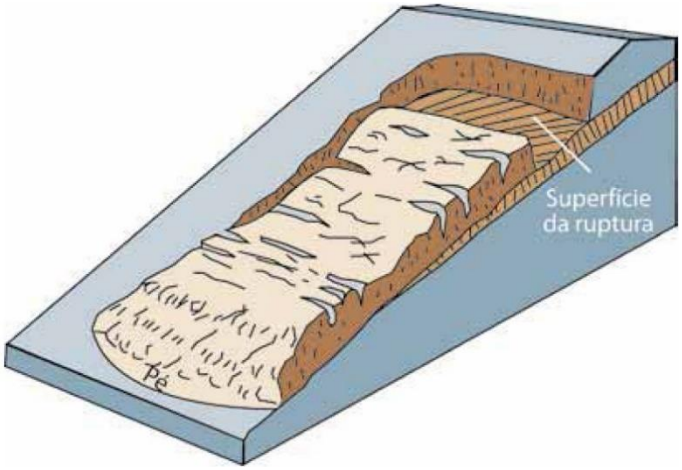


Fonte: Highland;Bobrowsky, (2008).

2.2.3.2 Escorregamento translacional ou planar

No escorregamento translacional ou planar, a ruptura acontece em superfícies de fragilidades planas e usualmente em superfícies de justaposição. Isso ocorre devido à presença de diferentes materiais no solo, o que gera um potencial diferencial de tensões acarretando o cisalhamento paralelo ao movimento de vertente. Estes escorregamentos normalmente são mais breves que os escorregamentos rotacionais e acontecem normalmente em uma zona geralmente superficial do talude e não envolvem grandes massas de solo (FIG. 7 e FIG. 8) (QUEIROZ, 2009).

Figura 7- Esquema de escorregamento translacional.



Fonte: Highland & Bobrowsky,(2008).

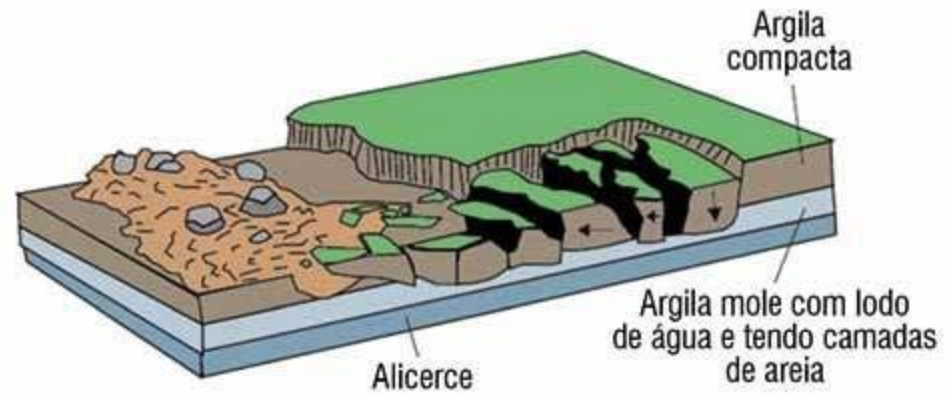
Figura 8 - Escorregamento translacional no Vale do Rio Beatton, British Columbia, Canada.

Fonte: Highland & Bobrowsky,(2008).

2.2.4 Extensão lateral

Dentre as velocidades de movimento, se encaixa em “muito lento” (QUADRO 1). Ocorre devido à movimentação suave de blocos rochosos bem como massas de solo e detritos, envolvidos por material de alta plasticidade, em outras palavras, um material passível de liquefação se encontra abaixo de outro superficial. O movimento de tais maciços rochosos se dá em deslocamentos rotacionais e translacionais (FIG. 9 e FIG. 10) (HIGHLAND e BROBOSWSKY, 2008).

Figura 9 - Esquema de Extensão Lateral.



Fonte: Highland & Bobrowsky, (2008, p.15), adaptado pelo autor.

Figura 10 – Fotografia de uma Extensão Lateral ocorrido em uma rodovia, como resultado do terremoto Loma Prieta, em 1989, na Califórnia, EUA.

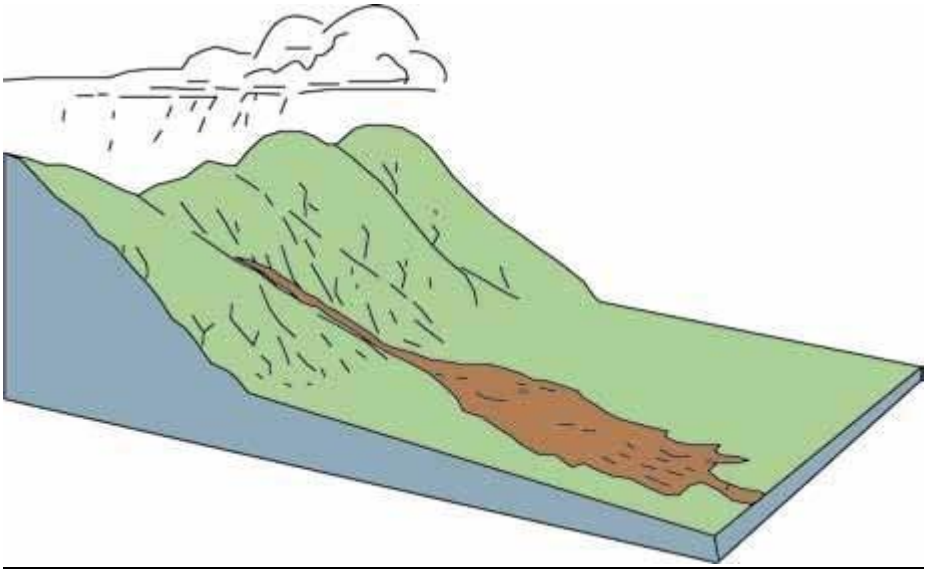
Fonte: Highland & Bobrowsky,(2008)

2.2.5 Fluência

Segundo o quadro de velocidade de movimento de Varnes (1978) (QUADRO 1), fluência caracteriza-se como um movimento muito lento de massas de terreno constituído por uma mistura de solo com fragmentos de rocha (FIG. 11).

Geralmente ocorre devido à diminuição da resistência da camada superficial do talude. Pode ser igualmente provocado por uma porcentagem elevada de água, o material irá se comportar como um fluido, ou seja, com uma deformação contínua sem superfícies de rutura definidas. A água é o fator determinante para o início do movimento sendo responsável pelo grau de saturação, pela perda de resistência e consequente fluidificação do material. Este movimento geralmente ocorre superficialmente em taludes sem cobertura vegetal, trata-se de uma zona de habitação com poucos espaços verdes, geralmente com baixa inclinação (10º), também associados a outros fenômenos especificadamente escorregamentos ou tombamentos (SILVA, 2012).

Figura 11- Esquema de fluxo de detritos



Fonte: Highland & Bobrowsky,2008

2.3 Causas de instabilização

De acordo com Silva (2012), os deslizamentos podem ocorrer por duas vias: ações antrópicas e por causas naturais. Por vezes, são agravados por ambos os fatores.

2.3.1 Causas naturais

Existem três fatores que geram deslizamentos de forma natural, podem ocorrer isolados ou combinados: água (chuva, intempéries), características geomorfológicas (amplitude, cobertura vegetal, perfil das encostas) e atividade sísmica. Contudo, as características da encosta influenciarão na capacidade que os fatores possuem de gerar instabilidade, como a morfologia do terreno, a geologia, o solo, a declividade da encosta e se há estruturas sobre as zonas afetadas (SOUZA, 2000).

2.3.2 Causas antrópicas

A insaciável necessidade de ocupação e dominação de espaços pelo homem, faz com que ele consequentemente altere o meio ao seu redor com o intuito de atender às suas conveniências, gerando o que conhecemos hoje como cidades, estados e países. Tais modificações em ambientes moldados e estabilizados pelo tempo geram perturbações e alterações de padrões em encostas e taludes ali residentes. O homem altera percursos de água, retira vegetações nativas e deturpa a fauna já adaptada. Esse fenômeno acontece constantemente visto que o ser humano sempre altera o ambiente ao seu redor (SILVA, 2012).

2.4 Etapas de construção

Segundo a NBR 11.682 (ABNT, 2009), as etapas a serem consideradas no estudo de qualquer talude/encosta são: etapa de procedimentos preliminares, etapa de investigação geológico-geotécnica, de projeto, de execução de obra, de acompanhamento, de manutenção e de monitoramento.

2.4.1 Etapa de procedimentos preliminares

Os procedimentos da etapa preliminar visam conhecer profundamente as características do local através de mapas e levantamentos disponíveis, verificação de restrições legais e ambientais, elaboração de laudo de vistoria, avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais e a programação de investigações geológicas e geotécnicas (NBR 11.682; 2009).

2.4.2 Etapa de investigação geológico – geotécnicas

As apurações geotécnicas de campo devem ser direcionadas para alcançar o perfil geotécnico que norteará o modelo de cálculo de estabilidade. Os modelos de investigação devem ser escolhidos para apresentar um perfil que compreenda todas as regiões possíveis de movimentação, bem como condicionantes influentes, tais como superfícies potenciais de ruptura, níveis d'água, descontinuidades geológicas entre outros, conforme a NBR 11.682 (ABNT, 2009).

2.4.3 Etapa de projeto

Etapa correspondente à caracterização do perfil geológico-geotécnico, contendo apresentação da instabilidade, identificação do modelo de cálculo com os devidos parâmetros, diagnóstico de concepção de projeto e detalhamento da obra com as respectivas fases de execução. Em uma fase preliminar pode ser elaborado um anteprojeto com objetivo de uma avaliação de orçamentos, geração de alternativas de projeto, programação de obras futuras ou de qualquer outra finalidade que se mostre justificável, conforme a NBR 11.682 (ABNT, 2009).

2.4.4 Etapa de execução de obra

Foca nos procedimentos de execução, sequência executiva, detalhes de acabamentos, segurança e controle de qualidade, bem como a documentação necessária para arquivo, incluindo os ajustes executados no projeto durante as obras, reunidos em documentos de revisão do projeto "como construídos", diário de obra, ata de início, início de obra e eventuais planilhas de reequilíbrio e aditivos, conforme a NBR 11.682 (ABNT, 2009).

2.4.5 Etapa de acompanhamento/manutenção e monitoramento

Em obras geotécnicas de estabilização de encostas, eventuais ajustes e adaptações ao projeto originalmente desenvolvido são inevitáveis devido às alterações na topografia do terreno que ocorrem com o tempo, complexidade da geologia local e outros condicionantes relacionados com a interação do solo estrutura, conforme a NBR 11.682 (ABNT, 2009).

Em relação à manutenção e monitoramento, a NBR 11.682 (ABNT, 2009) exige que o executor da obra elabore um manual denominado "Manual do Usuário" que deve ser

encaminhado ao cliente. O manual deve conter todas as providências a serem seguidas pelo proprietário para melhor conservação da inércia do talude. Algumas informações essenciais em tal documento são: processo de vistoria periódica, limpeza periódica no sistema de drenagem, realizar medição de vazão nos drenos periodicamente, ensaio de verificação de cargas entre outros.

2.5 Estudo de estabilidade

Segundo Silva (2012), os principais fatores que geram instabilidade em taludes são a erosão, os escorregamentos, a queda de blocos e os fluxos. Silva agrupa as técnicas a serem utilizadas em três categorias: medidas de proteção, correção e contenção.

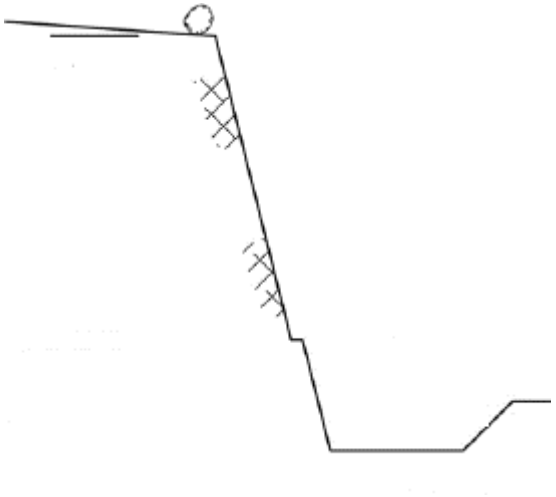
2.6 Medidas de proteção

Segundo Silva (2012), medidas de proteção consiste na estabilização de encostas sem foco em obras de contenção, ou seja, utilizar técnicas mais econômicas como implementação de redes, desmantelamento ou valas de retenção. Dependendo da situação, tais medidas são suficientes para gerar o nível de proteção desejado.

2.6.1 Valas de retenção

Consiste na produção de uma vala na base do talude com o intuito de apreender os blocos rochosos (FIG. 12). O dimensionamento de tal vala depende de duas características do talude: altura e inclinação. Uma inclinação entre 90° a 70° propiciam uma queda livre dos blocos rochosos levando os mesmos se reunirem junto a base. Já inclinações entre 70° e 50°, os blocos rotacionarão com movimentos menos homogêneos e devido a ressaltos no solo tenderão a se distanciar da base do talude. A altura também irá influenciar na distância da queda dos blocos em relação à base, visto que quanto maior for o talude, mais afastados da base os blocos cairão (SILVA, 2012).

Figura 12 – Esquema de uma vala de retenção

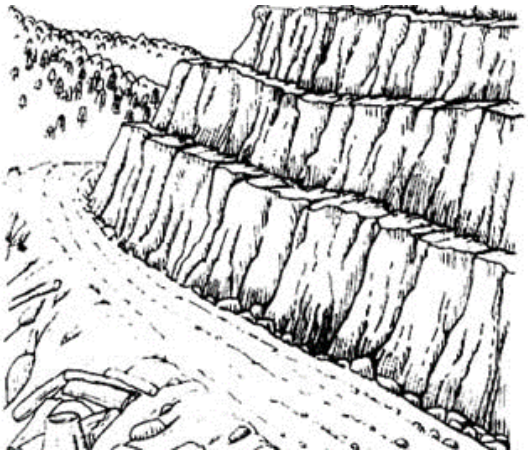


Fonte: Silva, (2012)

2.6.2 Banquetas

Técnica de desmantelamento do talude gerando degraus (FIG. 13). O intuito de tal método é impedir a queda de blocos rochosos em obras ao redor, fazendo com que eles caiam nos degraus (pés dos taludes). Caso os blocos não se amontoem na base de cada banqueta, o desmantelamento se torna ineficaz. Por isso para evitar ressaltos e rolamentos dos blocos é de costume usar redes metálicas como barreiras de retenção. Além disso, cada banqueta deve ter um sistema de drenagem associado para escoar a água para uma zona de descarga (KERFAH, 2017).

Figura 13 - Esquema de talude em banquetas

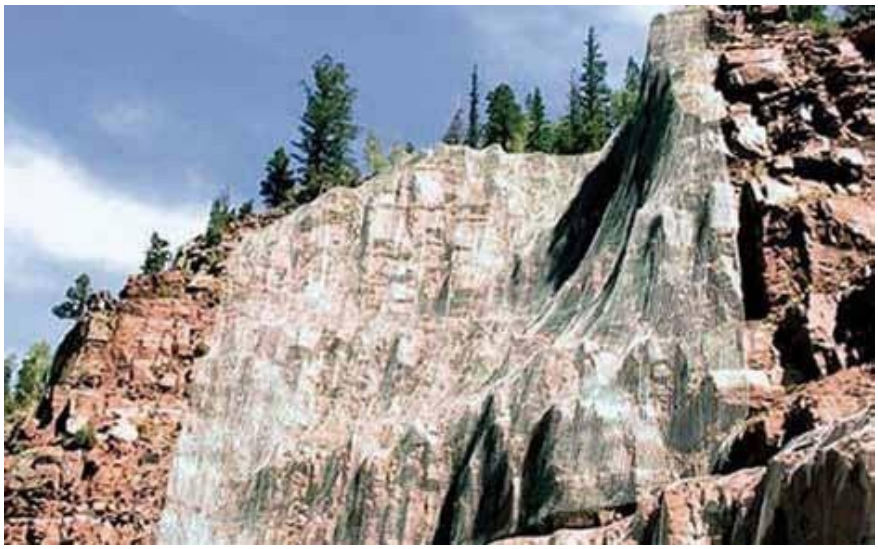


Fonte: Highland & Bobrowsky,2008

2.6.3 Redes

A rede possui o objetivo de revestir taludes impedindo a queda de pequenos blocos rochosos, já os blocos de maior porte serão retidos na base do talude (FIG. 14). Normalmente essas redes são grandes malhas constituídas de aço e possuem grande resistência e flexibilidade, isso permite que elas se adaptem à superfície dos taludes incluindo ressaltos bem como cobertura vegetal que promoverá resistência adicional (SILVA, 2012).

Figura 14 - Exemplo de uma “Rede para rochas” que controla as quedas rochosas em áreas problemáticas.



Fonte: Highland & Bobrowsky,2008

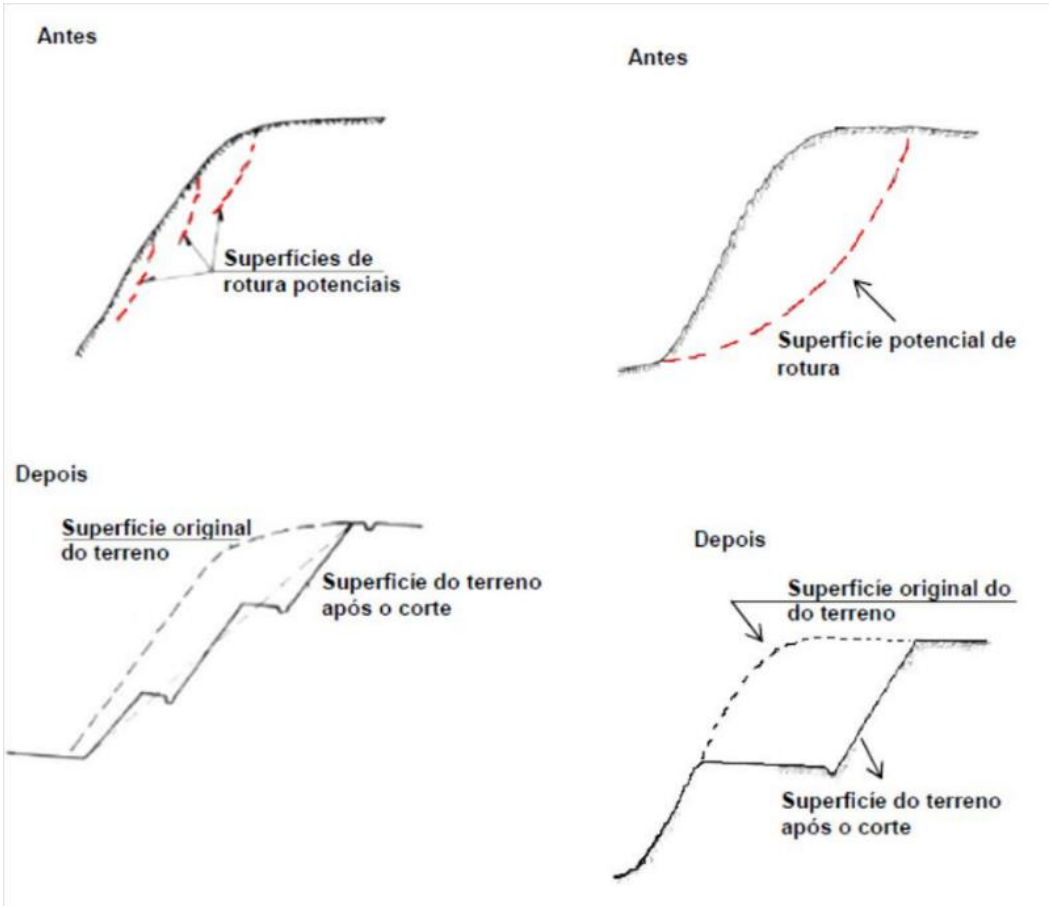
2.7 Medidas de correção

Segundo Durlo e Sutili (2005), medidas de correção, se dá na alteração do perfil do talude. Um talude abrupto, principalmente se constituído de material friável, não permanecerá por muito tempo estável ao sofrer ação da água. Realizar a remodelagem do perfil desse talude significa realizar uma redução na declividade do mesmo, que além de reduzir o potencial físico de movimento de terra também traz melhores condições para o surgimento da vegetação natural, cuja ação protetora ajudará na estabilização do talude (FIG. 15)

A NBR 11.682 diz o seguinte:

> Um projeto pode ser concebido apenas com mudança da geometria do terreno, sem elementos de contenção estrutural. Neste caso o levantamento topográfico do terreno original deve ser apresentado juntamente com a topografia final. Seções representativas das obras de terraplanagem deve mostrar claramente as etapas de execução juntamente com todos os elementos de controle de erosão (canaletas, banquetas, escadas de drenagem, dissipadores de energia e proteção superficial contra erosão de terrenos escavados e de aterros compactados), ao longo de todas as etapas. As análises de estabilidade, baseadas nos parâmetros de resistência e de caracterização dos terrenos envolvidos (ABNT NBR 11.682, 2009, p.13).

Figura 15 - Exemplos de execução de reperfilamento em taludes



Fonte: Silva, 2012. Adaptado pelo autor

2.8 Obras de contenção

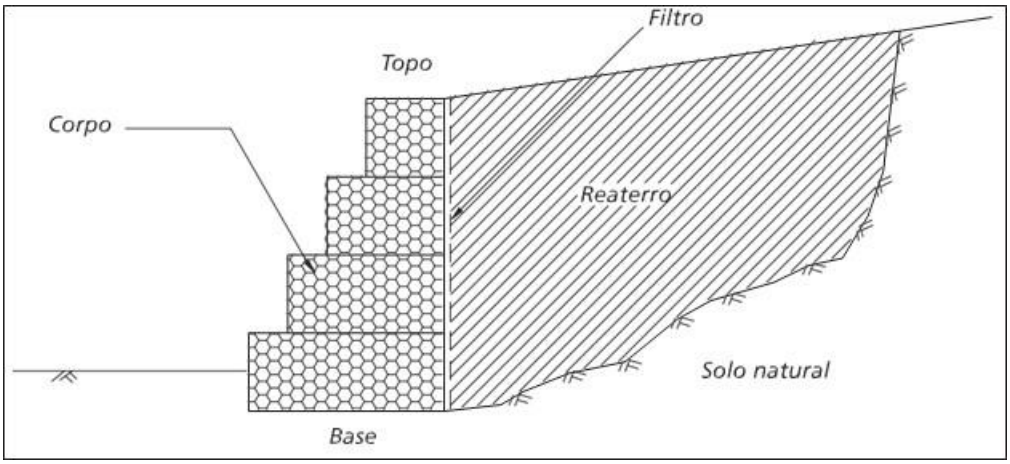
> Estruturas de contenção ou de arrimo são obras civis construídas com a finalidade de prover estabilidade contra a ruptura de maciços de terra ou rocha. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços e evitam o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos (BARROS, 2017, p.6).

2.8.1 Muro de gravidade

Segundo Barros (2017), muros de gravidade utilizam-se de seu peso próprio (FIG. 16) e parte de bloco de solo atrelado a ele para gerar estabilidade, isso se dá pela compactação do solo de aterro formando assim um novo maciço. Desta maneira, o bloco contido é composto por uma parte do solo natural e uma parte de material de aterro (FIG. 17).

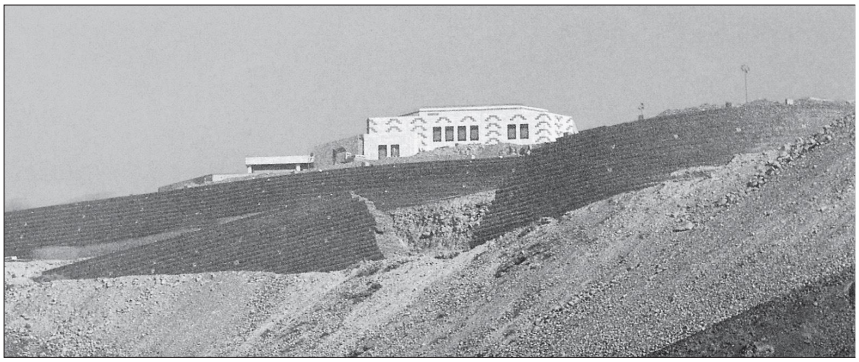
Segundo Kurz (2014), muros de gravidade são estruturas de contenção que mantêm sua estabilidade por meio do peso próprio. Tem como função resistir a esforços atuantes no seu paramento o que controla as deformações do maciço garantindo estabilidade.

Figura 16 - Representação básica de um muro de contenção à gravidade em gabiões



Fonte: Barros, 2017

Figura 17 - Arábia Saudita – Muros de contenção na residência real em Medina



Fonte: Barros, 2017

2.8.1.1 Muro de Gabião

> São constituídas por elementos metálicos confeccionados com telas de malha hexagonal de dupla torção, preenchidos com pedras. Essas estruturas são extremamente vantajosas, do ponto de vista técnico e econômico, na construção de estruturas de contenção, pois possuem um conjunto de características funcionais que inexistem em outros tipos de estruturas. Todas as unidades são firmemente unidas entre si através de costuras com arames de mesmas características daqueles da malha, de modo a formar uma estrutura monolítica (BARROS, 2017, p.10).

Segundo Barros (2017), para que a malha do muro de gabião esteja adequada, ela precisa ter as seguintes características: elevada resistência mecânica, elevada resistência à corrosão, boa flexibilidade e não se desfiar facilmente. Por isso a melhor malha metálica que atende estes requisitos é a de tipo hexagonal de dupla torção, produzidas com arames de baixo teor de carbono, revestidas com liga de Zinco 95%, alumínio 5% e terras raras (Zn 5Al MM), com ou sem revestimento plástico.

Conforme Finotti *et al*. (2013), dentre as principais características, pode-se destacar o fato de as contenções em Gabiões poderem ser consideradas como estruturas monolíticas já que todos os blocos estão unidos formando um único bloco homogêneo, por amarrações em todas as arestas das unidades (FIG. 18).

Figura 18 - Seção robusta onde se observa a monoliticidade do conjunto

Fonte: Barros, 2017

A rede metálica de que é constituído o muro é dotada de uma alta resistência mecânica como visto na FIG. 19, o que implica que, em um caso de eventual ruptura de um dos arames, a característica de dupla torção dos elementos componentes desta rede seria responsável por absorver as deformações. As dimensões aplicadas a base também é um fator de auxílio resistente (PORTAL VIRTUHAB, 2021[1]).

[1] Disponível em: https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/en/gabiao/

Figura 19 - Contenção para acesso à britadora.

Fonte: Barros, 2017

Segundo Barros (2017), para evitar corrosão proporcionando maior durabilidade, os arames recebem revestimentos especiais. O primeiro revestimento é resultante de uma liga composta por Zinco, Alumínio, e Terras Raras, aplicada ao arame por imersão a quente. Esse processo se dá quando a estrutura está localizada em ambientes não agressivos, fazendo com que supere em muito uma vida útil de 50 anos. Quando a estrutura se encontra em ambientes quimicamente agressivos, como o litoral, adiciona-se também um revestimento de plástico.

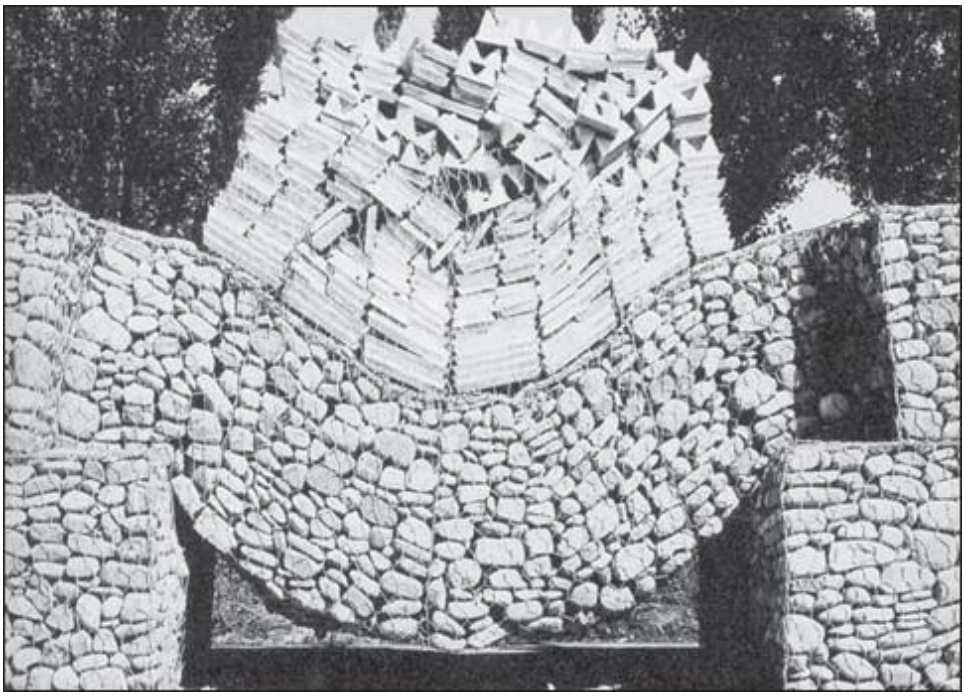
É interessante ressaltar também que a colmatação dos vazios entre as pedras devido à deposição do solo transportado pelas águas, vento e crescimento de raízes que se desenvolvem nos gabiões consolidam a estrutura e aumentam seu peso melhorando assim sua estabilidade (BARROS, 2017).

Segundo Gerscovich (2009), os muros de gabião são constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal com dupla torção. As dimensões usuais dos gabiões são: comprimento de 2m e seção transversal quadrada com 1m de aresta. No caso de muros de grande altura, gabiões mais baixos (altura = 0,5m), que apresentam maior rigidez e resistência, devem ser posicionados nas camadas inferiores, onde as tensões de compressão são mais significativas. Para muros muito longos, gabiões com comprimento de até 4m podem ser utilizados para agilizar a construção.

Em relação à flexibilidade, Barros (2017), afirma que o muro de gabião possui uma alta adaptação estrutural em acomodar-se aos movimentos do terreno sem perder estabilidade e eficiência. É a única estrutura que dispensa fundações profundas, mesmo quando assentadas

em solos com baixas tensões. Outra vantagem é que como esta estrutura se deforma muito antes do colapso, fica fácil a detecção antecipada de tal problema, gerando a oportunidade de reparação e recuperação (FIG. 20).

Figura 20 - Prova de carga realizada pela Maccaferri



Fonte: Barros, 2017

Em relação à drenagem, as contenções em gabiões são totalmente permeáveis devido às características próprias dos materiais que a compõem, ou seja, são auto drenantes, aliviando quase que completamente o empuxo hidrostático sobre a estrutura (BARROS, 2017).

Além da vantagem hidrostática, também se ressalta o baixo impacto ambiental que esta estrutura gera. Os gabiões se integram totalmente a vegetação local gerando também um aspecto paisagístico e arquitetônico agradável à obra como observa-se na FIG. 21 (BARROS, 2017).

Figura 21 - Exemplo de contenções com baixo impacto ambiental

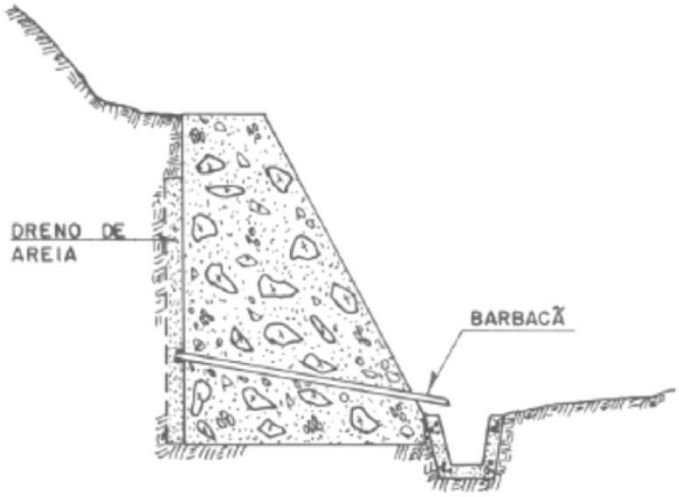
Fonte: Barros, 2006

2.8.1.2 Muro de Betão Ciclópico

Segundo Silva (2012), muros de betão são feitos por grandes agregados e de betão. Se a altura do muro não superar os 4 metros são economicamente viáveis. Para a execução de tal muro, preenche-se uma fôrma de betão e blocos de rochas com dimensões variadas. É de vital importância para a estabilidade da obra um sistema de drenagem através de barbacãs[2] e drenos de areia (FIG. 22).

[2] Barbacã: muro anteposto às muralhas de uma fortificação e mais baixo do que estas, construído nos castelos ou nas cidades medievais para defender o fosso; falsa-braga.

Figura 22- Muro tipo “gravidade” de betão ciclópico.

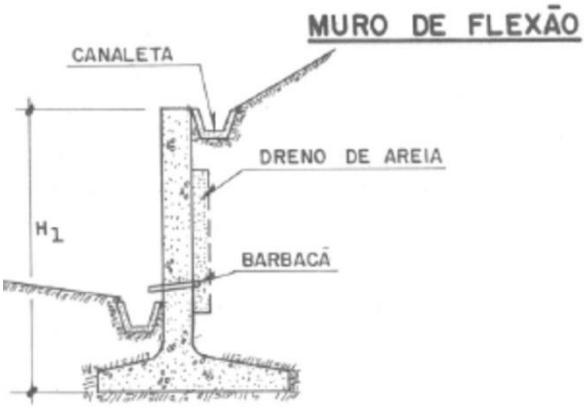


Fonte: Silva, 2012

2.8.1.3 Muro de Betão Armado e com Contra Fortes

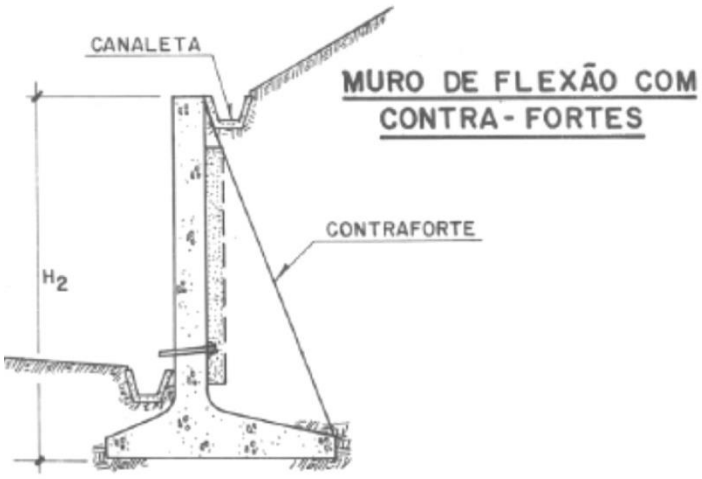
Com seu próprio peso, possui uma base que resiste a empuxos por flexão. A base apresenta uma largura de 50 a 70% da altura do muro (FIG. 23). Já no caso de o muro apresentar alturas superiores a 5 metros, é aplicado contra fortes que combate o tombamento, tal técnica não é muito utilizada por perda de espaço útil. Observa-se na FIG. 24 um muro de Betão armada a flexão com contra-fortes (SILVA, 2012).

Figura 23 – Muro de Betão armado a flexão



Fonte: Silva, 2012

Figura 24 – Muro de Betão armado a flexão com contra fortes

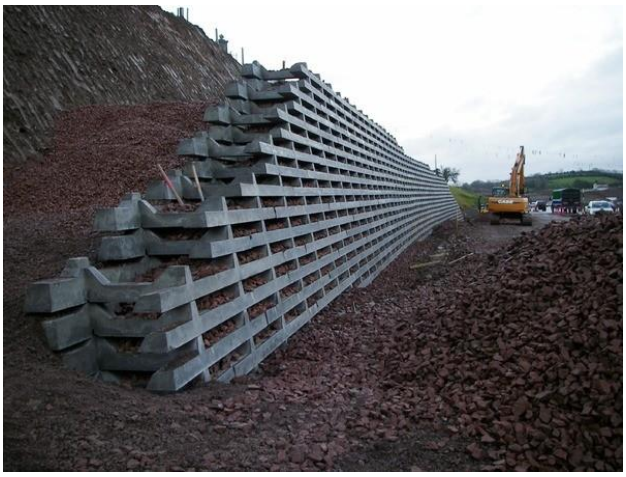


Fonte: Silva, 2012

2.8.1.4 Muros Crib Walls

Segundo Silva (2012), *Crib Walls* são estruturas formadas por elementos pré-moldados de concreto armado, madeira ou aço, dispostos no local, juntas e interligadas longitudinalmente, com o espaço interno preenchido com material terroso, rochas ou entulho. Possui grande capacidade de se ajustar ao assentamento das fundações (FIG. 25).

Figura 25 - Muro Crib Wall



Fonte: Silva, 2012

2.8.1.5 Muros de Sacos de solo-Cimento

Segundo Barros (2017), tais muros são constituídos por sacos de poliéster ou análogos, preenchidos com cimento-solo de traço 1:10 a 1:15 em volume. Muito usado para proteger níveis superficiais dos taludes. Também é utilizado de forma compactada em camadas, originando uma faixa externa ao talude, após a reação do cimento, se torna menos erodível e mais resistente, dando mais sustentação ao talude (FIG. 26).

Figura 26 - Muro de sacos de solo-cimento

Fonte: Carvalho, Coord, 1991. Adaptado pelo autor.

2.8.2 Paredes de contenção

> As paredes de contenção são geralmente usadas quando não há as condições necessárias para a escavação e para o aterro. Qualquer obra de contenção deve ter em atenção no projetoa contemplação dos aspetos geotécnicos, executivos, estruturais, especificação de materiais, etc. São várias as estruturas de contenção, cuja seleção deve basear-se em aspetos técnicos, económicos entre outros, dependendo da situação a estabilizar (SILVA, 2006, p.33).

2.8.2.1 Pregagens

Segundo Nunes (2013), solo pregado consiste na introdução de tirantes de aço no talude com envelopamento de concreto (FIG. 27). Tal técnica mobiliza parcelas significativas do impulso passivo pela interação solo-reforço e a distribuição de tensões no prego (FIG. 28). A profundidade da escavação depende da capacidade de o solo de se manter estável em suporte, por um curto período. Esta capacidade depende do solo presente no local, variando a altura de escavação entre 1 e 2 metros.

A técnica do solo pregado tem muitas vantagens quando comparada a outras técnicas de suporte em escavações (LAZARTE *et al.* 2003):

A. Menos prejudicial ao tráfego e menor impacto ambiental;

B. O fundo da escavação tem menos congestionamento, principalmente quando comparado com escavações escoradas;

C. Não há necessidade de incorporar qualquer elemento estrutural abaixo do fundo da escavação;

D. A sua execução é relativamente rápida e consome, usualmente, menos materiais que o uso de ancoragens;

E. Fácil ajuste da inclinação e localização da pregagem quando existem obstruções (por exemplo, canalizações ou estruturas subterrâneas);

F. Os muros de solo pregado são relativamente flexíveis e conseguem acomodar deslocamentos diferenciais relativamente grandes;

G. Os muros de solo pregado revelaram um bom comportamento quando submetidos a cargas sísmicas, devido à sua flexibilidade global;

H. Quando são utilizados os processos de construção convencionais, os muros pregados são mais econômicos que os muros de gravidade convencionais (betão);

I. O revestimento com recurso ao betão projetado é, tipicamente, mais econômico que os outros revestimentos estruturais utilizados em outros modelos de muros.

Segundo Nunes (2013), os potenciais desvantagens do uso de solo pregado são:

A. O solo pregado pode não ser adequado em situações onde se pretende um controle muito rígido da deformação, pois esta técnica necessita de alguma deformação para mobilizar a resistência;

B. A existência de objetos no subsolo pode colocar restrições na localização, inclinação e comprimento das pregagens nas camadas superiores;

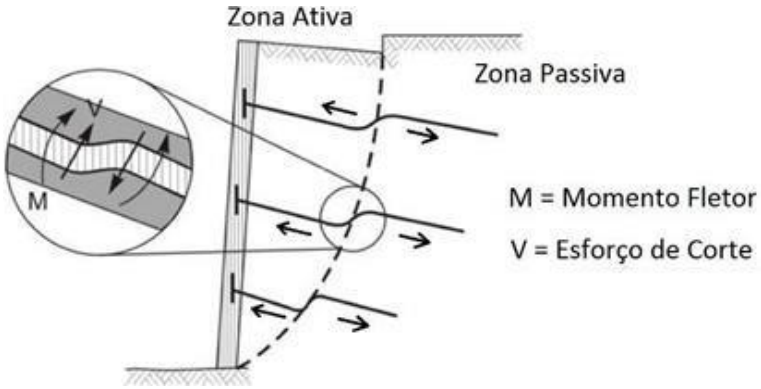
C. Este modelo de suporte não é muito indicado para locais onde haja possibilidade de abundância de água se infiltrarem na escavação, pois necessita que o solo tenha capacidade para se manter estável sem suporte durante algum tempo;

D. Necessita de mão de obra especializada na sua construção.

Figura 27 – Mecanismo de transferência de carga num muro pregado.

Fonte: Silva, 2009

Figura 28 – Mecanismo de transferência de carga num muro pregado.



Fonte: Silva, 2012

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto, existem várias técnicas de contenção de taludes, cada uma com suas vantagens e desvantagens, logicamente umas possuem formas mais avançadas de conter movimentos de vertente mas também possuem limitações de aplicação. Existem também métodos de contenção mais antigos, mas que aceitam diferentes solos além de ser mais econômico e sem a necessidade de mão de obra especializada.

Muros de gabião, por exemplo, é uma técnica de contenção utilizada à gerações, que possui vários aspectos positivos, como matéria-prima de fácil acesso, flexibilidade, pode ser utilizada em vários solos e não necessita de um projeto de drenagem avançado, pois por si só, o muro já possui propriedades drenantes. Contudo, necessita de ocupar grandes espaços em sua base, pois é o que lhe gera estabilidade, comprometendo assim o espaço útil do terreno.

Já Solo pregado, possui técnicas de contensão de movimentos mais sofisticada, porém necessita de solos com propriedades específicas, como ter uma certa resistência aos vazios, além de necessitar de um sistema de drenagem avançado.

Assim, visto também as variáveis de cálculo presentes nas tensões de solo e os procedimentos de estudo/execução na contenção de encostas pelas normas regulamentadoras, fica mais fácil diagnosticar qual o melhor método para conter o movimento de vertente em questão, considerando, o orçamento e o espaço útil direcionado para a obra.

Entender os fatores que geram instabilidade no solo, utilizando os métodos de cálculos adequados, além de uma execução da obra de forma exemplar, com certeza diminui em muito os riscos de desabamento, logo, o costume de se desenvolver obras de contenção sem um profissional adequado ou negligenciando os procedimentos das normas regulamentadoras não pode ser incentivado, pois, se trata de obras com alto risco.

A obra de contenção localizada na serra de Coimbra em Minas Gerais é um exemplo de contenção de taludes por meio de reperfilamento que gera movimentos de vertente mesmo após a utilização do método de correção, gerando risco aos motoristas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **11682**. Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **11682**. Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 2009.

ASSUNÇÃO, C. et al. **Estudo Comparativo Entre Sistema de Contenção em Solo Reforçado e Muro a Gravidade de Gabiões**. Trabalho (Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Centro Universitário UNIFAAT. Atibaia. 2019.

BARROS, Pérsio Leister de Almeida. **Obras de Contenção**. Maccaferri do Brasil Ltda, Jundiaí, 2017.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Fundamentos. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988.

CARDOSO, F. F. **Sistemas de contenção**. 2002. 32p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CARVALHO, P. A. S. Taludes de Rodovias / Orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: DER - Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo. São Paulo, 1991.

DURLO, A. Miguel; SUTILI, J. Fabrício. **Bioengenharia**: Manejo biotécnico de cursos de água.Santa Maria: Edição do Autor, 2014.

Equipe Laboratório. **Ensaio de Cisalhamento Direto** - Ensaios Geotécnicos - O Objetivo e a Finalidade. Disponível em:https://www.suportesolos.com.br/blog/ensaio-de-cisalhamento-direto-ensaios-geotecnicos-o-objetivo-e-a-finalidade/73/. Acesso em: 03/11/2021

FERNANDES, J. P.; FREITAS, A. R. M. **Introdução a engenharia natural**. Ed. EPAL, 2011. 107 p.

FINOTTI, G, B, S. et al. **Estruturas de contenção em gabiões para estabilidade de encostas em processos erosivos**. Trabalho de conclusão de curso - curso de engenharia civil, universidade federal de goiás, Goiás, 2013.

GEORIO**. Manual Técnico de Encostas**: Análise e investigação. Rio de Janeiro: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2000.

GERSCOVICH, D. M. S**. Estruturas de Contenção Muros de Arrimo.** UERJ, Rio de Janeiro 2009.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C M.1983. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo, Edgard Blucher LTDA. 196 p.

HIGHLAND, L. M.; BROBOWSKY, P. **The landslide handbook**: a guide to understanding landslides. Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325. 129 p.

KERFAH, L. **Reabilitação de taludes de escavação rochosos em ferrovias.** Tese (Mestrado de engenharia Geológica). Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2017.

KURNZ, T.G. **Estudo Paramétrico para um Muro de Gravidade Submetido a Carregamentos Sísmicos**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenhaia. Rio de janeiro, 2014.

LAZARTE, C. "**Geotechnical engineering circular** : Soil Nail Walls", Departament of Transportation Federal Highway Administration (FHWA): USA, 2003

MASSAD, Faiçal. **Obras de terra, curso básico de Geotecnia**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

NUNES, J; J. **Métodos de Análise de Estabilidade de Escavações Suportadas com Pregagens**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra. 2013.

PORTAL VIRTUHUB. Gabião. Florianópolis: UFSC,2021. Disponível em: https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/en/gabiao/. Acesso em 11/12/2021

QUEIROZ, Rudney C**.Geologia e geotecnia básica para a engenharia civil**. São Carlos: Rima, 2009.

SILVA, Rúben Alberto Fernandes da. **Aplicação da engenharia natural na estabilização de taludes**. 2012. 127f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Ciências Exatas e da Engenharia (CCEE) da Universidade da Madeira. Campus Universitário da Penteada, Portugal, 2012.

SIMÃO, Ricardo Jorge Cardoso. **Engenharia natural na estabilização de taludes**. 2013. 232f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal, 2013.

SOUZA, C. R. **Avaliação de Diferentes Coberturas do Solo no Controle da Erosão em Taludes de Estradas Florestais.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) **.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

VARNES, David J. **Slope movement types and processes**. Chapter 2. Washington, 1978. 23 p.