

Estabilidade de taludes

Hélio Rodrigues Bassaneli¹
Marco Aurélio Martins Corrêa²
André Pereira Coelho do Espírito Santo³
Arthur Giorgie El Rafael Zochling Campos da Cruz⁴
Bruno Geraldo Rodrigues da Silva⁵
Glauber Laurentino dos Santos⁶
Thiago Bueno Mariotto⁷

Resumo

Os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc. A estabilidade de um talude pode ser alcançada de duas formas: diminuição das forças instabilizadoras ou o aumento das forças estabilizadoras. Para poder projetar adequadamente um talude que seja estável é importante levar em consideração os dados de investigação de campo, ensaios de laboratório, análises de estabilidade efetuadas, a forma de execução da obra, sua manutenção, e principalmente, o engenheiro responsável, deve ter o bom senso. Pois, se não for feito um estudo prévio ou não terem sido projetados para as condições reais, como consequência, essas obras poderão ser encontradas rompidas ou inutilizadas. Para que as obras de contenção sejam construídas, é necessário que o engenheiro tenha certo conhecimento das causas de processos de instabilização de taludes de cortes, aterros e encostas naturais, para garantir a eficácia e a eficiência das obras do ponto de vista técnico e econômico, evitando a execução de obras desnecessárias e a alocação de recursos financeiros excessivamente elevados para a sua função.

Palavras chave: taludes, estabilidade, obras de contenção.

Abstract

The natural slopes or slopes are defined as inclined surfaces of clay, rocky bulks or mixing (alone and rock), originated of diverse geologic and geomorphological processes, being able to present modifications, such as cuts, deforestations, introduction of loads, etc. The stability of a slope can be reached of two forms: reduction of the instability forces or the increase of the stabilizing forces. To be able to project adequately a slope that is steady is important to take in consideration the data of investigation of field, essays of laboratory, accomplished analyses of stability, the form of execution of the work, its maintenance, and mainly, the engineer responsible, must have common-sense. Therefore, if a study will not be made prior or not to have been projected for the real conditions, as consequence, these works could be found breached or made useless. So that the containment works are constructed, it is the

¹ Mestre em Ciências Ambientais pela UNITAU. Professor das áreas de Geologia e Topografia do UNISAL/Unidade Lorena.

² Especialista em Turismo e Desenvolvimento Sustentável pelo IGC/UFGM. Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena

³ Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena.

⁴ Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena.

⁵ Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena.

⁶ Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena.

⁷ Graduando em Engenharia Civil pelo UNISAL/Unidade Lorena.

necessary that the engineer right has knowledge of the causes of processes of instability of slopes of cuts, natural embankments and slopes, to guarantee the effectiveness and the efficiency of the works of the point of view economic technician and, avoiding the execution of unnecessary works and the allocation of financial resources excessively raised for its function.

Keywords: slopes, stability, containment works.

Introdução

A geologia tem aplicações em variados projetos de engenharia civil, sendo que neste trabalho daremos enfoque em estudos de estabilidade de taludes, por meio de um delineamento teórico.

Como exemplo dessas aplicações, podemos citar as obras de construção e recuperação de rodovias. Visando assegurar as condições de conforto, segurança e economia na construção de uma rodovia, além das condicionantes geométricas de traçado, é imprescindível proceder às investigações de natureza geológica e geotécnica da região a atravessar, as quais constituem os fundamentos dos estudos de drenagem e de estabilidade dos cortes e túneis, aterros e seus terrenos de suporte, fundações de obras de arte e dimensionamento dos pavimentos.

O dicionário livre de geociências⁸ define talude como um termo mais aplicado em estudos geotécnicos, sendo sinônimo de vertente no caso de talude natural e apresenta ainda a definição de talude artificial, como aquele feito pelo homem, podendo ser devido à remoção de material, neste caso é chamado de talude de corte; ou acúmulo de material, chamado de talude de aterro.

De acordo com Filho e Virgili (1998, p. 243):

Os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc.

Segundo estes mesmos autores, o termo encosta é mais empregado em estudos de caráter regional. Eles distinguem dois tipos de talude: o talude de corte, entendido como um talude originado de escavações antrópicas diversas; e o talude artificial, que se refere ao declive de aterros construídos a partir de materiais de diferentes granulometrias e origens, incluindo rejeitos industriais, urbanos ou de mineração.

⁸ Dicionário livre de geociências disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/index.php/Talude>

Carmignani e Fiori (2009) também apresentam definição semelhante de talude, como sendo “toda e qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, rocha ou de ambas, distinguindo igualmente talude natural (encostas ou vertentes) e artificial (cortes e aterros)”.

Na figura 1 é apresentada a composição de um talude.

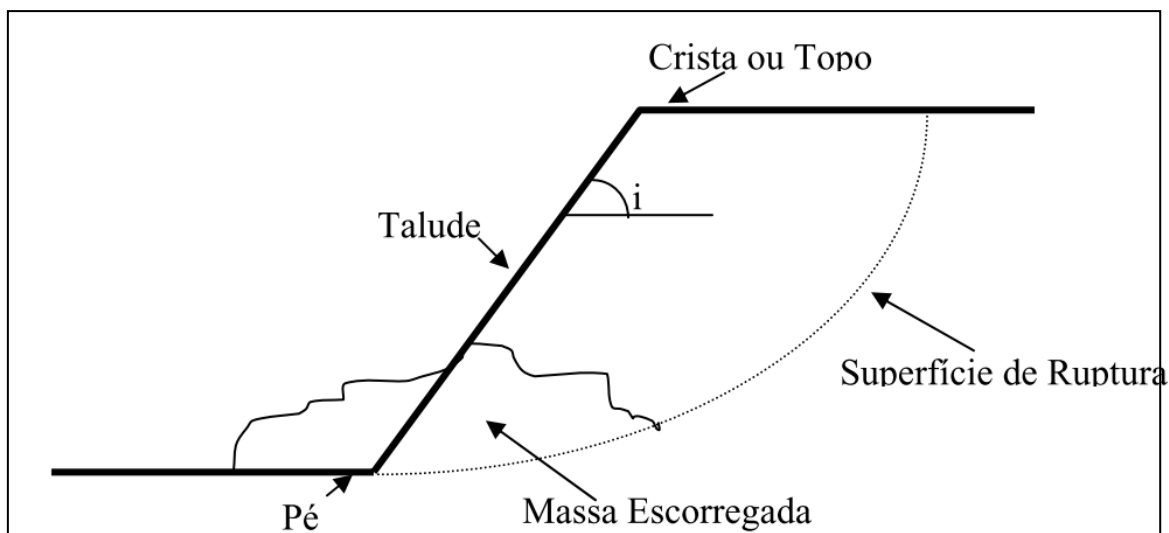


Figura 1: Composição de um talude.

Fonte: Dyminski⁹

Desenvolvimento

Estabilidade de taludes

A Associação Brasileira de Geologia de Engenharia¹⁰ define estabilização de talude ou encosta como um tratamento aplicado a uma vertente de terreno, natural ou modificada, para melhorar as suas características de resistência, intervindo nos condicionantes relativos à natureza dos seus materiais constituintes e nos agentes de deflagração de processos responsáveis pela sua instabilidade. Tais processos podem ser tanto superficiais (erosão, escorregamento raso) quanto podem envolver movimentos mais intensos de massa (queda de bloco, corrida de lama). Os condicionantes da instabilidade são a geologia (litologia, composição e estrutura), a morfologia (declividade e comprimento de rampa) e a hidrogeologia (águas superficiais e subterrâneas) da encosta.

Quando se supõem a possível instabilidade de um talude, devem ser tomadas medidas de estabilização a fim de se evitar uma eventual catástrofe. O mesmo ocorre sempre que, por

⁹ Notas de Aula: Estabilidade de Taludes – Profª. Andrea Sell Dyminski - UFPR. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/TC019/Taludes.pdf>.

¹⁰ Glossário disponível no site: <http://abge.org.br/page/glossario>

razões ambientais, econômicas ou construtivas, é efetuada a escavação de um talude de ângulo superior ao existente. As medidas de estabilização devem ser adotadas de acordo com condições existentes, para tal, a realização de estudos geotécnicos e geológicos irá permitir a definição das características geotécnicas dos materiais existentes bem como a definição dos possíveis mecanismos de ruptura. A estabilidade de um talude pode ser alcançada de duas formas, diminuindo as forças instabilizadoras ou aumentando as forças estabilizadoras.

As causas da instabilização podem ser externas (modificações da geometria da encosta, retirada de proteção superficial vegetal ou de solo mais resistente, condições climáticas e solicitações sísmicas) e internas (diminuição da resistência do terreno, variação do nível d'água, erosão interna e liquefação espontânea). As ações de estabilização de encosta são a mudança em sua geometria, construção de sistemas de drenagem, e/ou reforço do maciço com obras de contenção (ABGE).

Muitos escorregamentos de talude ocorrem devido à inclinação do mesmo, sendo que nestes casos, a prática tem indicado, para taludes de corte de até 8m de altura, constituídos por solos, a inclinação de 1V:1H como a mais generalizável. A figura 2 mostra os padrões usuais de inclinações, estabelecidas empiricamente, como referência inicial.

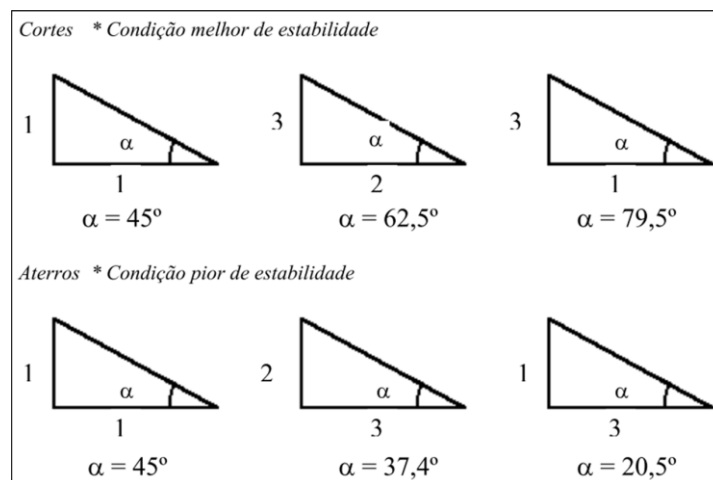


Figura 2: Padrões de inclinação para taludes, estabelecidas empiricamente, como referência.

Fonte: Marangon (2006)

O quadro apresentado na figura 3 resume os diversos problemas relacionados a taludes artificiais e naturais, onde são destacadas as diversas formas de sua ocorrência e as principais causas que levam ao surgimento do referido problema.

<i>TIPO DE PROBLEMA</i>	<i>FORMA DE OCORRÊNCIA</i>	<i>PRINCIPAIS CAUSAS</i>
Erosão	<ul style="list-style-type: none"> - Em talude de corte e aterro (em sulcos e diferenciada) - Longitudinal ao longo da plataforma - Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas) - Interna em aterros (piping) 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência de drenagem - Deficiência de proteção superficial - Concentração de água superficial e/ou intercepção do lençol freático - Deficiência ou inexistência de drenagem interna
Desagregação superficial	<ul style="list-style-type: none"> - Empastilhamento superficial em taludes de corte - Superficial - Profundo - Formas e dimensões variadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Secagem ou umedecimento do material - Presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material - Inclinação acentuada do talude - Relevo energético - Descontinuidades do solo e rocha
Escorregament o em corte	<ul style="list-style-type: none"> - Superficial em corte ou encostas naturais - Profundo em cortes - Formas de dimensões variadas - Movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus - Atingindo a borda do aterro - Atingindo o corpo do aterro 	<ul style="list-style-type: none"> - Saturação do solo - Evolução por erosão - Corte de corpo de tálus - Alteração por drenagem - Compactação inadequada da borda
Escorregament o em aterro	<ul style="list-style-type: none"> - Atingindo o corpo do aterro 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência de fundação - Deficiência de drenagem - Deficiência de proteção superficial - Má qualidade do material - Compactação inadequada - Inclinação inadequada do talude
Recalque em aterro	<ul style="list-style-type: none"> - Deformação vertical da plataforma 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência de fundação - Deficiência de drenagem - Rompimento do bueiro - Compactação inadequada
Queda de blocos	<ul style="list-style-type: none"> - Geralmente em queda livre 	<ul style="list-style-type: none"> - Ação da água e de raízes na descontinuidade do maciço rochoso
Rolamento de blocos	<ul style="list-style-type: none"> - Movimento de bloco por rolamento em cortes ou encostas naturais 	<ul style="list-style-type: none"> - Descalçamento da base por erosão

Figura 3: Tipos de problemas relacionados aos taludes, formas de sua ocorrência e as principais causas responsáveis pelo ocorrido.

Fonte: Marangon (2006).

Teoricamente, um talude é submetido a três campos de forças distintos: força peso dos materiais que o constituem, força devido ao escoamento de água e força devido à resistência ao cisalhamento. Estas três forças devem estar em equilíbrio, pois as duas primeiras se somam e tendem a levar a massa do solo encosta abaixo e a terceira tende a frear esse movimento (CARMIGNANI e FIORI, 2009).

Segundo Silva (2012, p. 21), as técnicas utilizadas para solucionar os principais problemas de instabilidade de taludes (erosão, escorregamentos, queda de blocos e os fluxos) podem ser agrupadas em três categorias: medida de proteção, correção e reforço.

Como cada problema é único, não se pode normatizar o projeto de estabilização de taludes, tendo em vista a natureza dos solos (materiais naturais) e o local onde se encontram.

Dyminski¹¹ afirma que:

Para se poder projetar adequadamente um talude que seja estável, deve-se levar em consideração dos dados de investigação de campo, ensaios de

¹¹ Notas de Aula: Estabilidade de Taludes – Profª. Andrea Sell Dyminski - UFPR. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/TC019/Taludes.pdf>.

laboratório, análises de estabilidade efetuadas, a forma de execução da obra e sua manutenção. E, principalmente, o engenheiro deve utilizar seu bom senso.

No entanto, existe uma norma técnica que prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e de taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas. É a NBR 11.682 (ABNT, 2009), que também abrange as condições para estudos, projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização.

No procedimento para estabilização de taludes, o aspecto principal é a ordenação das fases de trabalho e o correto cumprimento das mesmas, conforme pode ser visto na figura 4.

Por falta de maiores estudos prévios ou por não terem sido projetadas para as condições reais a que seriam submetidas, as obras mais importantes também podem ser encontradas rompidas ou inutilizadas, conforme ilustração 4 (CARVALHO, 1991).

A ilustração 5 exemplifica a elaboração de um croqui de uma instabilização em um talude em área urbana, que constitui uma das etapas da análise da estabilidade de taludes e encostas.

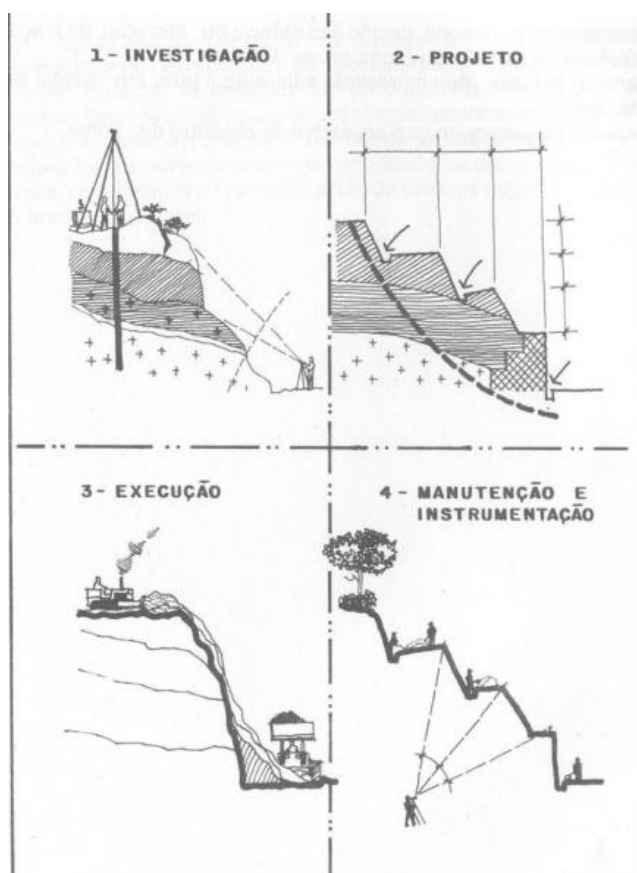


Figura 4: Principais fases de trabalho na estabilização de taludes

Fonte: Carvalho (1991, p. 146).

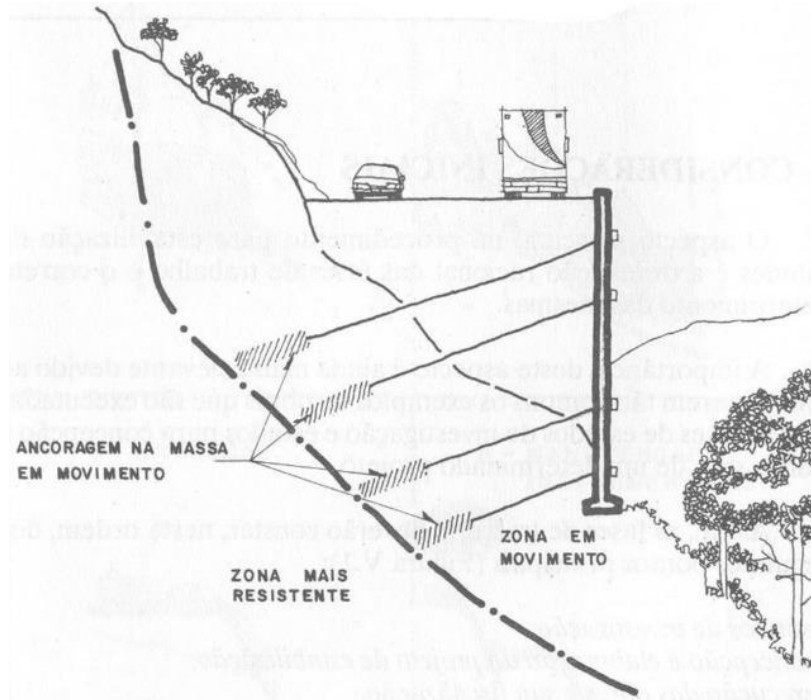


Figura 5: Exemplo de obra de contenção com erro de projeto por falta de investigações

Fonte: Carvalho (1991, p.148).

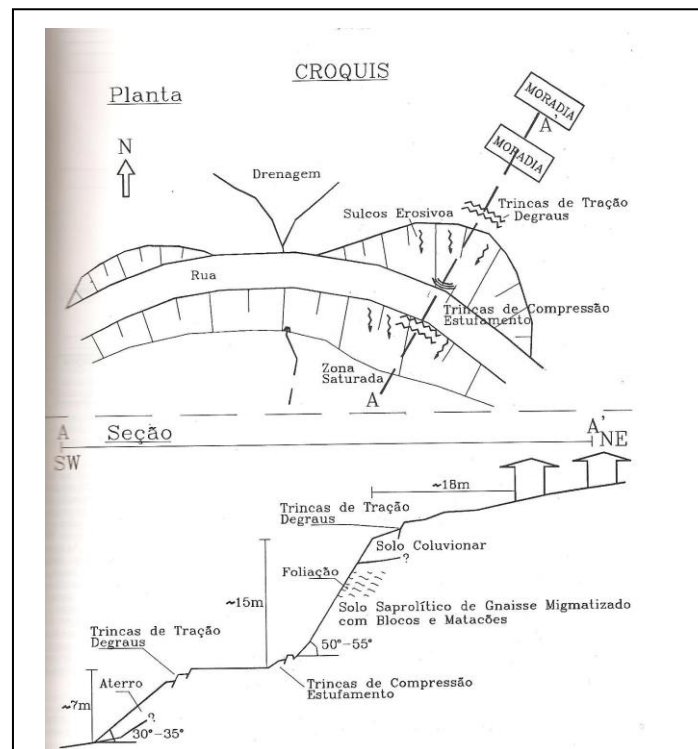


Figura 6: Croqui de uma instabilização em talude urbano

Fonte: Filho e Virgili (1998, p.255).

Obras de estabilização de encostas e taludes

De acordo com Carvalho (1991, p. 3), é com base no conhecimento das causas dos processos de instabilização de taludes de cortes, aterros e encostas naturais que devem ser definidas e construídas as obras de estabilização. Este embasamento faz-se necessário para garantir a eficácia e a eficiência das obras do ponto de vista técnico e econômico, evitando a execução de obras desnecessárias e a alocação de recursos financeiros excessivamente elevados para a sua função.

As alternativas de projeto deverão sempre partir das soluções mais simples e baratas (FILHO e VIRGILI, 1998). Os principais grupos e tipos de obras de estabilização de taludes e encostas são apresentados na tabela 1.

GRUPOS	TIPOS
Obras sem estrutura de contenção	Retaludamentos (corte e aterro) Drenagem (superficial, subterrânea, de obras) Proteção superficial (naturais e artificiais)
Obras com estrutura de contenção	Muros de gravidade Atirantamentos Aterros reforçados Estabilização de blocos
Obras de proteção	Barreiras vegetais Muros de espera

Tabela 1: Principais tipos de obras de estabilização de taludes e encostas

Fonte: Carvalho (1991; apud FILHO e VIRGILI, 1998, p. 264).

Carvalho (1991, apud FILHO e VIRGILI, 1998) propõe um fluxograma (figura 7) de utilização destes diferentes grupos de obras, levando-se em conta instabilizações em aterros e taludes de cortes e o princípio do emprego das soluções mais simples para as mais complexas.

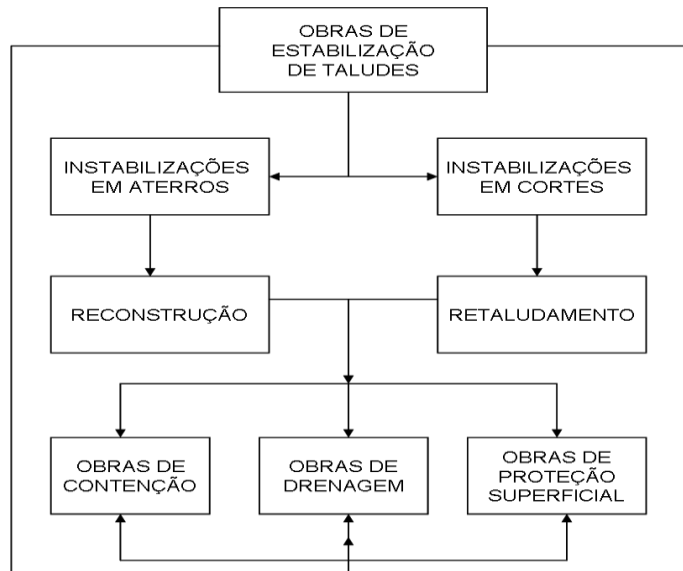


Figura 7: Fluxograma p/ utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes

Fonte: Carvalho (1991; apud FILHO e VIRGILI, 1998, p. 264).

Muros de arrimo

A designação “Muros de Arrimo” é utilizada de uma forma genérica para referir-se a qualquer estrutura construída com a finalidade de servir de contenção ou arrimo a uma determinada massa de solo instável, ou seja, que tem a possibilidade de se movimentar para baixo, a partir da sua ruptura por cisalhamento (MARANGON, 2006).

Para Gerscovich (2010) muros são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda. Podem ser construídos em alvenaria (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda, de elementos especiais.

Os muros de arrimo são considerados obras de contenção passiva, podendo ser de vários tipos: gravidade (construídos de alvenaria, concreto, gabiões ou pneus), de flexão (com ou sem contraforte) e com ou sem tirantes.



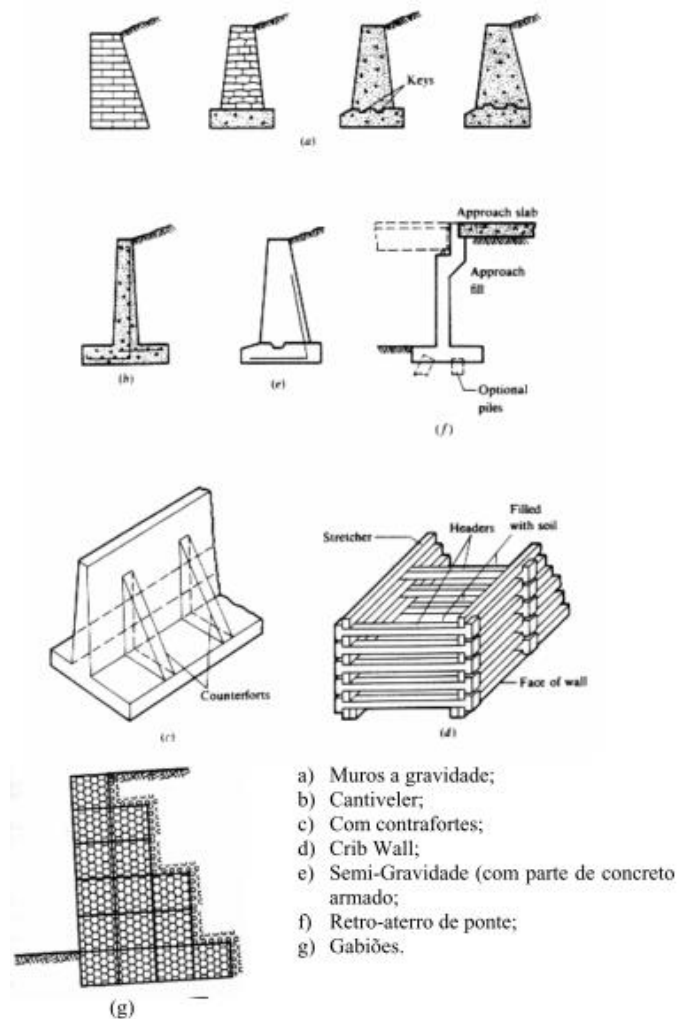


Figura 8: Muros de arrimo

Fonte: Dyminski.

Para o projeto e dimensionamento de todos os tipos convencionais de muros de arrimo, visando garantir a estabilidade dos mesmos, os seguintes mecanismos potenciais de ruptura deverão ser cuidadosamente estudados e verificados: a) Instabilidade global do talude; b) Deslizamento ao longo da base do muro; c) Tombamento em relação ao pé do muro; d) Capacidade de suporte do solo de fundação do muro (MARANGON, 2006).

Muro de gravidade

Muros de Gravidade ou muros de peso são estruturas corridas que se opõem aos empuxos horizontais pelo peso próprio. Geralmente, são utilizadas para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5m. Os muros de gravidade podem ser construídos de pedra ou concreto (simples ou armado), gabiões ou ainda, pneus usados (GERSCOVICH, 2010). Dependem da geometria e do peso próprio para sua estabilidade. Um muro de peso deve ser construído com a largura suficiente para evitar o surgimento de tensões de tração em

seu interior. Estas tensões seriam provocadas pela ação instabilizante do empuxo do solo, com tendência ao deslizamento da base e ao tombamento do muro (MARANGON, 2006).

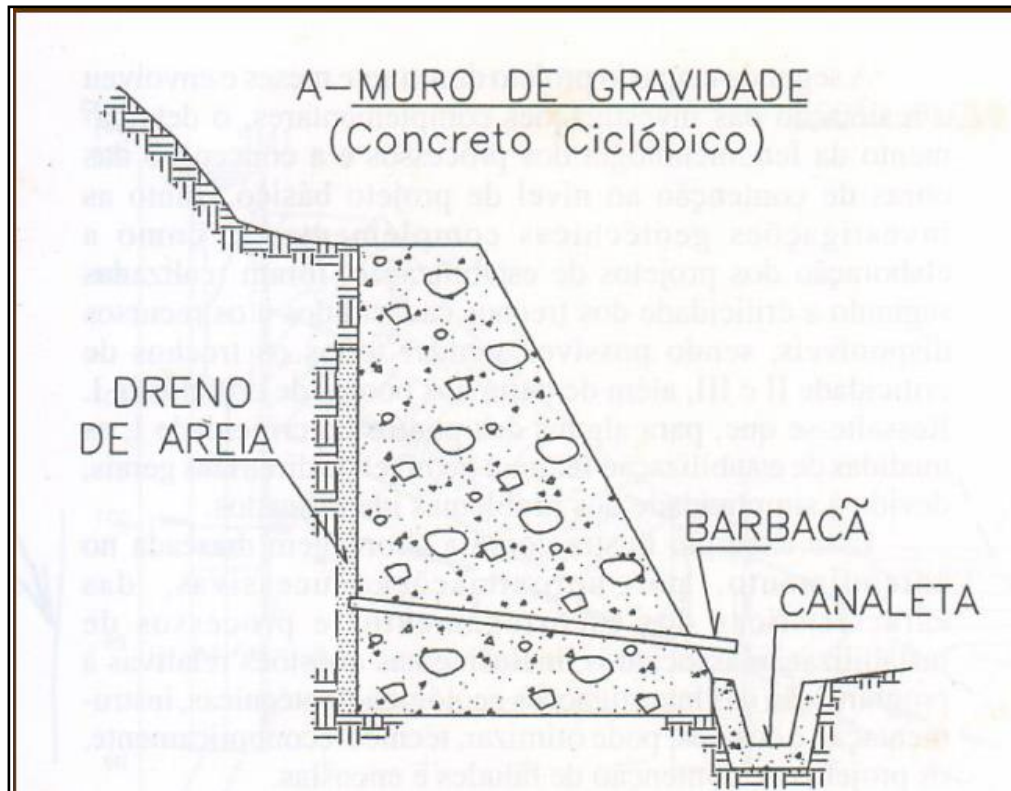


Figura 9: Obra de contenção passiva – Muro de gravidade

Fonte: Filho e Virgili (1998, p. 265).

Cortina atirantada

Consiste numa parede de concreto armado, através dos quais o maciço é perfurado, sendo introduzidas nos furos barras metálicas (tirantes). Após o posicionamento destas barras, é introduzida nas perfurações nata de cimento a alta pressão, que penetra nos vazios do solo, formando um bulbo, e ancorando as barras metálicas. Passado o tempo de cura da nata de cimento, os tirantes são protendidos e presos na parede de concreto, o que faz com que esta estrutura seja “empurrada” contra o maciço (DYMINSKI).

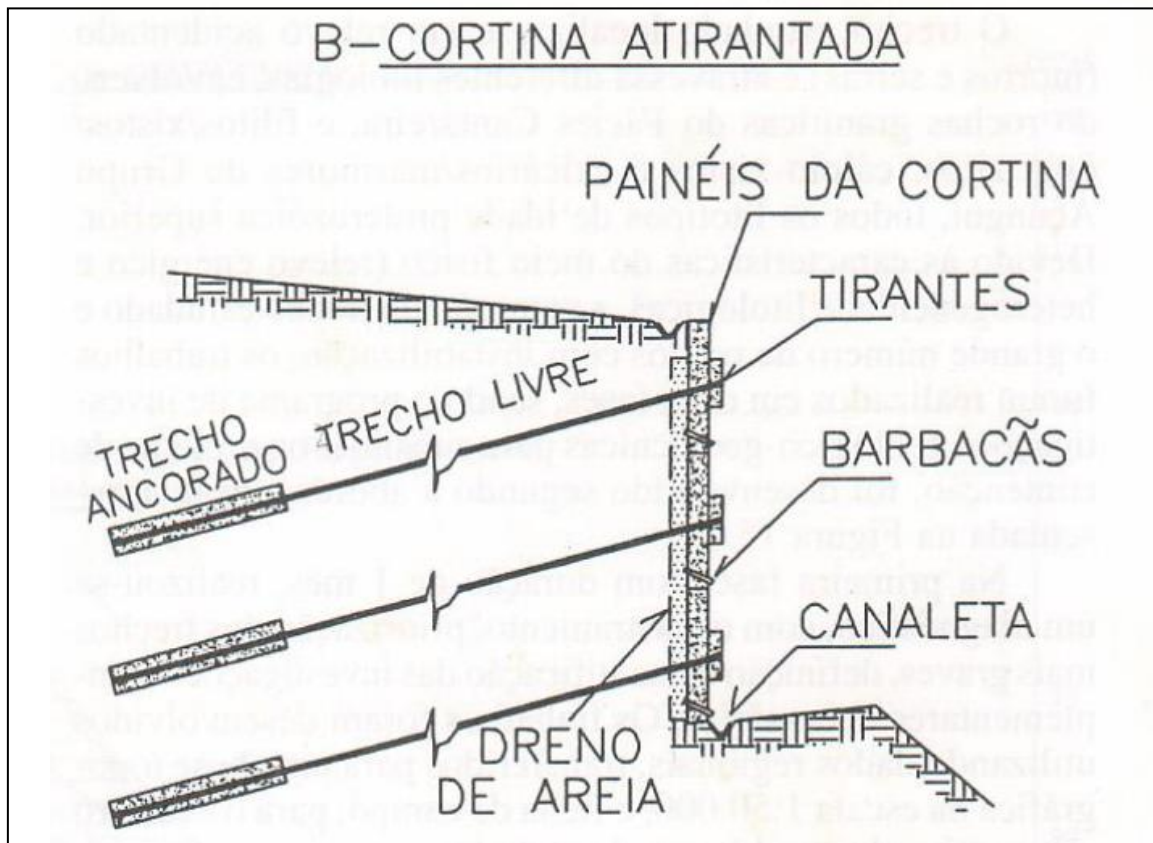


Figura 10: Obra de contenção ativa – Cortina atirantada

Fonte: Filho e Virgili (1998, p. 265).

Conclusão

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível agregar um bom conhecimento sobre o que é um talude e quais as formas e procedimentos para sua estabilização. Para isso foi de grande importância o estudo de literatura específica, notadamente da norma técnica brasileira que trata exclusivamente de taludes e contenções. As ilustrações esquemáticas sobre as formas de estabilização dos taludes apresentadas no trabalho, proporcionou-nos uma melhor compreensão do assunto.

Podemos perceber a importância da geologia, ou de um conhecimento básico sobre essa ciência, para a formação e atuação bem-sucedida dos profissionais de engenharia civil, sobretudo em grandes obras, como construção de rodovias, ferrovias, túneis, barragens, etc que exigem um bom conhecimento sobre estabilidade de taludes.

Portanto, mesmo que o engenheiro civil não atue diretamente nos estudos e levantamentos geotécnicos, é imprescindível que ele entenda a linguagem dos profissionais dessa área, pois as decisões sobre qual o tipo de obra a ser executada para a estabilização de

uma determinada encosta ou talude, e até mesmo a responsabilidade técnica dessa execução, são de sua competência.

Concluimos que o aprendizado neste trabalho foi certamente ímpar, devendo este ser um trabalho inacabado, onde os alunos com apoio do professor possam aprimorar, atualizar, complementar e apresentar para outros alunos, agregando mais conhecimento a todos que possam ter contato com o mesmo.

Referências

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas.** Informações de catálogo. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=51490>. Acesso em 15/09/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). **Glossário: estabilização de talude e encosta.** Disponível em: <http://abge.org.br/page/glossario>. Acesso em 02/09/2015.

CARMIGNANI, Luigi; FIORI, Alberto Pio. **Fundamentos de Mecânica dos Solos e das Rochas: aplicações na estabilidade de taludes.** 2ª ed. rev. e ampl. – Curitiba: Ed. UFPR, 2009.

CARVALHO, Pedro Alexandre Sawaya (Coord.). **Manual de geotecnia: taludes de rodovia: orientação para diagnóstico e solução de seus problemas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. (Publicação IPT, nº 1843). Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/website/Documentos/manuais_talude.aspx. Acesso em: 28/08/2015.

DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS. **Definição de talude.** Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/index.php/Talude>. Acesso em 03/09/2015.

DYMINSKI, Andrea Sell. **Notas de Aula: Estabilidade de Taludes.** UFPR. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/TC019/Taludes.pdf>

FILHO, Oswaldo Augusto; VIRGILI, José Carlos. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. **Geologia de engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Notas de aula: muros de arrimo.** FEUERJ, 2010. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>. Acesso em: 02/09/2015.

MARANGON, Márcio. **Notas de aula: Tópicos em Geotecnia e Obras de terra.** UFJF, 2006. Disponível em: http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid03-GeoContencoes-Parte01-2006-2.pdf. Acesso em: 27/08/2015.

SILVA, Rúben Alberto Fernandes da. **Aplicação da engenharia natural na estabilização de taludes.** 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e da Engenharia (CCEE) da Universidade da Madeira, Funchal, Portugal, 2012. Disponível em: <http://repositorio.uma.pt/bitstream/10400.13/535/1/MestradoRubenSilva.pdf>. Acesso em 27/08/2015.