

## ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES EM OBRAS CIVIS

### STABILIZATION OF SLOPES IN CIVIL WORKS

Adauri Silveira Rodrigues Junior<sup>1</sup>  
Cláudio Bonfante de Oliveira<sup>2</sup>  
Gabriel Vieira Machado Meirelles Magalhães<sup>3</sup>  
Bernardo dos Santos Penedo Pereira<sup>4</sup>  
Alex de Souza Nicolau<sup>5</sup>

**RESUMO:** A formação de declives pode ser resultado de processos naturais ou intervenções humanas. Essas inclinações em superfícies que restringem massas, sejam devido a desmatamento ou ações deliberadas, podem apresentar desafios de estabilidade. Este estudo destaca sua relevância na engenharia civil, especialmente em relação à segurança das pessoas e à prevenção de desastres ambientais, como deslizamentos de terra. Por meio de uma revisão bibliográfica, investigamos os métodos técnicos e procedimentos envolvidos na estabilização de taludes em projetos de construção civil. O objetivo é coletar informações técnicas, regulatórias e práticas que possam auxiliar profissionais e acadêmicos da engenharia civil a reconhecer a importância de estudos e projetos adequados para garantir a estabilidade desses taludes.

2182

**Palavras-Chave:** Encostas. Contenção. Estabilidade.

**ABSTRACT:** The formation of slopes can be the result of natural processes or human interventions. These slopes in mass-constraining surfaces, whether due to deforestation or deliberate actions, can present stability challenges. This study highlights its relevance in civil engineering, especially in relation to people's safety and the prevention of environmental disasters, such as landslides. Through a literature review, we investigated the technical methods and procedures involved in stabilizing slopes in civil construction projects. The objective is to collect technical, regulatory and practical information that can help civil engineering professionals and academics to recognize the importance of appropriate studies and projects to guarantee the stability of these slopes.

**Keywords:** Slopes. Containment. Stability.

<sup>1</sup>Mestrado em Materiais, Universidade de Vassouras.

<sup>2</sup>Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas de Engenharias. Universidade de Vassouras.

<sup>3</sup>Graduando de Engenharia Civil, Universidade de Vassouras.

<sup>4</sup>Graduando de Engenharia Civil, Universidade de Vassouras.

<sup>5</sup>Graduando de Engenharia Civil, Universidade de Vassouras.

## INTRODUÇÃO

Problemática da instabilidade de taludes e deslizamentos em encostas e declives é uma preocupação latente no cenário nacional atual. Esses desafios estão intrinsecamente ligados às características do solo, sobretudo à perda de solo devido a processos erosivos, à degradação decorrente da manutenção inadequada e à presença de áreas urbanas ou empreendimentos de construção civil (DUTRA, 2013).

A raiz desse problema reside na necessidade de aprofundar nosso entendimento das propriedades do solo, que desempenha um papel fundamental na superfície terrestre. Esta camada superficial abriga o desenvolvimento da vida, incluindo seres humanos, plantas e microorganismos, bem como a fauna (ORTIGÃO, 2007).

A análise aprofundada das peculiaridades, características e estruturas do solo, muitas vezes imperceptíveis a olho nu, é essencial para uma compreensão minuciosa de sua capacidade e estabilidade. Isso se torna particularmente crucial em projetos de estabilização de taludes (LEPSCH, 2002). Nos centros urbanos, o trabalho irregular, frequentemente desprovido de licenças ambientais e regularização fundiária, contribui para a situação de risco, agravada por eventos climáticos extremos, como chuvas intensas.

2183

Determinadas áreas, devido às suas características geológicas e topográficas, são mais suscetíveis a deslizamentos de terra. O ponto central é a necessidade de realizar estudos aprofundados e implementar projetos técnicos adequados para essas situações. Isso se aplica tanto a grandes empreendimentos públicos quanto a obras privadas que envolvam taludes, com o objetivo de assegurar não apenas a estabilidade dessas estruturas, mas também a segurança das vidas humanas e a preservação da qualidade ambiental dos ecossistemas envolvidos (ORTIGÃO, 2007).

### **Impacto dos deslizamentos**

Esses deslizamentos são uma ocorrência comum em cidades brasileiras e em rodovias, resultando frequentemente em devastação significativa e enormes prejuízos econômicos, incluindo perdas de vidas humanas. Isso reforça de maneira incontestável a importância crucial desse tópico, sublinhando a urgente necessidade de avaliar os métodos empregados para garantir a estabilidade dos taludes. Essa avaliação não

apenas amplia a segurança e a economia, mas também reforça a confiabilidade, particularmente no uso do solo.

O propósito fundamental é estabelecer um contexto abrangente para esse tema, compilando informações técnicas, regulatórias e práticas que possam ser valiosas para profissionais e pesquisadores da engenharia civil, com o intuito de sensibilizar para a importância de pesquisas e projetos bem elaborados para a estabilização de taludes.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Formação dos Solos

De acordo com Vargas (1977), o solo é definido como um material formado pela agregação de partículas sólidas resultantes do processo natural de erosão das rochas. Esse processo ocorre de duas maneiras distintas: pela desintegração mecânica ou pela decomposição química. Portanto, é crucial destacar que o solo é composto por partículas com variados tamanhos, formas e composições químicas, as quais determinarão as propriedades individuais do solo.

Conforme Ortigão (2007), o solo, tal como o conhecemos e observamos facilmente, compõe a camada mais superficial da crosta terrestre, e é nessa camada que ocorre o desenvolvimento da vida, especialmente de plantas e microorganismos, além dos próprios animais. A diversidade dos tipos de solo está intrinsecamente relacionada à topografia, ao material de origem, à vegetação e à presença de diferentes organismos no solo. Portanto, dependendo dos fatores que afetam o processo de intemperismo, os solos correspondentes podem apresentar propriedades físicas, químicas e físico-químicas específicas, assumindo assim características distintas.

De acordo com as orientações da EMBRAPA (2006), a natureza dos solos pode variar consideravelmente dependendo da região e do tipo de formação. Eles podem ser argilosos ou arenosos, com tonalidades que vão do vermelho ao amarelo, e podem conter maior ou menor quantidade de matéria orgânica. A espessura, a homogeneidade e a estrutura dos solos também podem variar amplamente, resultando em diferentes categorias.

O processo de formação dos solos é denominado pedogênese, sendo um processo gradual que depende de fatores externos, como o clima, a influência da água

e do vento. Em alguns casos, esse processo pode levar centenas ou até mesmo milhares de anos para ser concluído, conforme mencionado por Ortigão (2007).

Pena (2018) destaca que a pedogênese ocorre a partir da transformação das rochas-mães, com as características químicas e minerais presentes na rocha sendo transferidas para o solo resultante. No entanto, o solo continua a ser modificado devido às influências das atividades dos seres vivos e outros elementos, o que acrescenta características únicas ao tipo de solo em questão. É importante ressaltar que as características do solo estão intrinsecamente ligadas ao material de origem, ao relevo, à presença de organismos vivos, ao clima e ao tempo, sendo esses os fatores determinantes para a sua formação.

### **Estrutura dos Solos**

Na compreensão da estrutura dos solos, distinguem-se duas categorias fundamentais: as primárias e as secundárias. As estruturas primárias são segregadas, enquanto as secundárias consistem em grupos de estruturas primárias que se mantêm unidos por um aglomerante. Os principais aglutinantes nesse contexto incluem ferro, sílica e matéria orgânica.

Conforme observado por Pinheiro (2009), esse arranjo resulta na formação de agregados, também chamados de pedos, que são unidades estruturais individualizadas, separadas umas das outras por superfícies de ligação mais fracas. Para descrever a estrutura do solo, três características são cruciais: o tipo (que pode ser estratificado, prismático, colunar, bloco angular, bloco subangular e granular), o tamanho (variando de muito pequeno a muito grande) e o grau de desenvolvimento (que pode ser solto, fraco, médio ou forte).

De acordo com Ortigão (2007), a configuração da estrutura do solo pode variar amplamente dependendo do tipo. Alguns solos apresentam uma estrutura em camadas, onde o solo está organizado em agregados que têm dimensões horizontais maiores do que verticais, criando uma aparência semelhante a uma pá, com uma espessura que não ultrapassa o comprimento. Estruturas laminares como essas são mais frequentes nas camadas superficiais do solo, mas também podem ser encontradas em camadas mais profundas. Além disso, há a estrutura prismática, na qual o solo é organizado em agregados com dimensões verticais maiores que as horizontais,

resultando em uma estrutura prismática com topo plano ou arredondado. Esse tipo de estrutura é mais comum em horizontes subsuperficiais, especialmente em solos argilosos.

Lepsch (2002) relata que as estruturas de bloco são outro critério para classificar os tipos de solo. Essas estruturas se caracterizam por terem dimensões quase idênticas em três dimensões, ou seja, altura, largura e espessura quase iguais em tamanho. Podem ser subdivididas em cantos de blocos de borda, onde as laterais da estrutura são mais definidas, e cantos sólidos subangulares, quando as faces da estrutura são menos distintas e mais arredondadas. Estruturas de bloco são mais frequentemente encontradas em horizontes subterrâneos e exibem características mais acentuadas de formação do solo.

**Tabela or:** Elementos formativos e significados dos nomes das classes.

CLASSE DE ELEMENTO FORMATIVO	TERMO DE CONOTAÇÃO E MEMORIZAÇÃO
Argissolo - Argi - Argila	Acumulação de argila com atividade baixa ou com atividade alta conjugada com concentração de alumínio trocado.
Cambissolo - Cambi - Cambiare	Trocar ou mudar. i horizonte B incipiente, ou seja, ainda não totalmente transformado, seja pela presença de matérias primários intemperizáveis ou por atividade da argila alta.
Chernossolo - Chern - Preto	Rico em matéria orgânica e alta saturação por bases.
Esposossolo - Espodo - Spodos	Cinza vegetal. i horizonte B espocúco, ou seja, com concentração de matéria orgânica ou sesquióxidos.
Gleissolo - Glei	Horizonte de cores cinzentas decorrentes decorrentes de hidromorfismo.
Latossosolo - Lato - Lat	Material muito alterado. Horizonte B latossólico.
Luvisso - Luvi - Luere	Acumulação de argila conjugada com argila de atividade alta e saturação por bases elevadas.
Neossolo - Neo - Novo	Pouco desenvolvimento pedogenético.
Nitossolo - Nito - Nitidus	Solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico de argila de atividade baixa, profundo e muito profundo.

Organossolo - Organo	Solos pouco evoluídos com preponderância de características associadas ao material orgânico, coloração preta, cinzenta, muito escura ou brunada. H – SOLO – HIDROMÓRFICOS OU O.
Planossolo - Plano - Planus	Plântico, ou seja, com horizonte adensado e permeabilidade lenta ou muito lenta, cores acinzentadas ou escurecidas, neutras ou próxima delas.
Plintossolo - Plinto - Plinthus	Solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa em sua maioria, possui atividade de fração argila baixa.
Vertissolo - Verti - Verteri	Solos minerais não hidromórficos ou com séria restrição temporária à percolação de água. Inverter horizonte vértico.

**Fonte:** Adaptado de Embrapa (2006).

## Imagens taludes



**Figura 1:** Imagem de ruptura de talude por escoamento

**Fonte:** Adaptado de Gerschocovit (2009)

**Figura 2:** recuperação do talude com solo grampeado



**Fonte:** SOLOFORTE (2019)

## Estabilidade do Solo

De acordo com o trabalho de Limas (2007), são destacadas as características de cada tipo de solo frequentemente empregadas como critérios para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo.

Megale (2011) salienta que processos sintéticos que afetam a estabilidade do solo compreendem sequências envolvendo argila, ferro, alumínio e matéria orgânica, que formam variedades de solo adequadas e atuam como agentes aglutinantes. Esses mecanismos funcionam como meios de união das partículas do solo, incrementando, assim, a coesão e, conseqüentemente, a estabilidade do solo, mesmo em terrenos íngremes.

Silva (2006) observa que a estabilidade desses agregados se reflete na resistência à ação mecânica, na capacidade do solo de suportar forças de compactação e na habilidade de preservar a estrutura do solo. Agregados e a estabilização do solo podem ser avaliados como critérios comuns que podem apoiar as práticas agrícolas adotadas.

Bastos (2009) descreve a erosão do solo devido à degradação ocasionada por fatores como geleiras, rios, mares, vento e escoamento superficial. A topografia inclinada, o tipo de cobertura vegetal e o manejo do solo são elementos que contribuem para esse processo de erosão.

Megale (2011) ressalta que esses fatores também podem se manifestar como efeitos das gotas de chuva e fluxos de água concentrados, que aumentam progressivamente até que as perdas materiais alcancem o leito rochoso, tornando-se difíceis de remediar após o seu desenvolvimento.

Luiz (2010) menciona a capacidade dos elementos de gerar e transportar sedimentos de um ponto a outro, resultando na formação de crateras profundas que alcançam o nível superficial do lençol freático, levando à perda de solo, à degradação de córregos e à deposição de rios.

Siqueira (2007) relata que fatores que afetam a erosão do solo, como abrasão, transporte e deposição superficial, são processos naturais no ambiente, mas atividades humanas podem acelerar esses processos. No entanto, de acordo com o autor, a degradação do solo leva à perda de partículas, nutrientes, sementes e matéria orgânica, bem como à diminuição da biodiversidade e da atividade da biota, contribuindo para a compactação do solo, perda de produtividade e estabilidade.

Megale (2011) destaca que em projetos de construção de estradas, barragens, subestações e em empreendimentos que alteram a paisagem, a terraplanagem é necessária, o que envolve a exposição das camadas do solo, remoção da cobertura vegetal nativa e alteração da forma e inclinação da superfície. Isso expõe as encostas a mudanças de temperatura e umidade, resultando na formação de deslizamentos e erosão.

### **Análise de Contenção**

Conforme Hashizume (2006), a análise de contenção de taludes incorpora vários fatores, muitos dos quais podem influenciar diretamente na escolha do método a ser empregado em cada situação. Tanto a viabilidade técnica quanto a praticabilidade, sobretudo os custos de implementação, devem ser considerados ao selecionar o tipo de contenção apropriado para uma determinada situação. É aconselhável consultar especialistas em engenharia, de preferência geotécnicos, para determinar uma abordagem consistente nessa escolha.

### **METODOLOGIA**

A metodologia de pesquisa desempenha um papel fundamental na planificação, organização, execução e relato das atividades de pesquisa. Em outras palavras, ela facilita a comunicação dos resultados da investigação. Nas palavras de Goldenberg (2005, p. 105), "metodologia significa, etimologicamente, o estudo dos caminhos a serem seguidos e dos instrumentos a serem utilizados para realizar a ciência."

A abordagem metodológica adotada neste estudo é uma revisão de literatura com enfoque qualitativo. Conforme Gil (2011), esse método envolve a análise de material já existente, principalmente artigos científicos, e é definido como uma estratégia de "Pesquisa explicativa" para a elaboração e apresentação dos resultados. No entanto, é importante ressaltar que a metodologia não deve ser vista como um processo rígido e previsível, uma vez que, ao adentrar no campo da pesquisa, podem surgir novos questionamentos e possibilidades que levem à revisão ou adaptação das etapas da metodologia. Portanto, ao escolher uma metodologia de investigação, é essencial manter flexibilidade para eventuais ajustes durante o desenvolvimento da pesquisa.



## ANÁLISE E DISCUSSÃO

Este estudo, de natureza bibliográfica, fornece dados relevantes sobre os custos associados à implementação de sistemas de proteção de taludes, particularmente em áreas próximas a rodovias. Esses dados são valiosos para auxiliar profissionais na tomada de decisões nesse campo. Essa análise contribuirá para a escolha do método mais apropriado em cada situação específica.

## CONCLUSÃO

O estudo realizado demonstra que as encostas podem ser formadas por processos naturais ou artificiais. Os processos naturais resultam da influência da chuva, vento e radiação solar. Por outro lado, encostas artificiais são criadas por meio da construção de plataformas e barragens.

As propriedades do solo desempenham um papel fundamental na contenção e são comumente utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e as técnicas empregadas na contenção.

Deslizamentos e movimentações de rochas geralmente são causados pela diminuição da resistência interna do solo devido a movimentos no maciço ou pelo aumento das tensões externas sobre a rocha. Portanto, o estudo e controle da estabilidade de taludes são de extrema importância para obras civis, sejam elas públicas ou privadas, tais como construção de rodovias, ferrovias, barragens e habitações.

Os principais desafios em encostas rodoviárias incluem erosão de valas e erosão diferencial, erosão de plataforma longitudinal, erosão relacionada à drenagem, falhas superficiais, deslizamentos causados por declives acentuados, descontinuidades e saturação de maciços. Além disso, há problemas como avanço da erosão, questões de fundação e no corpo da barragem, passagens de cursos de água e problemas no sistema de drenagem.

As técnicas de estabilização de taludes também devem levar em consideração a seleção de fatores de segurança adequados para diferentes configurações, permitindo a aplicação de abordagens mais conservadoras em áreas propensas à instabilidade.

## REFERÊNCIAS

**DUTRA, V. A. de S.** Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural. Monografia. 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. 89f.

**EMBRAPA.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

**HASHIZUME, S. H.** Caracterização técnica e indicadores de custos de sistemas de contenções do solo na construção de edifícios. São Paulo, 2006. 135p.

**LEPSCH, I. F.** Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

**MEGALE, S. M. C.** Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais para revegetação e estabilização de taludes. Itajubá, 2011. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0038929.pdf>> Acesso em: 28. Mai. 2023.

**ORTIGÃO, J. R. A.** Introdução a Mecânica dos Solos dos Estados Críticos. São Paulo. 2007.

**PENA, R. F. A.** "Solo". Brasil Escola. Disponível em. Acesso em: 12 mai. 2022.

**SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G.** Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.579- 585, 2006.