

# TÉCNICAS E MÉTODOS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO PARA CONTROLE DE EROSIÃO EM TALUDE DE CORTE

Lucas Costa de Miranda<sup>1</sup>

Mychayanny de Almeida Santiago<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho aborda o processo erosivo causado por fatores intempéris. Descreve as etapas de uma erosão, suas características, quantidade de perdas de solo através da equação Universal de Perdas de Solo, que neste caso de uma forma conjunta reúne as influências de vários fatores que interferem na erosão. Com isso apresenta-se o acontecimento desse procedimento em talude de corte, que no caso sofrem com a remoção da camada superficial de solo e a cobertura vegetal. Desta forma destaca-se a necessidade de analisar um exemplar de proteção para talude de corte, são exibidos então, com maior destaque, alguns métodos de proteção de talude de corte contra erosão, salientando suas importantes características, desvantagem e vantagem, além dos procedimentos das execuções de soluções. Através de uma pesquisa de cunho qualitativo, onde desenvolveu-se pesquisa bibliográfica com objetivo metodológico exploratório afim de comparar e categorizar os processos de proteção e estabilização mais adequados para cada situação. Foi possível verificar que a escolha por uma determinada solução vai depender da análise de uma série de fatores e condições, que nortearão o engenheiro para a solução mais aplicável e que os custos e a inclinação máxima de taludes são pontos relevantes e determinantes neste aspecto.

**Palavras-chave:** Processos. Erosivos. Talude

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Civil na Laureate International Universities (UNINORTE). E-mail: mirandalucas\_@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC).  
Cursando MBA em Gestão de Projetos pela Universidade de São Paulo (USP). Especialista em: Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MINAS); Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Avaliadora imobiliária pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO) curso de extensão em Engenharia Legal, Avaliações e Perícias. E-mail: mychayanny@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

As diversidades de processos erosivos que fazem com que os taludes excedam a sua resistência em diversas condições o que está diretamente relacionado às propriedades do solo, características da chuva, existência e tipo de cobertura vegetal do solo, práticas de uso e manejo do mesmo e características físicas do maciço e padrões de inclinação estabelecidos empiricamente.

Deste modo, quais os métodos e técnicas de proteção e estabilização mais adequados para controle de erosão em talude? Nisto, este trabalho visa analisar estes fatores.

Sendo os processos erosivos um fenômeno natural, a erosão e a consequente deposição, segundo Guerra e Jorge (2013), são primordiais para a manutenção da fertilidade natural dos solos. Porém as influências humanas sobre o solo interferem diretamente causando erosões aceleradas.

Nesse sentido, reafirma-se a necessidade de entender o processo erosivo, os movimentos de massa e outros processos de degradação dos solos, não apenas do ponto de vista dos fatores controladores e das suas principais características, mas de diversas formas que tais processos possuem de relacionamento com a questão ambiental social e econômica (GUERRA; JORGE, 2013).

Após ponderar as características dos processos erosivos, inicia-se a concepção das obras de contenção e a elaboração do projeto executivo, de maneira a garantir a eliminação das causas ativas do desenvolvimento das erosões. Nisto tem-se a estabilização dos taludes os mesmos “são obras complementares com a finalidade de proteger os taludes resultantes, contra a erosão promovida pelas chuvas e contra possíveis escorregamentos” (FILHO, p. 81, 2015). Realizadas através de serviços de terraplenagem (cortes com bermas e aterros) e medidas de proteção superficiais através da revegetação são consideradas as soluções mais adequadas para cada tipo de instabilidade erosiva do solo.

Tendo isto, a metodologia bibliográfica qualitativa exploratória, adota estratégias que dialogam de forma direta com a temática da pesquisa, afim de interpretar os dados de forma reflexiva e sistemática.

O estudo desta instância é pertinente, pois corrobora para o fortalecimento do curso de Engenharia civil em Manaus. Pois a construção civil, vista como a principal agente modificadora do meio ambiente, é imprescindível no dever crucial de combater o impacto

ambiental utilizando métodos corretivos após o término das obras e expandindo técnicas de contenção para estabilização de taludes minimizando as possibilidades de erosão.

## **2 O PROCESSO EROSIVO**

A paisagem não é estática, muito pelo contrário, é constantemente alterada, seja por influência humana, em virtude de sua ocupação ou entrada em determinado ambiente, ou mesmo por processos naturais, tal como terremotos, intempéries, furacões.

É nesse âmbito que se encontra a erosão, processo que modifica a paisagem. Segundo Guerra et. al. (1999) “o processo tende a acelerar a medida em que mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e/ou para a produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno”. O que destaca a principal característica que é o transporte das partículas do solo.

A erosão pode ser causada por diferentes agentes, sendo mais comuns as que estão relacionadas à ação do vento e da água da chuva. Apesar de trata-se de um processo natural, sua ocorrência pode ser intensificada e acelerada pela ação antrópica e para evitar a ocorrência é necessário que se conheça a dinâmica erosiva e suas variações.

De forma geral, a erosão é entendida como o processo de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, causado pelos agentes erosivos. Ela ocorre quando o potencial de transporte do agente erosivo é superior ao limite de agregação das partículas de solo, separando-as umas das outras e permitindo seu transporte (RODRIGUES; CRUZ; PINESE, 2008).

### **2.1 Erosão Hídrica**

Dadas as características peculiares do solo brasileiro, influenciados pelo clima tropical e subtropical, as más condições de origem geológica e/ou terrenos acidentados topograficamente, os fatores de desgastes dos pavimentos são variados e muitas vezes interferem da fertilidade do mesmo.

A erosão hídrica apresenta-se como a de maior ocorrência e maior distribuição espacial na superfície terrestre. (HASSET E BANWART apud GUERRA et al, 2012). A erosão hídrica, é um dos fatores de desgaste do solo que é acelerado pelas práticas

inadequadas de agricultura no Brasil, mas também um problema que requer atenção em todos os países.

O que reforça a ideia de que, segundo Bertoni e Neto (1990) a ciência agrônoma brasileira, demonstra que a conservação da integridade produtiva do solo pode ser assegurada com aplicação de medidas simples, exequíveis e econômicas de manejo do solo, como o talude de corte.

## **2.2 Erodibilidade do Solo**

A erodibilidade do solo é tida como a suscetibilidade do mesmo em acontecer erosão, ou seja, sua maior ou menor possibilidade em sofrer o desprendimento de partículas. Ela é resultado da conjuntura dos processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação e transporte das partículas.

Dessa forma, a erodibilidade está diretamente relacionada às características do solo, na qual se destacam a distribuição e o tamanho de suas partículas, estabilidade estrutural, teor de matéria orgânica, textura, constituintes químicos e a natureza dos minerais argílicos presentes no solo. A maior parte desses fatores pode ser controlada ou alterada, com isto a erodibilidade do solo também pode ser modificada. Como destaca Freire (1974) a erodibilidade passa a ser fator dominante na escolha das práticas conservacionistas a serem aplicadas, em virtude da possibilidade de associar uma possível solução às características do solo que precisam ser melhoradas.

Das propriedades do solo, a granulometria é sem sombra de dúvida a mais estudada quanto à sua relação com a erodibilidade (SANTOS 2006). Apesar de grandes partículas de areia resistirem bem ao transporte, o silte e a areia fina são mais propícios à desagregação e deslocamento. E os solos com maior concentração de argila tem a tendência a serem mais resistentes à erosão.

Estudos desenvolvidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC) e pelo Laboratório Nacional de Angola sobre a erodibilidade de solos tropicais, envolvidos principalmente em obras de corte de estrada, destacam também a granulometria como fator determinante para a menor ou maior disposição. Castro e Santos (1985 apud BASTOS, 1999) trabalharam com 26 diferentes amostras de solo de formação terciária nos arredores de Lisboa, verificando propriedades, químicas, físicas e mineralógicas e comparando-as com os resultados de erosão frente a ensaios de Inderbitzen e observações de campo. Foram analisados o peso específico, limites de Atterberg, granulometria,

compactação, curvas de sucção, índice CBR, expansibilidade, equivalente de umidade, limites de absorção, teor de CO<sub>2</sub> e matéria orgânica e os principais minérios constituintes. Os resultados mostraram que a expansibilidade e a curva granulométrica são as características de maior influência na questão da erodibilidade.

Meireles (1967 apud BASTOS, 1999) em suas pesquisas na Angola, associa ainda a erodibilidade do solo à sua característica de plasticidade, no qual solos fortemente erodíveis apresentam baixa plasticidade, com limite de liquidez inferior a 21% e índice de plasticidade  $IP \leq 8\%$ . Quanto a curva granulométrica, foi utilizado parâmetro da porcentagem passante na peneira #200, onde solos com forte erosão mostravam valores menores ou iguais a 20%. Para solos com possibilidade de forte erosão, esse valor concentrava-se entre 20% e 40% e solos com pequena possibilidade de forte erosão apresentavam porcentagem passante na peneira #200 maior ou igual a 40%. Destacam-se alguns meios para determinação da erodibilidade, seja para realização em laboratório ou em campo.

O Ensaio de Inderbitzen (1961) constitui uma das maneiras de determinar diretamente a erodibilidade de certas composições de solos, é um dos mais utilizados devido ao seu grau de simplicidade. Seu fundamento baseia-se na simulação do escoamento superficial, a uma dada vazão e inclinação da amostra, analisando os intervalos regulares de tempo e as perdas de solos sofridas. A superfície da amostra coincide com o plano de inclinação variável, por onde passa um fluxo de vazão constante. Com o ensaio é possível verificar o comportamento do solo frente a um escoamento superficial, além de averiguar a influência de fatores como a compactação do solo, vazão, duração do fluxo e declividade de rampa, em grandes casos, os resultados são apresentados na forma de curvas da perda de solo versus tempo, bem como velocidade de erosão versus tempo. O ensaio vem sofrendo mudanças e melhorias ao longo do tempo, propostas por diversos autores a fim de aproximá-lo da ainda mais da situação real.

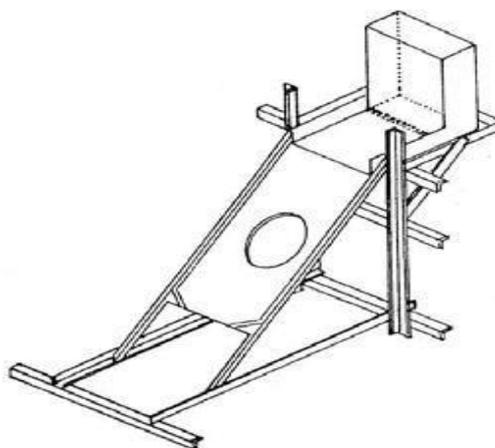


Figura 1: Ensaio de Inderbitzen. Fonte: Fonseca e Ferreira, 1981 apud Bastos, 1999.

### 2.3 Formação de Voçorocas

A voçoroca constitui-se o estágio mais avançado da erosão. Ocorre devido ao fluxo de água e desprendimento constante de material, por longos períodos de tempo num mesmo canal.

A remoção de partículas e o volume de enxurradas são tais que geram canais de grandes proporções mais ou menos verticais. As cabeceiras sofrem remoção de material devido à grande concentração de água, e ao longo do canal é possível observar os desmoronamentos das paredes do canal em função do fluxo de água (GUERRA et al, 1999). Quando o material do subsolo é mais resistente, as voçorocas apresentam as paredes em forma de V.



Figura 2: Formação de sulcos e voçorocas. Fonte: LIMA, 2003 apud CHUQUIPIONDO, 2007.



Figura 3: Voçoroca. Fonte:<http://conservandoosolo.blogspot.com/2012/05/formacao-de-vocorocas-soloscom.html> acesso em 29 de setembro de 2018, às 11:54hs.

## **2.4 Fatores de Influência na Erosão**

### ***2.4.1 Infiltração***

O potencial de infiltração da água varia muito conforme o tipo de solo, a declividade da superfície, o tempo entre uma precipitação e outra. Ele pode se alterar também durante a precipitação, em função do volume de água já infiltrado, ou seja, do grau de saturação do solo. Aqui também se faz importante o fator cobertura vegetal, que contribui para aumentar a taxa de infiltração.

Quando a água encontra resistência para sua penetração nas camadas de solo (seja pela saturação do solo ou por sua selagem) vai se acumulando na superfície deste e formando poças (GUERRA et al, 1999).

A erosão acontece devido à interação de diversos fatores, que influenciam e contribuem de maneira diferente neste processo. Esses fatores estão ligados às características da chuva incidente (frequência, intensidade, tamanho das gotas de chuva), tipologia do solo (capacidade de resistir à erosão) e da área em questão (cobertura vegetal, declividade e comprimento do declive). Cada um deles tem sua parcela, maior ou menor, no processo erosivo.

Estes mesmos fatores são divididos em forças ativas e passivas. As ativas incluem as características da chuva, a declividade e o comprimento de declive. Já a resistência do solo à erosão e a cobertura vegetal formam o grupo de forças passivas.

As gotas da chuva conforme seu tamanho e energia cinética são responsáveis pela ruptura do material e seu transporte por salpicamento (splash). A declividade e o

comprimento de rampa interferem na velocidade de escoamento da água (velocidade da enxurrada) e no volume de água infiltrado.

O solo, de acordo com suas características físicas e químicas, apresenta diferentes níveis de suscetibilidade à erosão. A cobertura vegetal contribui reduzindo o impacto das gotas da chuva, além de diminuir a velocidade do escoamento, pela criação de obstáculos ao fluxo e auxiliar no aumento do volume infiltrado, por meio dos biocanais (raízes).

Conhecer cada um destes aspectos e como agem é importante, mesmo que não interfiram de forma direta, grande parte deles podem ser alterados e controlados, permitindo soluções e recuperação de área.

#### ***2.4.2 Chuva e Erosividade***

A chuva é um dos principais fatores que interfere e implica no processo erosivo. Sua influência pode ser notada desde o momento no qual as gotas tocam a superfície terrestre até o desenvolvimento da enxurrada e transporte de material.

Como destaca Lal (1988 apud VITTE e MELLO, 2007) a energia cinética da chuva é um dos agentes fundamentais do início da erosão. O impacto das gotas de chuva e consequente desprendimento de material compõem as principais causas da erosão pluvial (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990 apud NETO et al, 2007).

A água ao incidir sobre a superfície (dotada ou não de cobertura vegetal), exercendo pressão e forças de cisalhamento sobre o material, desprende partículas de solo. Parte do volume da chuva infiltra e outra parcela escoia superficialmente. O escoamento transporta o material desagregado e é responsável por desprender mais volume de partículas durante seu desenvolvimento e formação de enxurradas.

O volume de material desagregado depende da chuva incidente e das características do solo e relevo (com que facilidade determinado solo tende a sofrer erosão, inclinação e declividade de rampa, entre outros). Dessa maneira, é importante ressaltar que uma boa análise do processo erosivo envolve uma análise combinada de todos esses fatores.

Ao “fator chuva” associa-se o parâmetro erosividade, que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão, em virtude de seu impacto e escoamento superficial. No seu processo de quantificação são relevantes informações da precipitação média mensal e anual, intensidade, duração e frequência das chuvas. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante, quanto maior a intensidade da chuva, maiores as perdas de solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

A intensidade é definida como o volume de chuva em determinado intervalo de tempo, juntamente com a duração (período de tempo em que acontece a precipitação), indica a chuva total. Por fim, a frequência diz respeito ao intervalo de tempo entre uma precipitação e outra.

O potencial de erosão da chuva, conforme Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), pode ser associado à perda de solo por unidade de área que se espera de uma determinada chuva caindo em uma região completamente desprovida de cobertura e resíduos vegetais, mas que é submetido aos mesmos procedimentos de um solo cultivado.

O estudo da força com que a gota de chuva golpeia o solo e a determinação da energia cinética pode ser calculada pela seguinte equação, em que KE é a energia cinética em toneladas-pés/acre-polegada e I é a intensidade da chuva em polegada/hora:

$$KE = 916 + 331 \log I$$

### ***2.4.3 Cobertura Vegetal***

A cobertura vegetal acaba sendo um método de proteção do solo fornecida pela natureza, seus membros são capazes de interceptar as gotas de chuva antes que atinjam o chão, reduzindo o tamanho das gotas e a energia com que atingem o solo, evitando seu impacto direto na camada superficial. Quando retirada, totalmente ou parcialmente, inicia-se a erosão.

Além disso, a vegetação interfere na etapa de escoamento superficial. Com seus troncos e raízes, e até mesmo o material em decomposição, cria obstáculos para o escoamento da água, levando-a a percorrer um caminho mais longo e por vezes sinuosas (a água precisa contornar o obstáculo natural), diminuindo assim sua velocidade de escoamento. A decomposição da vegetação amplia o teor de matéria orgânica, que melhora a porosidade e capacidade de retenção de água.

Há ainda outro fator, as raízes funcionam como biocanais, criando rotas e abrindo caminhos que ampliam a infiltração de água. Aliada às contribuições no escoamento superficial, discutidas acima, há uma melhora no volume de água infiltrada, que escoam com menor velocidade e infiltra mais facilmente.

## **3 EQUAÇÃO DE PERDAS DO SOLO**

A equação universal para perdas de solo é usada com frequência para selecionar o tipo de proteção que mais se adequa, levando em conta os resultados e os custos. Em outros casos ela serve como um instrumento para analisar o impacto causado pela erosão em uma determinada área assim como quantificar a mesma. Na equação apresentada por Smith e

Wischmeier (1958), temos (A) como perda de solo em função de fatores que são levados em conta e associados a erodibilidade do solo, parâmetros da chuva e práticas conservacionistas, declividade, ocupação do solo e comprimento de rampa, nisto temos:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (7)$$

A: Perda média anual de solo por unidade de área (dado em t/ha.ano);

R: fator de precipitação e run-off (erosividade da chuva, em MJ.mm.h/ha.ano);

K: erodibilidade do solo (t/h.MJ.mm);

LS: fator topográfico (referente à declividade, comprimento de rampa e formato do talude);

C: fator de uso e manejo do solo;

P: fator de práticas conservacionistas

Os fatores R e K consistem em grande parte das condições naturais, já os demais fatores (C, P e LS) estão relacionados entre si com a forma de ocupação do solo e o uso do mesmo. Para se ter uns valores com mais exatidão conforme as características do local em estudo, foram desenvolvidos para cada fator softwares e métodos de cálculos onde através destes podemos obter resultados mais satisfatórios. Conforme foi o avanço das pesquisas a equação universal de perdas de solo sofreu modificações, Williams e Berndt (1977 apud Chuquipiondo, 2007) apresentaram a substituição do (fator R) fator de precipitação pelo fator (Rw) fator de escoamento superficial, levando em consideração que este é mais influente que o seu anterior. Agora com a modificação da Equação de Perda de Solo Modificada (MUSLE). O fator Rw avalia a erodibilidade do solo.

## **4 ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

### **4.1 Fator de Erosividade da Chuva (R)**

O fator climático chamado também como termo R está ligado com as propriedades da chuva (erosividade da chuva). a energia potencial da chuva, sua intensidade, frequência e run-off destacam-se entre as propriedades da chuva. A variação dos fatores está associada ao tamanho das gotas de chuva e a velocidade com que elas atingem o solo.

### **4.2 Fator de Erosividade do Solo (K)**

Torna-se complexo quando falarmos da erodibilidade do solo por que é um fator abrangente a se determinar, visto que é levado em conta as variadas características do solo (textura, perfil, granulometria).

Monograma de Wischmeier et al (1971 apud CHUQUIPIONDO, 2007) é uma das maneiras mais aplicadas para se apontar a erodibilidade de um solo. Nesta maneira ele considera a erodibilidade (k) como função da consistência, estrutura, teor de matéria orgânica e permeabilidade do solo. Em contra partida alguns autores salientam que o uso do monograma não é aconselhado quando nos deparamos com solos tropicais no qual o fator K é superestimado. Dernadim (1990) definiu o fator erodibilidade para 30 tipos de solo diferentes em todo o Brasil através de uma chuva natural ou simulada.

#### **4.3 Fator Topográfico (LS)**

O fator topográfico é determinante pois devido à intensidade da chuva e o seu volume irão definir a velocidade da enxurrada a ser desenvolvida. Quando temos uma inclinação grande se torna difícil a água se infiltrar ocasionando uma diminuição no tempo de infiltração, com isso tem-se um volume maior de escoamento superficial.

As grandes inclinações colaboram para um acréscimo no volume de partículas que são removidas e transportadas como é constatado por Bertoni (1959).

### **5 TALUDE DE CORTE**

Talude pode ser descrito como qualquer superfície inclinada, sua origem pode ser natural, quando se dá pela ação geológica e das intempéries (chuva, vento, entre outros) ou artificial, podendo surgir das interferências humanas no meio. É bastante comum o aparecimento de taludes artificiais em obras de estradas, barragens de água ou implantação de construções em terrenos aclives ou declives.

É importante destacar algumas características dos taludes: sua parte mais elevada é conhecida por crista, enquanto que o ponto baixo é chamado de pé, corpo do maciço é a porção interna, na qual se verifica a constituição do talude (proporção de areia, argila e silte) e rede de percolação (rede de fluxo) é o caminho que a água desenvolve dentro do maciço. Além de atentar-se para a altura (desnível entre crista e pé) e inclinação do talude.

Existem ainda dois subgrupos para a categoria de taludes artificiais, os taludes de corte e taludes de aterro. A divisão baseia-se na formação do talude, seja por retirada de material (talude de corte) ou por deposição, terraplenagem ou bota-fora (talude de aterro).

A tabela abaixo resume os diversos problemas relacionados a taludes artificiais e naturais. São destacadas as diversas formas de sua ocorrência e as principais causas de levam ao surgimento do referido problema.

Tabela 1: Erosão como tipos de problemas relacionados aos taludes

TIPO DE PROBLEMA	FORMA DE OCORRÊNCIA	PRINCIPAIS CAUSAS
Erosão	Em talude de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	Deficiência de drenagem
	Longitudinal ao longo da plataforma	Deficiência de proteção superficial
	Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	Interna em aterros (piping)	Deficiência ou inexistência de drenagem interna

Fonte: Adaptação. MARAGON, M. (2009).

Os maciços sob o aspecto genético podem ser agrupados em duas categorias: naturais e artificiais. Estes frequentemente exibem uma homogeneidade mais acentuada que os maciços naturais e, por isto, adequam-se melhor às teorias desenvolvidas para as análises de estabilidade.

Dois outros aspectos elucidativos deste ponto merecem atenção: o primeiro refere-se ao fato de que os taludes naturais possuem uma estrutura particular que só é conhecida através de um criterioso programa de prospecção; o segundo está associado à vida geológica do maciço natural, intimamente ligado ao histórico de tensões sofrido por ele – erosão, tectonismo, intemperismo.



Figura 4: Exemplo de talude natural (em corte) em que se pode observar a sua estrutura particular, associada à vida geológica do maciço, intimamente ligado, entre outras coisas, a ação do intemperismo

São vários os fatores naturais que atuam isolada ou conjuntamente durante o processo de formação de um talude natural e que respondem pela estrutura característica destes maciços. Estes fatores podem ser agrupados em duas categorias:

Tabela 2: Fatores Naturais.

<b>Fatores Geológicos Fatores Ambientais</b>	
<b>Litologia</b>	<b>Clima</b>
<b>estruturação</b>	<b>topografia</b>
<b>geomorfologia</b>	<b>vegetação</b>

Fonte: Acervo Pessoal, 2018.

Os fatores geológicos são responsáveis pela constituição química, organização e modelagem do relevo terrestre; à ação deles, soma-se a dos fatores ambientais. Assim, a litologia, com os constituintes dos diversos tipos de rocha, a estruturação dos maciços – através dos processos tectônicos, de dobras, de falhamento, etc, e a geomorfologia – tratando da tendência evolutiva dos relevos, apresentam um produto final que pode ser alterado pelos fatores climáticos, principalmente pela ação erosiva influenciada pelo clima, topografia e vegetação.

As paisagens naturais são dinâmicas, alterando-se continuamente ao longo do tempo sob a ação destes fatores.

Ao lado destas ações naturais podem surgir as ações humanas que altera a geometria das paisagens e atua sobre os fatores ambientais, mudando ou destruindo a vegetação alterando as formas topográficas e às vezes mesmo o clima; em razão disto, estes maciços diferem bastante dos aterros artificiais cujo controle de “colocação das terras” permite conhecê-los infinitamente melhor.

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Métodos de Proteção e Estabilidade**

Para a análise da estabilidade dos taludes é necessário a quantificação dos coeficientes de segurança contra a erosão. Na hipótese de não se obter o coeficiente de segurança requerido opta-se por soluções como: proteção vegetal, retardamento e impermeabilização. Nos maciços artificiais, além das alternativas propostas, podem auxiliar no processo de majoração destes coeficientes, as escolhas do material constituinte, dos parâmetros de compactação, etc.

As análises de estabilidade em sua grande parte foram desenvolvidas levando em conta a abordagem do equilíbrio limite. Ele se trona uma ferramenta que é aplicada pela teoria da plasticidade para se ter uma análise do equilíbrio dos corpos, que se tem como hipótese: a) existência de uma linha de escorregamento conhecida como: circular, plana, espiral-log ou mista que no caso delimita-se acima dela a porção instável do maciço.

Se a ação instabilizadora é a percolação interna no maciço, devem ser convenientes obras de drenagem profunda e/ou impermeabilização a montante do talude os efeitos da erosão podem ser combatidos com a proteção vegetal, se o deslizamento ocorre por efeito das forças gravitacionais o retaludamento deve ser a primeira opção a ser pensada. Nas obras de estabilização é importante considerar também as soluções mais simples, às vezes, elas são as mais adequadas. As obras mais caras só se justificam quando o processo de instabilização não pode ser mais controlado pelas obras mais simples.

As forças que participam que atuam no solo são as causadoras do deslizamento e as resistivas. Devido a deficiência do equilíbrio limite a relação tensão x deformação é ignorada. Sobre o estudo de um corpo deslizante e o seu equilíbrio tridimensional foram desenvolvidas técnicas para tal, porém são poucos usuais nas suas utilizações ocasionando uma insuficiência no seu desenvolvimento. Outra forma de análise de estabilidade é método da análise limite. Este apresentado, apoiam-se no conceito sobre plastificação do solo agregado a uma situação de fluxo plástico iminente e é levado em conta ainda a curva tensão x deformação do solo. Mesmo o método da análise limite está apresentando uma alta potencialidade não logrou uma propagação entre os meios geotécnicos como era de se esperar, pelo fato de: soluções, geometria, particularidade e o tipo de solo utilizarem métodos matemáticos mais elaborados do que os processos apresentados pelo equilíbrio limite.

### ***6.1.1 Método de Talude Infinito***

Um talude leva esse conceito devido as suas dimensões de grandeza geométrica, espessura e extensão serem muito grande. Neste talude a superfície do terreno é paralela a linha potencial de ruptura como. Podendo ser estratificado ou homogêneo e maciço, entretanto se for o caso de estratos devem ter os planos de acamamentos paralelos a superfície do talude.

Admite-se que quando submetidas a um regime de percolação, as linhas de fluxos serão paralelas a superfícies do terreno. Analisando este problema pelo método do equilíbrio limite é admitido que cunha potencial de deslizamento desloca-se como um corpo rígido. Para uma análise das forças que atuam sobre um elemento de solo do interior deste corpo, as tensões causadoras pelo peso da cunha DCBA sobre a face CD tem como uma força resultante  $w$ , que está atuando verticalmente em um ponto médio do segmento CD. Com essa força se sobressai a reação do resto do maciço sobre a cunha,  $R$ , pelo fato de ser a única força vertical deve-se ter juntamente o mesmo ponto de aplicação de  $w$ . as forças do empuxo lateral  $F_e$  e  $f_d$  em razão do seu oposto, devem ser idênticas e ter linha de ação coincidente.

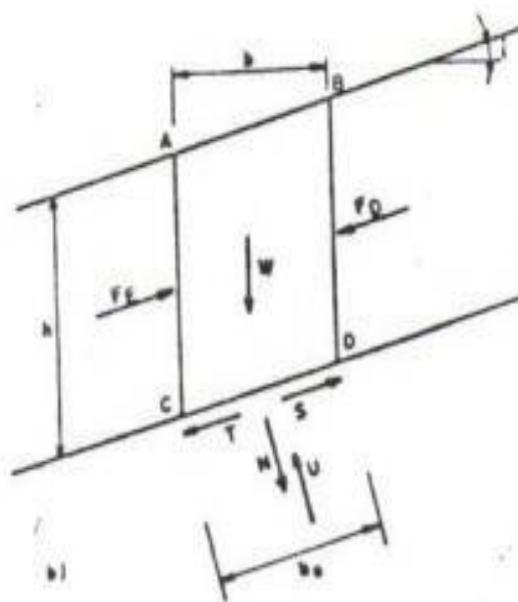


Figura 5: método do equilíbrio limite.  
 Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/4907694/>

### 6.1.2 Concreto Projetado

Concreto projetado é umas das outras formas para proteção contra a erosão. Geralmente seu uso está ligado com a utilização de técnicas para estabilização de talude, como por exemplo a técnica de solo grampeado. Além disso, é normal encontrar tal solução aplicada em talude de corte.



Figura 6: Talude sendo concretado. Fonte : <http://www.cprv.com.br/servicos.html> acesso em 04 de outubro de 2018 as 17:20

Em obras de geotecnia o concreto projetado é umas das técnicas mais aplicadas quando depara-se com a dificuldade para o controle de uma erosão. Devido a sua grande

praticidade é possível seu emprego em áreas de difíceis acesso e regularização. O transporte do concreto (mistura de água, areia, cimento, aditivos e pedriscos) se dar por meio de um mangote do equipamento de projeção até o bico projetor. Então o concreto é projetado sob uma pressão com uma velocidade grande, através de ar comprimido sobre o local a ser concretado. Com isso é ocasionado um impacto do concreto com a superfície do talude, proporcionando sua agregação no mesmo, dependendo das condições do talude o uso do vibrador é dispensado. O resultado é um concreto de alta compactação e resistência (FIGUEIREDO et al, 1993). O processo de proteção de concreto projetado tem a função de proteger a superfície contra os agentes de intempéries, diminuindo a infiltração ocasionando a impermeabilização da superfície e concedendo uma maior resistência à camada superficial, que por sua vez não sofrera com os impactos ocasionados pelas gotas de chuva que com isso ocasiona os desprendimentos das partículas. Através da execução da camada de concreto projetado, está a execução de um devido sistema de coleta de águas superficiais (barbacãs e canaletas) (H MIRANDA, 2011).

As grandes vantagens do concreto projetado levando em conta outras formas de proteção com o uso do concreto, são sua economia em prazos e custos. Como não é necessário o uso de forma na sua execução, se torna dispensado esta fase de montagem, escoramento e deforma, gerando assim uma grande economia com a mão de obra e material.

Com a sua rápida execução na hora da concretagem fica dispensado a utilização de vibradores, tornando assim uma economia maior no tempo da obra sem contar que é de fácil aplicação quando se depara com locais de difíceis acessos e irregulares. Há duas maneiras para execução do concreto projetado, por via úmida ou via seca. A primeira maneira apresentada nos traz opções bem automatizadas e é mais viável para obras de grande porte, devido ao tamanho dos equipamentos e os espaços que são necessários para a manobra dos mesmos. Já a segunda maneira é mais utilizada por que a sua praticidade proporciona isso (através dela se possível parar e recomeçar os trabalhos sem perdas de material ou a limpeza dos maquinários e equipamentos).

No concreto projetado via seca, os componentes sólidos (pó) do concreto são misturados e introduzidos na bomba projetora. A mistura é então transportada pelo mangote e seu contato com a água só acontece no bico projetor no momento do lançamento. A produtividade média dos equipamentos varia entre 3 e 6m<sup>3</sup>/h, o concreto é especificado pelo consumo de cimento e pelo fck (TÉCHNE, 1999).

A projeção via seca apresenta como vantagem um alcance maior, pois o mangote de maior extensão é permitido, o concreto resultante é mais compacto e resistente, o controle da

consistência do concreto é controlado pelo operador no bico projetor e como revestimento primário temos um ótimo resultado. No caso do operário que controla o bico do projetor pode ser caracterizado como uma desvantagem pois nesse processo é ocasionado uma grande mistura (heterogênea).

A qualidade está ligada diretamente com a mão de obra, em muitos casos a mão de obra se apresenta como especializada, mas a má execução do serviço que em questão se torna desvantagem assim como o alto índice de reflexão ocasionado pela (a razão entre o concreto que deixa o equipamento de projeção e o concreto que adere a superfície).

O concreto na projeção via húmida é preparado normalmente com um traço certo e projetado pelos equipamentos. Apresentam menores perdas por reflexão e uma menor quantidade de pós gerado durante a aplicação. Em contrapartida a uma maior dificuldade, quando o traço não está correto. Este sistema tem capacidade média para projeção de 5 a 20m<sup>3</sup>/h e o concreto é especificado pelo fck (TÉCHNE, 1999).

A tabela a seguir apresenta, de maneira bem clara, as diferentes características destes dois métodos com relação uma série de fatores que englobam desde o equipamento necessário até a qualidade final do produto.

Tabela 3: fatores ligação à projeção via úmida e via seca.

<b>FATOR</b>	<b>VIA SECA</b>	<b>VIA UMIDA</b>
1. Equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor investimento total.</li> <li>- Manutenção simples e pouco frequente;</li> <li>- fácil operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos equipamento</li> <li>- Menor desgaste de bico, mangueira e boma para a mesma produção;</li> <li>- consumo de ar até 60% menor</li> </ul>
2. Mistura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Na obra ou na usina possibilidade de utilização de mistura pré-dosadas;</li> <li>- Desempenho alterado pela umidade da areia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Na usina e apurada;</li> <li>- A umidade da areia não interfere no processo.</li> </ul>
3. Produção e Alcance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raramente ultrapassa os 5m<sup>3</sup>/h no campo;</li> <li>- Pode transportar material a maiores distâncias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2-10 5m<sup>3</sup>/h na projeção manual;</li> <li>- Até 20m<sup>3</sup>/h na projeção mecanizada-robô</li> </ul>
4. Reflexão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 15-40% para paredes verticais;</li> <li>- 20-50% para o teto;</li> <li>- Ocorre formação de bolsões de material refletido;</li> <li>- Variação do traço na estrutura por perda intensa de agregado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa reflexão que pode ser menor que 10%;</li> <li>- Não ocorre formação de bolsões me material refletido;</li> <li>- Pequena perda de agregado.</li> </ul>

5. Qualidade	- Alta resistência devido ao baixo fator A/C; - Menor homogeneidade do material; - Depende da mão de obra.	- Maior dificuldade para obter grandes resistências (alto fator A/C); - Maior homogeneidade na qualidade.
6. Velocidade de impacto	- Maior com melhor adesão e facilidade de aplicação no teto; - Maior facilidade de compactação do material.	- Geralmente adequada para empregos em túneis e minas; - Material menos compacto, geralmente.
7. Aditivos	- Em pó adicionados na betoneira ou antes da cuba de alimentação; - Líquidos adicionados no bico de projeção.	- Utiliza-se apenas aditivos líquidos.
8. Poeira e Névoa	- Grande produção de poeira; - Dificuldade de visualização do trabalho; - Formação de ambiente insalubre em túneis (exige ventilação).	- Muito pouca formação de poeira; - Melhor visibilidade; - Pode produzir névoa de aditivo líquido de alta alcalinidade e tóxica, exigindo ventilação.
9. Versatilidade	- Pode ser usada par jateamento de areia, projeção de argamassa, materiais refratários e recobrimentos.	- Pode ser utilizada como sistema de bombeamento convencional de concreto.
10. Flexibilidade	- Facilidade de interrupção com pouca ou nenhuma perda de material. - Ajustável às condições de superfície (em presença de água)	- Exige planejamento cuidadoso para minimizar perdas por interrupção do trabalho; - Apresenta dificuldade de operação em superfície molhada (exige maiores teores de aditivos aceleradores).

Fonte: Figueiredo e Helene, 1993.

O método para execução do concreto projetado é bem simplificado, porem uma falha em qualquer destes itens, pode vir a comprometer toda a projeção. É possível que ela varie conforme as obras os principais objetivos, mas na maioria das vezes segue as indicações a seguir:

- Preparação da área: na maioria das vezes é necessário a limpeza previa do terreno, para remoção de impurezas (substancias que podem contaminar o concreto e presença de óleos) esta fase pode ser executada com a ajuda de jato de agua, ar ou areia (com a devida pressão)

- Execução de chumbadores: está ligada ao emprego das armações no concreto projetado, a função dos chumbadores é garantir uma boa fixação para a armação (na maioria dos casos é usado telas eletro soldadas).
- Execução de chapisco: a sua principal função trazer uma melhor aderência na interface talude concreto
- Posicionamento da armação: quando se utiliza telas soldadas estas são fixadas aos chumbadores. Em algumas situações é substituída a tela soldada por fibras de aço, que são devem ser adicionadas antes da projeção. A armação tem a função de absorver as retrações da massa de concreto e as tensões provenientes da dilatação. Evitando com isso as fissuras que romperiam a impermeabilização imposta pela solução.
- Execução de drenagem: os drenos têm por efeito aliviar possíveis tensões e dar a correta destinação às águas que possivelmente podem chegar a casca de concreto
- Aplicação do concreto: conforme o modelo escolhido, levando em consideração a espessura máxima de concreto que é capaz de ser lançado por projeção e a espessura total de cada situação.

Existem riscos comuns quando se tem a utilização de concreto projetado, em geral estão relacionados à supressão de componentes importantes (chumbadores, drenos e ausência de tela soldada), preparo deficiente da superfície e dosagem inadequada. Tais riscos conseguem provocar sérias consequências, dentre as quais pode-se citar a infiltração de forma generalizada do corpo de concreto, proporcionando a infiltração de água no maciço de terra, ocasionando assim a redução de vida útil e a consequente perda de desempenho a até mesmo a danificação do pé do talude (neste caso é aconselhado a execução de uma vida nessa aérea, a fim de evitar o problema).

O alto nível de reflexão ao empregar o concreto projetado é o incômodo, pois é ele que define a viabilidade econômica da solução, pelo fato, de o material refletido não poder ser mais reutilizado ou projetado novamente. O consumo médio fica em torno de 1,35m<sup>3</sup> de concreto, mais o índice de reflexão (entre 5 e 15% pela via úmida e 15-30% por via seca), para cada 1m<sup>2</sup> de superfície (TÉCNHE, 1999). a inclinação não influencia na aplicação do método do concreto projetado, pois não há uma regra sobre o valor de inclinação máxima desde que este atenda as condições necessárias de estabilidade.

### ***6.1.3 Geomantas***

O método da geomanta é constituído como forma de proteção de um talude baseado na sua cobertura superficial, são sistema de proteção tridimensional ou bidimensional. sua

intenção é gerar um reforço em uma camada de solo para a reduzir os impactos das gotas de chuva e o desprendimento de partículas durante o escoamento. As geomantas diferentemente do concreto projetado, não impermeabilizam os maciços, formando assim um revestimento flexível. Elas podem ser empregadas não apenas em taludes de corte mas a sua aplicação é possível em taludes de canais, cortes de ferrovia e rodovias, taludes de pilha de minério, rios e lagos e em cobertura de aterro sanitário e industriais, entre outros. As mantas sintéticas são utilizadas para fornecer uma proteção ao solo desprevenido de cobertura vegetal. É lançado juntamente com a geomanta um conjunto de sementes que ao germinarem e desenvolverem reforçam a proteção já concedida pela manta, tornando assim a cobertura mais efetiva no combate a erosão.

Em um primeiro momento, enquanto as sementes não se desenvolveram o papel da geomanta é reduzir os impactos das gotas de chuva e ocasionar a dissipação da energia da água durante o escoamento superficial. Fora isto, tem o papel de evitar a perda de umidade do solo, contribuindo no crescimento das sementes. Os seus usos estendem-se ainda à ancoragem das sementes e proteção contra a erosão eólica.

As mantas agem de forma permanente como reforço das raízes, que devido ao crescimento da vegetação é possível a interceptação das gotas de chuva atingirem a camada do solo. Além de desempenhar um reforço das raízes elas também grampeiam a camada superficial do maciço e no mais ajudam ainda no controle da umidade e escoamento superficial (INFRAESTRUTURA URBANA, 2011).

A produção das geomantas se dar a partir de materiais sintéticos enredado de fibras de polímeros (poliamida, polipropileno, policlreto de vinila, entre outros) de alta durabilidade e alta resistência. O seu emprego pode esta relacionado à utilização de estabilização de taludes, um exemplo disto é os solos grampeados.

A geomanta está contida num dos diversos produtos da gama de geossintético, e sua formação é contida por uma malha tridimensional de grande volume de vazio, permitindo assim que a vegetação se desenvolva entrelaçando-se com a mesma.

É largamente empregada em taludes de corte e aterro, canais de irrigação, aterros ou canais de descarga. Deve apresentar resistência UV, resistência à tração e alta durabilidade. Suas especificações são fornecidas em função de algumas de suas características importantes: espessura, durabilidade, porosidade, deformação na ruptura e fotodecomposição e resistência à tração.

Suas principais vantagens, em relação ao concreto projetado, é o custo, que neste caso é bem menor que a solução anterior, cerca de 70% mais barato. Além se adéqua melhor

ao ambiente, proporcionando uma boa integração da obra com o meio ambiente, sem causar tantos impactos ambientais e visuais (SOBRAL, 2011). É considerada solução mais sustentável, com pequenos impactos à natureza e economia de seus recursos.

Podem ser facilmente transportadas pelos funcionários, pelo fato de as geomantas serem uns materiais leves, favorecendo sua fixação e permitindo que seja aplicada em lugares de difícil acesso. Diferentemente das biomantas, pode ser aplicada em ribanceiras de cursos d'água, com inclinações mais críticas (com inclinação de até V:H = 2:1 para revestimentos flexíveis) e fluxos hidráulicos importantes (SOBRAL, 2011).

Além desses fatores, tal método gera resquícios de materiais sintéticos no local e pode contribuir para a disseminação de espécies vegetais não pertencentes à região. A sua instalação obedece alguns pontos importantes, mas não apresenta dificuldades em sua aplicação:

a) **Regularização do talude:** como a maioria dos métodos de proteção, faz-se necessário a regularização da superfície, retirando todos ou quaisquer materiais que possam atrapalhar a execução ou ocasionar incompatibilidade com a solução (tocos de madeira, restos de matérias de construção, entre outros). Além de providenciar uma boa regularização, que permita o melhor posicionamento e adesão da geomanta ao talude. A regularização em grande parte é realizada de forma mecanizada, ou seja, quando as condições de acesso e inclinação do talude permitem.

b) **Posicionamento da geomanta:** São fornecidas na forma de bobinas, as mantas sintéticas. Devem ser posicionadas do topo em direção ao pé do talude, desenrolando a bobina de cima para baixo.



Figura 7: Aplicação da geomanta em um talude. <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/14/artigo256243-1.aspx> acessado em 05 de outubro de 2018 as 16:55h

É importante executar a ancoragem da manta no topo do talude e fixar a manta com grampos metálicos ao longo de sua extensão. A ancoragem poder realizada, como sugerido pelos fabricantes, escavando-se uma canaleta com 30x30 no topo do talude (a aproximadamente 1m de sua crista), fixando o geomanta com grampos metálicos e reenterrando a canaleta com solo compactado manualmente.

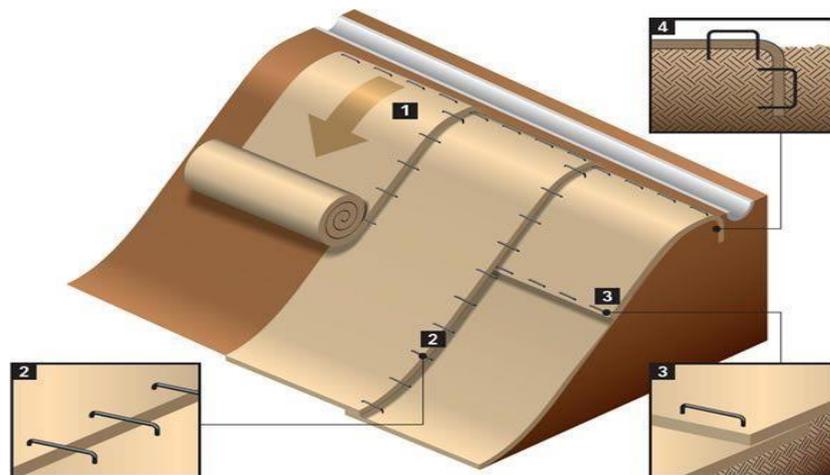


Figura 8: Aplicação de geomanta em talude. <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/14/mantas-contra-erosao-as-especificacoes-para-aplicacao-de-geomantas-256243-1.aspx> acessado em 08 de outubro de 2018

A quantidade de grampos necessária varia conforme a inclinação do maciço, as inclinações mais acentuadas neste caso exigem um grande volume de grampos para uma perfeita fixação. Os fixadores garantem a completa fixação da manta sintética à superfície do talude, evitando assim certas que partes da geomanta se soltem ou ocorram focos de erosão pela não adesão da proteção superficial. Transpasses laterais e longitudinais com 30cm de sobreposição de uma geomanta sobre a outra devem ser previstos e fixados com grampos metálicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das abordagens sobre os aspectos erosivos do solo e métodos de proteção, entende-se que nos projetos de estabilização o fundamental é atuar sobre os mecanismos instabilizadores. Diluindo a causa com obras ou soluções de alto efeito ganha –se tempo e segurança, assim como economiza-se em custo.

Estas causas são complexas, pois envolvem uma infinidade de fatores que se associam e entrelaçam. O conhecimento delas permite ao engenheiro escolher com mais

critério as soluções que se apresentam satisfatórias e até mesmo prever o desempenho destas alternativas.

Além dos métodos apresentados, existem outras diferentes formas eficazes de proteção contra erosão, cada uma com suas características, vantagens e limitações. A escolha por uma determinada solução vai depender da análise de uma série de fatores e condições, que norteará para a escolha da melhor opção. Um dos pontos relevantes e, em certos casos, determinante, é o custo de cada método e a inclinação máxima de taludes a qual devem ser submetidas. Dessa maneira, é apresentado a seguir a inclinação máxima recomendada das soluções exibidas anteriormente.

Nesta questão podem ocorrer variações conforme a característica de cada produto, principalmente no caso de geomanta, que é o oferecido no mercado com uma gama muito grande de variações.

Outro aspecto importante é que cada modelo de proteção exige um nível de manutenção diferente, que pode influenciar na escolha por uma determinada solução. A manutenção pode exigir ações diferentes e com frequências variadas de acordo com o método de proteção. Além de desencadear alguns custos e preocupações a mais.

Apesar das soluções apresentadas serem de largo uso no Brasil, são poucas as referências bibliográficas que trazem o custo da implantação desses métodos. As empresas deste ramo geralmente fornecem os custos por projeto e executam seus orçamentos com base em documentos, plantas e detalhes dos locais da obra, já que cada projeto possui suas peculiaridades. Dessa maneira, os custos, seja no âmbito das proteções contra erosão ou em outras áreas da construção civil, compõe ainda um amplo campo a ser explorado.

## TECHNIQUES AND METHODS OF PROTECTION AND STABILIZATION FOR EROSION CONTROL IN CUTTING SLUDGE

Lucas Costa de Miranda

Mychayanny de Almeida Santiago

### ABSTRACT

This paper addresses the erosion caused by weather factors. It describes the stages of an erosion, its characteristics, the amount of soil loss through the Universal Soil Loss equation, which in this case collectively combines the influences of several factors that interfere with erosion. With this presents the event of this procedure cut slope, in which case suffer from the removal of the surface layer of soil and vegetation. In this way, the need to analyze a cut slope protection example is highlighted, with a greater emphasis on some erosion cut slope protection methods, highlighting its important characteristics, disadvantage and advantage, as well as the implementations of solutions. Through a qualitative research, where a bibliographic research was developed with an exploratory methodological objective in order to compare and categorize the protection and stabilization processes most appropriate for each situation. It was possible to verify that the choice for a given solution will depend on the analysis of a series of factors and conditions, which will guide the engineer to the most applicable solution and that the costs and the slope of the slopes are relevant and determining points in this respect.

**Keywords:** Processes. Erosion. Cut slope

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R. ANDRADE, K. R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. *Scientia Plena*, v. 9, n. 7, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 5 ed. São Paulo: ícone, 2005, 335p.

BRASIL. Departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT). Manual de vegetação rodoviária. Rio de Janeiro: 2009. 129p.

FERNANDES, J. A. Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em SÃO VALENTIM, RS. 2011. 127p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Tecnologia, Santa Maria.

FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. *Revista Verde, Mossoró/RN*, v.5, n.5, (Número Especial) p. 182 – 190, 2010.

FIGUEIREDO, A.; HELENE, P. Concreto projetado: o controle do processo de projeção. São Paulo: EPUSP, 1993.

FILHO, Gerson Salviano de Almeida. Controles de erosão. *Revista Fundações & Obras Geotécnicas*. Ano 5, Março de 2015.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Geomorfologia do cotidiano - a degradação dos solos. *Revista Geonorte, Edição Especial*, v.4, n.4, p.116 –135, 2012.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e Conservação dos Solos; conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

HOLANDA, F. S. R.; BANDEIRA, A. A.; ROCHA, I. P.; FILHO, R. N. A.; RIBEIRO, L. F.; ENNES, M. A. Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos. *R. RAÍÇA*, Curitiba, n. 17, p. 93-101, 2009.

MARAGON, M. Estabilidade de Taludes. In *Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra*. Disponível em: [http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot\\_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf](http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf) Acesso em 29 de setembro de 2018, às 14:58h.

MARAGON, M. Estabilidade de Taludes. In *Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra*. Disponível em:

[http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot\\_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf](http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf) Acesso em 29 de setembro de 2018, às 14:58h.

MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaisse. R. Bras. Ci. Solo, 28:1055-1062, 2004.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v2, n°2, p107- 118, 2007.