



RAMON DE CASTRO P. SILVA

**TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA PARA O CONTROLE DO
PROCESSO EROSIVO EM ENCOSTAS**

INCONFIDENTES
2012

RAMON DE CASTRO P. SILVA

**TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA PARA O CONTROLE DO
PROCESSO EROSIVO EM ENCOSTAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, como parte das exigências para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Profª. Dra. Lucia Ferreira

INCONFIDENTES
2012

RAMON DE CASTRO P. SILVA

**TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA PARA O CONTROLE DO
PROCESSO EROSIVO EM ENCOSTAS**

DATA DE APROVAÇÃO: ____ de _____ 2012.

ORIENTADOR: Prof^ª. Dra. Lúcia Ferreira

MEMBRO: Prof^º. Dr. Ademir José Pereira

MEMBRO: Prof^º. Dr. Miguel Isaac de Toledo del Pino

INCONFIDENTES
2012

A todos aqueles que estiveram presentes nas
minhas conquistas, no galgar da minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por ser a razão maior da minha existência e por me dar forcas em todos os momentos da minha vida; me conduzindo e me guiando no caminho dos justos.

Ao meu pai Donizete Pereira da Silva e minha mãe Valéria de Castro Ribeiro, pela vida, por serem o “alicerce” da minha caminhada, pelo amor dedicado a mim, pelo apoio em todos os momentos com palavras simples e sábias, que tocam profundamente meu coração; sendo exemplos a serem seguidos e que sempre me espelharei.

Ao meu irmão Rômulo de Castro Pereira, por todos os momentos que passamos juntos brincando, brigando, conversando, divertindo. Valeu irmão, te amo muito.

A minha namorada Rafaela Jácomo Baptista, com a qual quero construir uma família linda e feliz. Agradeço por estar sempre presente na minha vida, ao meu lado, no meu pensamento, no meu coração. Pelo imenso amor, que faz bater mais forte meu coração quando a vejo; por todo carinho, companheirismo, amizade, incentivo.

A todos os meus outros familiares e amigos conterrâneos pelo grande incentivo e apoio.

A professora Lucia Ferreira, pela orientação, amizade e pela grande ajuda e contribuição a minha formação.

Aos membros da banca, por aceitarem participar deste trabalho.

A todos os meus amigos e amigas de graduação, pela grande amizade e convivência todos esses anos de aprendizado não só na vida acadêmica, mas também na vida pessoal. Muito obrigado por todos vocês fazerem parte dessa etapa da minha vida.

A todas as pessoas que passaram, estão presentes e que passarão pela minha vida.

RESUMO

A ocupação do solo, quase sempre ocorre sem o devido planejamento, realiza-se de forma desordenada, levando a habitação de áreas inadequadas, acarretando inúmeros problemas erosivos. Para contenção e minimização do processo erosivo, algumas alternativas e tecnologias vêm sendo criadas e utilizadas, com a incorporação da vegetação, estas técnicas são chamadas de bioengenharia de solos. O objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento de alternativas de combate à erosão e contenção de encostas que utilizam técnicas de bioengenharia.

Palavras chave: Erosão, Bioengenharia, Vegetação.

ABSTRACT

The soil use, it almost always occurs without proper planning, takes place in a disorderly way, that leads inadequate housing areas, causing several problems of erosion. For the erosion process be contention and minimization some alternatives have been created and used, with the vegetation incorporation. These techniques are called soil bioengineering. The aim of this study was to find alternatives to combat erosion and slope retention that use this bioengineering techniques.

Key-words: Erosion, Bioengineering, Vegetation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3. MECANISMOS DE INSTABILIDADE E MOVIMENTOS DE MASSA	7
4. UTILIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO COMO MEDIDA DE CONTENÇÃO	10
5. TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS.....	14
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
<u>1. INTRODUÇÃO.....</u>	<u>2</u>
<u>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>2</u>
<u>2.1. Erosão.....</u>	<u>2</u>
<u>2.2. Fatores que atuam nos processos erosivos.....</u>	<u>2</u>
<u>2.2.2. Clima.....</u>	<u>3</u>
<u>2.2.3. Relevo.....</u>	<u>3</u>
<u>2.2.4. Vegetação.....</u>	<u>3</u>
<u>2.2.5. Práticas de manejo e conservação do solo.....</u>	<u>4</u>
<u>2.3. Tipos de erosão.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3.1. Quanto ao agente erosivo.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3.2 . Quanto ao grau intensidade.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3.3. Erosão laminar.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3.4. Erosão em sulcos.....</u>	<u>6</u>
<u>2.3.5. Voçorocas.....</u>	<u>7</u>
<u>3. MECANISMOS DE INSTABILIDADE E MOVIMENTOS DE MASSA</u>	<u>7</u>
<u>3.1. Definição e caracterização dos mecanismos de instabilidade.....</u>	<u>8</u>
<u>3.2. Descrição dos movimentos de talude.....</u>	<u>8</u>
<u>3.2.1. Queda de blocos</u>	<u>8</u>
<u>3.2.2. Tombamento.....</u>	<u>8</u>
<u>3.2.3. Escorregamento.....</u>	<u>9</u>
<u>3.2.4. Fluxos.....</u>	<u>9</u>

3.3. Causas para ocorrência destes tipos de fenômenos.....	10
4. UTILIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO COMO MEDIDA DE CONTENÇÃO	10
4.1. Papel da vegetação.....	11
4.1.2. Efeitos benéficos.....	11
4.1.3. Efeitos negativos.....	12
4.2. Raízes e suas funcionalidades.....	12
4.3. Classificação da estrutura das raízes.....	13
4.4. Escolha das espécies vegetais.....	14
5. TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS	14
5.1. Hidrosemeadura.....	15
5.2. Biomantas antierosivas.....	16
5.3. Geotêxteis.....	18
5.4. Paliçada viva.....	19
5.5. Entrançado vivo.....	20
5.6. Faixas de vegetação.....	21
5.7. Escolha do tipo de técnica de bioengenharia mais adequada.....	22
5.8. Cuidado e manutenção das técnicas de bioengenharia.....	23
5.9. Escolha da vegetação.....	23
5.9.1. Vegetação herbácea.....	24
5.9.2. Vegetação arbustiva.....	24
5.9.3. Vegetação arbórea.....	24
5.10. Durabilidade das técnicas de bioengenharia.....	25
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

SUMÁRIO DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo nas cidades brasileiras em sua grande maioria ocorreram sem a devida consideração de fatores condicionantes, tais como o relevo, tipo de solo, a cobertura vegetal, o que vem acarretando no aparecimento de problemas diversos de várias magnitudes, levando até a ocorrência de tragédias.

Essa ocupação do solo, quase sempre ocorre sem o devido planejamento, realiza-se de forma desordenada, levando a habitação de áreas inadequadas, acarretando inúmeros problemas como: erosões, assoreamentos, escorregamentos, enchentes e grandes possibilidades de risco de vida para a população. Os deslizamentos das encostas são a grande preocupação no Brasil devido a catastróficos prejuízos econômico-sociais e possibilidades de perdas de vida.

A instabilidade de uma encosta em seu estado natural ocorre simultaneamente devido a três fatores principais: características geométricas (forma da encosta), geológicas (tipo de solo e composição das rochas) e pelo ambiente fisiográfico (clima, cobertura vegetal, drenagens naturais entre outros).

Para contenção, sustentabilidade e estabilidade das encostas, algumas alternativas e tecnologias vêm sendo criadas e utilizadas, com a incorporação da vegetação para sua proteção e reforço, estas técnicas são chamadas de bioengenharia de solos. Estas técnicas tem sido utilizadas há séculos, porém, com o aparecimento do concreto, elas foram usadas em menor escala, mas com o novo conceito de sustentabilidade elas retornam para o cenário mundial.

A utilização da bioengenharia pode ocorrer em empreendimentos de diversos tamanhos, pois ela emprega procedimentos considerados simples. O importante para o emprego desta tecnologia é conhecer características peculiares de cada empreendimento, como: clima, inclinação e tamanho e forma da encosta, tipo de solo entre outros. O objetivo do presente trabalho foi fazer um levantamento de alternativas de combate à erosão e contenção de encostas que utilizam técnicas de bioengenharia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Erosão

O conceito de erosão está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno e conseqüente transporte e deposição do material de solo, por processos atuantes na superfície da terra (Bigarella, 2003). Segundo Fendrich et al. (1997), esses processos ocorrem devido a agentes naturais, como águas, ventos, gravidade ou geleiras que podem ser muito agravados por ações antrópicas .

A erosão é compensada pela contínua alteração das rochas, o intemperismo, que resultam na formação dos perfis de solos. O balanço entre intemperismo e erosão, que constitui a formação e a perda do material de solo, nas condições naturais proporciona uma condição de equilíbrio, sendo responsáveis pela forma atual da superfície da terra. Quando se verifica o rompimento desta condição de equilíbrio, tem-se sempre a tendência de um aumento dos processos erosivos, que pode assumir aspectos catastróficos (Bigarella, 2003).

Os fenômenos erosivos decorrentes de processos naturais sempre ocorreram através dos tempos geológicos. A erosão é um dos principais fenômenos geológicos que ocorrem na terra e se processa de várias formas, se considerarmos seu ambiente de ocorrência (Rodrigues & Nishiyama, 2001 apud Silva et al., 2004).

2.2. Fatores que atuam nos processos erosivos

Os processos erosivos podem ser influenciados por vários fatores, dentre os quais, destacam o clima, solo, relevo, cobertura vegetal como as práticas de manejo e conservação do solo.

2.2.1. Solo

É um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra, sem o qual, os seres vivos não poderiam existir. A ação do tempo aliada aos diversos agentes de formação do solo resultou no aparecimento de diferentes camadas a partir da superfície até a rocha (Ferreira, 1984).

Os solos, em função da atuação dos fatores de sua formação, possuem diferentes vulnerabilidades à erosão, a qual depende diretamente de características como a textura, a estrutura, a consistência, conteúdo de matéria orgânica, desenvolvimento do perfil de solo, etc. (Ferreira, 1992; Teixeira et al., 2000).

2.2.2. Clima

O clima exerce influência no processo erosivo sob várias formas, por intermédio de agentes como o vento, a chuva, a neve e seu conseqüente degelo, entre outros agentes não tão comuns (Silva et al., 2004). Destaca-se a chuva por ser a responsável pela ocorrência da maioria das erosões presentes na superfície da terra.

A influencia da chuva, no processo erosivo, é avaliada pela sua intensidade, a quantidade e a sua duração. A força de atuação de uma chuva depende de sua distribuição em determinado espaço de tempo (Amaral, 1984).

Enquanto que, para o intemperismo, com relação ao clima, interessam a quantidade de chuva e a temperatura, que vão determinar a natureza e a velocidade das reações químicas que ocasionam no processo de formação do solo numa região. A temperatura age acelerando a velocidade das reações químicas, aumentando a evaporação e diminuindo a quantidade de água disponível para a lixiviação dos produtos solúveis (Teixeira et al. 2000).

2.2.3. Relevo

A topografia do relevo, representada pela declividade e pelo comprimento das rampas, exerce uma grande influência sobre a erosão (Bertoni et al. 2005).

O grau de declive influi diretamente na velocidade da enxurrada. Quanto maior a declividade do terreno, maior a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente maior sua força desagregadora e sua capacidade de transporte de partículas grandes. Quanto maior a extensão livre da encosta, maior o volume e a velocidade da enxurrada, por conseguinte, de seu poder erosivo (Ferreira, 1992 apud Gonçalves e Stape, 2002).

Analisar a forma da encosta é de fundamental importância devido à necessidade de se determinar as diferentes trajetórias do escoamento superficial no terreno a fim de se quantificar a erosão. Deste modo, pode-se afirmar que a erosão é controlada pelo relevo, enquanto as diferentes trajetórias do fluxo da água, em diferentes formas de paisagem, é agente causador de variabilidade (Souza, 2001).

2.2.4. Vegetação

A cobertura vegetal, segundo Bertoni & Lombardi Neto (2005) é a defesa natural do terreno contra a erosão através da proteção direta que oferece contra o impacto das gotas de chuva; da dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo. Além

da ação através da decomposição das raízes das plantas que formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; do melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção da água e da diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Segundo os autores Ferreira (1992) e Teixeira et al. (2000), o processo erosivo tende a se acelerar, à medida 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.

2.2.5. Práticas de manejo e conservação do solo

Conforme De Angelis Neto et al. (2004), o processo erosivo decorrente das práticas de manejo se acentua no princípio pelo desmatamento na busca de atender a necessidade de produção de grãos para se sustentar, como fonte de alimento, e também na edificação das cidades. Atualmente, as áreas degradadas tanto encontram-se em zonas rurais, quanto em áreas urbanas. Apresentam também, que no Brasil estima-se em mais de 200 milhões de hectares o total de áreas degradadas. E, a porcentagem de áreas degradadas com relacionadas às diversas atividades que o homem desempenha para suprir suas necessidades, onde cerca de 98,8% estão ligadas às atividades de produção e extrativismo, e 1,2% a ações como mineração, construção de estradas, represas, áreas industriais, disposição do lixo urbano de forma incorreta, e erradicação da mata ciliar e de galeria, entre outras, resultando em impacto imediato sobre o solo.

No trabalho desenvolvido por Souza & Seixas (2001), foi apresentado o quanto o processo erosivo também está presente nos ecossistemas florestais. Uma das principais causas deste processo ocorre na abertura de estradas florestais, notadamente no primeiro ano e seguinte à sua construção, as quais tem causado perda de solo, sedimentação dos cursos d'água, poluição e degradação da qualidade da água da microbacia (devido ao assoreamento de rios, aumento das temperaturas e diminuição dos níveis de oxigênio, chegando até a causar mudanças no ecossistema aquático). Indicando a necessidade de programar a implementação de medidas de controle da erosão durante e imediatamente após a construção das estradas. Dentre estas medidas para o controle da erosão está a aplicação de coberturas e as mais comumente usadas são: palha, cavacos de madeira, rocha triturada, plantio de sementes, ou o "mulch", constituído por uma camada de material orgânico que pode conter sementes de gramíneas e/ou leguminosas colocadas nos taludes das estradas.

2.3. Tipos de erosão

Dois tipos de erosão com relação ao agente causador: a erosão hídrica e a eólica. A erosão hídrica é a principal forma que provoca o desgaste da superfície terrestre, erodindo, transportando e acumulando materiais nas áreas mais baixas da encosta (Monteiro, 1979).

2.3.1. Quanto ao agente erosivo

A erosão hídrica, provocada pelas águas da chuva, é o principal tipo de erosão que ocorre no Brasil, principalmente em áreas desnudas, sem cobertura vegetal, resultando no desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo (Pires, 2003).

Para Bigarella (2003), a água é o agente mais atuante nas mudanças morfológicas da paisagem, em consequência da forma de erosão ocorrida no local. A erosão pela água compreende sob a forma laminar, de sulcos e voçorocas.

2.3.2 . Quanto ao grau intensidade

As formas erosivas dependendo da força erosiva da chuva traduzida pela sua erosividade, ou pela resistência do solo em resistir ao processo erosivo, manifestada pela erodibilidade, contando também com a ação da vegetação e das características da encosta. Além disso, é importante considerar o tempo e o espaço, pois com o passar do tempo, se o processo erosivo não for contido, uma forma de erosão pode sofrer mudanças nos padrões e na sua magnitude, começando pela erosão laminar, avançando para sulcos e voçorocas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Guerra, 1998).

2.3.3. Erosão laminar

A erosão laminar (Figura 1) é o processo de lavagem da superfície do terreno de maneira uniforme, com transporte das partículas sólidas do solo pelo escoamento superficial, não se concentrando em canais. De acordo com Foster (1977) apud Pereira (2000), a erosão laminar também é conhecida como erosão entre sulcos. E, mencionam que o fator mais importante nesse processo é o impacto da gota de chuva na superfície do solo, principalmente nos solos descobertos. Seguindo essa mesma linha, Sparoveck (1998), Bertoni & Lombardi Neto (1990), acrescentam que o impacto da gota de chuva na lâmina de água que se forma durante o escoamento superficial aumenta a turbulência da água da enxurrada que desce no sentido da vertente, aumentando sua velocidade e força erosiva.



FIGURA 1 – Erosão Laminar (Embrapa, 2003)

2.3.4. Erosão em sulcos

A suscetibilidade do solo à erosão em sulcos (Figura 2) está associada ao preparo e manejo do solo e são provocadas por processos que regem o desprendimento de partículas pelo impacto das gotas de chuva e pela concentração do escoamento superficial (Bragagnolo, 1994).

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), a erosão em sulcos resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno, fazendo com que a erosão se concentre em alguns pontos, alcançando velocidades e volumes suficientes para formar riscos mais ou menos profundos no solo.

Em seu estágio inicial os sulcos provocados pela ação do escoamento superficial podem ser desfeitos por máquinas durante as operações de preparo do solo, como a aração e gradagem (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Rio Grande do Sul, 1983). Com o seu avanço, quando há presença de sulcos mais profundos e com grande concentração na área, resulta em prejuízos para o produtor, pois podem impedir a passagem das máquinas, e até tornando a área imprópria para fins produtivos.



FIGURA 2 – Erosão em sulco em área de plantação de fumo (Merten, G.G. et al 2007).

2.3.5. Voçorocas

As voçorocas (Figura 3) consistem no deslocamento de grandes massas de solo, formando depressões, grotas, cavidades ou sulcos de grandes extensões e profundidade, podendo chegar até o lençol freático (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Guerra, 1998; Rio Grande do Sul, 1983; Souza & Pires, 2003). São ocasionadas por grandes concentrações de enxurradas que passam no mesmo local ano após ano.



FIGURA 3 – Voçorocas um problema de grande porte (Carolino de Sá, 2004).

As principais causas das voçorocas são: o mau uso do solo agrícola, o superpastoreio e as queimadas, associados ao tipo de chuvas e propriedades do solo. Além disso, existem outras origens variadas como o escoamento superficial, deslizamentos e alongamento e aprofundamento dos sulcos (Guerra, 1998).

A erosão em voçorocas é considerada um problema de difícil solução, sendo que a prevenção configura-se como a melhor alternativa com adoção de princípios básicos de conservação e manejo do solo (Carolino de Sá, 2004).

3. MECANISMOS DE INSTABILIDADE E MOVIMENTOS DE MASSA

3.1. Definição e caracterização dos mecanismos de instabilidade

As zonas de encostas são locais de desnível da topografia terrestre, caracterizam-se por possuir maior ou menor declive e estarem muito expostas aos agentes erosivos. Assim, é freqüente nas encostas a ocorrência de materiais rochosos e terrosos (Matos, 2008).

De acordo com Matos (2008), os movimentos de massa são movimentos de velocidade variável, condicionados por fatores topográficos, litológicos, climáticos, antrópicos e etc., que alteram a morfologia o local e se traduzem em situações ruins no aspecto geomorfológico global.

Conforme Varnes (1978), o objetivo de avaliar a instabilidade e definir medidas de prevenção e de controle dos movimentos de massa tem sido desenvolvido metodologias de estudo e técnicas de estabilização, nas quais o conhecimento das características geológicas e geotécnicas dos maciços é papel decisivo.

3.2. Descrição dos movimentos de talude

3.2.1. Queda de blocos

Correspondente a queda livre de blocos de rocha, de detritos ou solo, favorecida por superfícies instáveis (Figura 4). O deslocamento ocorre principalmente por queda livre, por rolamento ou saltação do material, caracterizando-se por serem movimentos rápidos a extremamente rápidos (Varnes, 1978).



FIGURA 4: Fotografia e esquema do movimento tipo queda de blocos (Varnes, 1978).

3.2.2. Tombamento

Segundo Romana (1988) este tipo de movimento tem origem na ação de forças que impulsionam colunas (figura 5) ou painéis de rochas para o exterior do maciço.

O destaque destes movimentos das rochas deve-se ao fato de existir uma descontinuidade que favorece a infiltração de água para o interior do maciço, promovendo o desenvolvimento de pressões hidrostáticas elevadas.



FIGURA

FIGURA 5: Fotografia e esquema do movimento tipo tombamento (Romana, 1988).

3.2.3. Escorregamento

Um escorregamento ocorre, normalmente, a velocidades muito variáveis, por ação da força da gravidade. Este tipo de movimento pode ocorrer ao longo do plano de inclinação de uma encosta (Figura 6). O movimento ocorre quando há um desequilíbrio na distribuição de forças ao longo de uma determinada superfície, que faz com que as forças atuantes que favorecem o movimento sejam superiores as forças resistente (Matos, 2008).

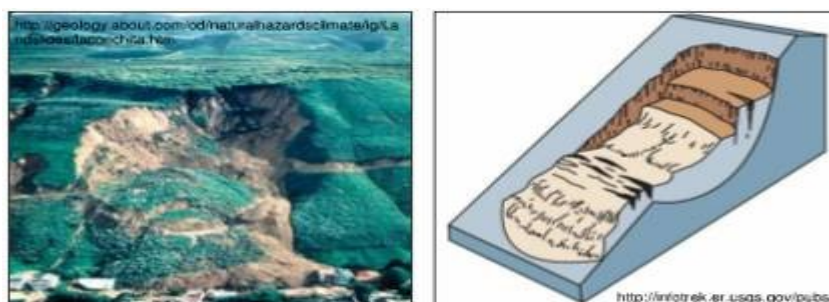


FIGURA 6: Fotografia e esquema do movimento tipo escorregamento (Matos, 2008).

3.2.4. Fluxos

Os fluxos são movimentos muito rápidos, ao longo de uma encosta de massas de terrenos constituídos por misturas de solos com fragmentos de rocha. Geralmente têm origem na diminuição da resistência dos materiais que formam a capa do talude, podendo também ser desencadeados como consequência da ocorrência de abalos sísmicos (Figura 7) (Matos, 2008).

Segundo Matos (2008), os fluxos podem igualmente ocorrer quando os terrenos exibem elevada percentagem de água. Nestas condições o material comporta-se como um fluido, sofrendo deformação contínua sem apresentar superfícies de rotura definidas. Assim, a água é o principal agente que controla o início do movimento, determinando o aumento do grau de saturação a perda de resistência dos materiais e a conseqüente fluidificação.

Estes fenômenos são geralmente superficiais e ocorrem em encostas cobertas por materiais soltos ou não consolidados, especialmente em áreas sem cobertura vegetal, podendo atingir grandes extensões (Romana, 1988).



FIGURA 7: Fotografia e esquema do movimento tipo fluxos (Romana, 1988).

3.3. Causas para ocorrência destes tipos de fenômenos

O balanço entre as forças internas e forças externas que atuam sobre as encostas, determinam nas situações de instabilidade que as forças destabilizadoras superaram as forças estabilizadoras, ou resistentes, resultando deste fato o movimento. Os movimentos de terreno nas encostas são controlados por diversos fatores que influenciam as forças internas e externas atuantes (Jeremias, 1997).

Segundo Jeremias (1997), existe dois tipos de agentes que são os agentes ativos ou efetivos (fatores desencadeantes) são os fatores externos responsáveis pelo desencadear do movimento, colocando a encosta num estado de instabilidade ativa. E, os agentes passivos ou predisponentes (causas ou fatores condicionantes) dependem a natureza, estrutura e morfologia do maciço que controlam e determinam as características do movimento (geometria, velocidade e duração) a partir do momento em que este se inicia.

4. UTILIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO COMO MEDIDA DE CONTENÇÃO

4.1. Papel da vegetação

Uma estrutura vegetal completa é constituída por plantas de diferentes estratos vegetais: estrato muscíneo (musgos), herbáceo (ervas, plantas com caule maleável), arbustivo (arbustos, plantas lenhosas de baixo porte) e arbóreo (árvores, plantas lenhosas de grande porte). No entanto é raro, indivíduos de todos os estratos ocorrerem em simultâneo, tanto devido à ação antrópica, por meio de fogo, pastoreio ou desbastes, como pela própria natureza, através de competição entre espécies ou degradação dos solos (Matos, 2008).

A vegetação influencia a estabilidade dos solos de diversas formas e os benefícios dessa estabilidade dependem tanto do tipo de vegetação como do tipo de processo de decomposição presente. Uma cobertura densa com plantas herbáceas e/ou arbustivas é uma das melhores proteções contra erosão superficial por ação da chuva ou do vento. A presença de raízes no solo também um excelente método estabilizante do solo, uma vez que liberam algumas substâncias que provocam a agregação dos solos, aumentando a coesão das partículas (Florineth & Molon, 2004).

As raízes da vegetação afeta a estabilidade dos solos, principalmente pelo aumento da resistência de corte e da coesão das partículas. O incremento da resistência depende da tensão exercida pelas e sobre as raízes, bem como das propriedades da interface das próprias raízes com o solo e da concentração destas no mesmo (Vertemati, 2004).

No trabalho de Souza & Seixas (2001), empregou-se tipos diferentes de cobertura visando a proteção de taludes de estradas. As coberturas utilizadas foram grama “Batatais” (*Paspalum notatum* Flügge); a cobertura do solo com casca de *Eucalyptus* spp. picada (resíduo da indústria de celulose e papel) e a cobertura do solo com tela de material orgânico impregnada com sementes de gramíneas (braquiária - *Brachiaria decumbens* Stapf e capim gordura – *Melinis minutiflora* Beauv.) e leguminosas (feijão guandu – *Cajanus cajan* e soja perene - *Neonotonia wightii*). Os resultados do trabalho apontaram que nos taludes de estradas, as coberturas vegetais são eficientes para coibir a perda de solo por erosão.

4.1.2. Efeitos benéficos

A vegetação tem um efeito estabilizador, designadamente por interceptar a água das chuvas nas folhas, o que reduz a erosão na superfície do solo e diminui a possibilidade de destacamento de partículas originado pelo impacto direto das gotas de chuva no solo (Carvalho et al, 1991).

Quando há a exposição de taludes por remoção da vegetação ocorre uma potencialização dos efeitos de erosão e de instabilidade do mesmo. A importância da seleção e aplicação correta de espécies vegetais, para que haja uma maximização dos aspectos positivos relacionados à vegetação é mencionado por (Zezere, 1997).

4.1.3. Efeitos negativos

Existem situações em que o fato de se utilizar plantas como meio de proteção, pode dar origem a efeitos contrários aos pretendidos. O principal mecanismo de desestabilização da encosta que pode acontecer pela ação do vento na vegetação, provocando ação mecânica das raízes no maciço, e assim originar instabilidades pontuais no talude (Freitas, 2006).

De acordo com Martinho (2005), se por um lado a presença de vegetação lenhosa, pelo seu desenvolvimento (aumento de carga externa), contribui para a estabilidade do talude, por outro este aumento de carga pode atingir valores que o próprio talude não consiga suportar, tornando-se, deste modo um efeito adverso.

A diminuição da umidade do solo, e no limite o seu esgotamento, constitui um efeito extremamente importante, porque nestas condições deixam de existir condições que asseguram a sobrevivência das plantas. É ainda de referir que o crescimento das raízes em encostas rochosas desloca blocos e promove a abertura de fraturas pré-existentes no maciço, concorrendo para a sua desestabilização (Freitas, 2006).

4.2. Raízes e suas funcionalidades

A parte radicular da vegetação tem um papel muito importante, não só na sustentação e na alimentação das próprias plantas, como também na agregação dos solos. É de notar que diferentes morfologias do sistema radicular, com distintas funcionalidades, beneficiam as plantas de diversas formas. As raízes de maiores dimensões, com maior diâmetro, conferem maior estabilidade, enquanto que as de menor diâmetro têm a capacidade de captar água nos interstícios dos solos, conferindo-lhes um maior grau de agregação (Vertemati, 2004).

O estudo do sistema radicular das plantas geralmente devido às dificuldades existentes torna-se menos conhecido que o sistema aéreo. As espécies arbóreas são as que mais têm sido estudadas, igualmente deveriam ser desenvolvidos estudos em arbustos e herbáceas, de modo a conhecer melhor a estrutura, funcionalidade e contribuição, que cada espécie possa ter, na estabilização de taludes (Martinho, 2005).

Segundo Freitas (2006), as raízes e a sua arquitetura são governadas tanto pela genética, variando de espécie para espécie, como pelas características. Assim, é necessário compreender as características locais, ou seja, da encosta a ser protegida, de forma a escolher mais acertadamente as espécies vegetais a serem implementadas para a obtenção de uma estabilização mais efetiva.

4.3. Classificação da estrutura das raízes

Cada espécie vegetal possui um determinado tipo de raiz, que de acordo com suas características, confere ao solo maior ou menor resistência. Conforme Coelho (2005), o sistema radicular da vegetação aumenta a coesão entre as partículas. Em solos arenosos, onde essa coesão é baixa, a vegetação pode aumentar significativamente a resistência a deslizamentos.

As raízes agregam partículas e aumentam a resistência do solo, reduzindo o transporte de sedimentos (Pereira, 2005).

Destacam-se dois tipos básicos de raízes (Figura 8): pivotantes e fasciculadas. As raízes pivotantes são compostas de uma raiz principal e laterais, a principal geralmente maior que as laterais e penetra verticalmente no solo. Já as raízes fasciculadas são constituídas de um conjunto de raízes finas, originadas de um único ponto (Barros & Paulino, 2006).

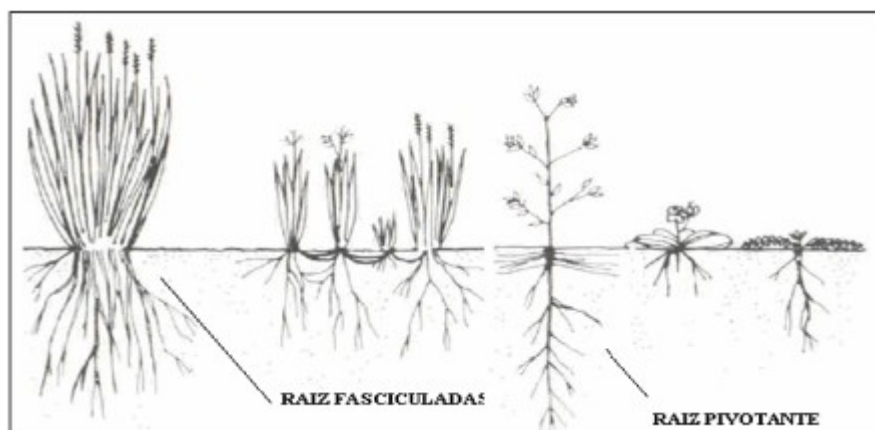


FIGURA 8: Tipo de raízes (Barros e Paulino, 2006).

Algumas raízes pivotantes atuam promovendo o ancoramento de grandes massas de solo. Isto pode ser verificado com mais frequência em solos residuais, onde há grandes diferenças de resistência ao longo da profundidade. Ocorre uma transferência de tensões do solo para as raízes, proporcionando uma redução na erodibilidade do solo e um aumento na estabilidade do talude (Coelho, 2005).

4.4. Escolha das espécies vegetais

Segundo Pereira (2005), vários fatores devem ser considerados na escolha da espécie vegetal para atender a estabilização do solo, dentre eles os fatores edáficos, climáticos e ambientais. O clima é o fator mais importante a ser considerado, pois não se tem atuação sobre ele, portanto, as informações sobre a tolerância a secas, geadas, precipitação, temperatura e umidade, para a escolha da espécie vegetal a ser escolhida. Quanto ao fator edáfico está relacionado às condições do solo da região tais como o pH, textura, matéria orgânica, toxidez, fertilidade natural entre outros, também terá sua participação importante na escolha. E, dentro do fator ambiental, há uma série de outros fatores importantes como: longevidade, produção de biomassa, crescimento e efeito paisagístico, fixação de nitrogênio, dormência das sementes e outros.

5. TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS

No caso específico de utilização em encostas, a bioengenharia de solos tem aplicação e situações de instabilidade pouco profundas em que não haja o envolvimento de massas de terreno de grande dimensão. O campo de aplicabilidade da bioengenharia não se resume apenas a estabilização de encostas de escavação, sendo também utilizadas para estabilização de margens fluviais (Matos, 2008).

As técnicas de bioengenharia de solos podem ser agrupadas em termos de técnicas de revestimento e estabilização. Como exemplo destas técnicas de revestimento tem-se a hidrosemeadura, biomantas antierosivas, geotêxteis e para estabilização tem-se a paliçada viva; o entrançado vivo e a faixa de vegetação.

5.1. Hidrosemeadura

De acordo com Matos (2008), hidrosemeadura promove o revestimento e consolidação de superfícies em erosão, obtido mediante uma distribuição manual de uma mistura de sementes de espécies herbáceas adequadas às condições climáticas e biológicas da área de intervenção. A mistura de sementes a aplicar, numa quantidade variável de 30 a 100 g/m², é composta por sementes de gramíneas e leguminosas. Depois de se lançarem as sementes ao solo, estas devem ser ligeiramente recobertas com terreno. A hidrosemeadura deverá ser efetuada no período de atividade vegetativa, tendo o cuidado de proceder posteriormente a irrigações, adubações e cortes periódicos.

Conforme Lucena (2006), a hidrosemeadura (Figuras 9 e 10) é uma técnica que promove o revestimento fácil e rápido de superfícies em erosão com espécies herbáceas, obtido mediante a distribuição com meios mecânicos de uma mistura de sementes e água. Esta técnica é utilizada freqüentemente como um complemento a outros tipos de obras estabilizantes.



FIGURA 9: Aplicação da hidrosemeadura (Deflor, 2006).



FIGURA 10: Hidrosemeadura após crescimento das espécies vegetais (Deflor, 2006).

5.2. Biomantas antierosivas

Existem vários tipos de biomantas, mas geralmente são constituídas por uma malha geossintética leve de reforço, e conforme a aplicação têm inclusões de fibras de origem vegetal, tais como palha, capim e fibra de coco. Pode ser utilizada de forma singular ou conjuntamente com a aplicação da hidrosemeadura na proteção superficial de taludes. Protege os taludes contra a erosão eólica e hidráulica e melhora o aspecto paisagístico (Matos, 2008).

São comercializadas em rolos (Figura 11) e para a sua instalação, é necessário regularizar o terreno. Eliminadas as saliências, abre-se uma trincheira de cerca de 15 cm de profundidade, onde se introduz o início do rolo da biomanta. Desenrolam-se as mantas, sem esticar, procurando que fiquem em contacto com o solo, a fim de facilitar o crescimento das plantas através da manta, (Figura 12). Sobrepõem-se as mantas lateralmente cerca de 10 cm desde o princípio até ao final (Deflor, 2006).



FIGURA 11: Rolos de diferentes tipos de biomantas antierosivas (Deflor, 2006).








FIGURA 12: Aplicação da biomanta em um talude (Deflor, 2006).

Segundo Deflor (2006), as vantagens da aplicação de mantas orgânicas são:

- absorção da energia cinética produzida por partículas erosiva;
- aumento da capacidade de retenção de água no solo;
- material biodegradável que ao se decompor aumenta a fertilidade do terreno;
- regulação da temperatura do solo.

Conforme Deflor (2006), a composição da biomanta antierosiva assim como o tipo de grampo de fixação é selecionada, tendo em conta o tipo de solo e inclinação do talude (Quadro 1).

QUADRO 1: Quadro de correlação entre o tipo de manta orgânica e o tipo de talude (Deflor, 2006).

		Inclinação do Talude		
Altura do Talude	3:1	2:1	1:1	
5 metros	S	SE; SK; K; E	SK; SE	
25 metros	S	SE; SK; K; E	SE; SK; K; E	
40 metros	SE; SK	K; E	K; E	
> 40 metros	K; E	K; E	K; E	
Legenda				
S – 100% Palha	E – 100% Esparto	K – 100% Fibra de coco	S/E – 50% Palha 50% Esparto	S/K – 50% Palha 50% Coco
				

5.3. Geotêxteis

Os geotêxteis são um produto cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhe várias funções, nomeadamente de separação, drenagem, filtração, proteção e reforço. É composto por feltro de fibras de poliéster ou polipropileno, é económico, leve e de fácil aplicação, apresentando grande resistência à tração. A aplicação é sensivelmente igual à de uma biomanta antierosiva (Deflor, 2006).

Segundo a Deflor (2006) existem 3 tipos de geotêxtil:

- geotêxtil anti-ervas – geotêxtil de fibras protege o solo evitando o crescimento de infestantes. É utilizado previamente sob o revestimento do solo com inertes ou manta orgânica biodegradável;
- geotêxtil tecido – estrutura de tecido de malhas planas, ortogonais e fechadas à base de filamentos e fibras de polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida, são aplicados com função de filtro, separação e reforço (Figura 13a);
- geotêxtil não tecido – mantas permeáveis de filamentos sintéticos principalmente de poliéster distribuídos aleatoriamente, sendo aplicados com função de separação, filtro, drenagem, reforço e proteção. Para obras hidráulicas, viárias, ferroviárias, de proteção do meio ambiente, controlo da erosão, repavimentação asfáltica (Figura 13b).

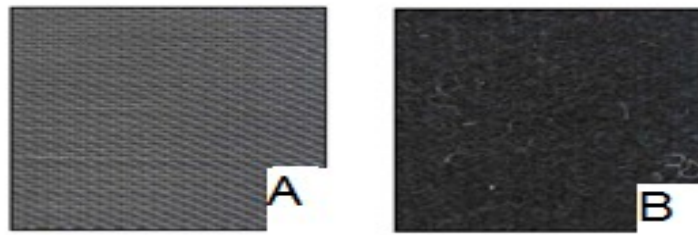


FIGURA 13: Tipos de geotêxtil: geotêxtil tecido (Figura A) e geotêxtil não tecido (Figura B) (Deflor, 2006).

5.4. Paliçada viva

A paliçada viva (Figura 14) é uma estrutura viva transversal aplicada em encostas de substratos arenosos e/ou argilosos. Cravam-se as estacas vivas verticalmente, ao lado umas das outras, estabelecendo-se uma fila. Cada uma das estacas deve ser enterrada no solo, a uma profundidade mínima de 1/3 do seu comprimento. Procede-se à sua união através de estacas horizontais de espécies lenhosas com capacidades vegetativas (Matos, 2008).



FIGURA 14: Técnica de paliçada viva (Matos, 2008).

A disposição da encosta em patamares diminui sua inclinação e reduz a erosão provocada pelas águas superficiais, por redução da velocidade e conseqüentemente de energia e capacidade de transporte das águas que removem as camadas superficiais do substrato que estejam soltas. O próprio material vegetal vivo, uma vez enraizado e desenvolvido, vai ajudar na consolidação e contenção dessas mesmas terras (Matos, 2008).

Segundo Ferrari (2000), esta técnica consiste na sobreposição de troncos horizontais apoiados em troncos verticais, servindo assim de suporte ao terreno, usando pouco material para a construção, apenas estacas vivas com diâmetro de 8-20 cm e comprimento entre 1-3 m, estacas para fixação e arame.

Conforme Venti et al. (2003), as vantagens e desvantagens que uma obra deste tipo apresenta são a rápida execução; o efeito anti-erosivo; o poder de exercer uma função de detenção imediata; a boa capacidade de adaptação à morfologia e os custos reduzidos. Constituindo-se em desvantagens que uma obra deste tipo pode apresentar são: a contenção em profundidade limitada; a necessidade de uma grande quantidade de material vivo; a necessidade de condições favoráveis ao crescimento das espécies.

Este tipo de intervenção deve ser executado durante o período de repouso vegetativo. No que diz respeito às operações de manutenção, é necessário proceder periodicamente o corte da vegetação, sendo este um dos parâmetros importantes, além da escolha da vegetação adequada para cada região (Ferrari, 2000).

5.5. Entrançado vivo

O entrançado vivo (Figura 15) trata-se de uma medida de estabilização de encostas onde se revela a necessidade de se proceder à retenção da camada superficial de solo. Aplicação desta medida tem como objetivo a consolidação imediata do solo em profundidade, derivado da atuação de movimentos na zona sub-superficial do terreno. A sua eficácia é função inicialmente da profundidade a que se cravam as estacas e aumenta com a ação de enraizamento e conseqüente consolidação do solo (Matos, 2008).



FIGURA 15: Técnica de entrançado vivo (Ferrari, 2000).

Esta técnica consiste na cravação de estacas no solo a uma distância de cerca de 50 a 100 cm. Em seguida, entre as estacas, procede-se o entrançamento de ramos vivos, cuja

extremidade mais grossa é introduzida no mínimo 20 cm no solo. Por último, procede-se ao enchimento dos entrançados com terra vegetal para que não sequem (Matos, 2008).

Segundo Ferrari (2000), na técnica do tipo entrançado vivo são utilizadas estacas mortas, estacas e ramos vivos (comprimento min. 0,5-1,0 m), ramos flexíveis de espécies com capacidade de enraizamento (comprimento min. 150 cm), terra para enchimento e eventualmente entrançados pré-fabricados.

Esta obra deve ser executada no início do período de repouso vegetativo. E conforme Venti et al. (2003), esta técnica apresenta as vantagens de contenção imediata do material; é aplicável em qualquer morfologia de talude, porém sua execução é muito demorada e requer uma quantidade de mão de obra elevada, possui indisponibilidade, por vezes, ao utilizar hastes longas e elásticas passíveis de serem entrançadas; o enraizamento é modesto (superficial) em comparação com a quantidade de materiais utilizados; a técnica não compatível de ser adotada em terrenos de granulometria grosseira e requer cuidadosa manutenção.

Habitualmente necessita de operações de manutenção nos primeiros meses após a construção. Após este período, estas operações passam a ter um caráter plurianual devendo-se verificar o enraizamento das estacas, procedendo à sua substituição quando estiverem danificadas (Ferrari, 2000).

Venti et al. (2003), considera que esta técnica é menos eficaz comparativamente com outras técnicas estabilizadoras da engenharia natural.

5.6. Faixas de vegetação

Segundo Lucena (2006), a faixa de vegetação (Figura 16) é utilizada na estabilização dos níveis superficiais de encostas, em situações onde ocorre a acumulação de material solto, em zonas de erosão, ou susceptível a deslizamentos superficiais de terrenos, o nível instável deverá situar-se a uma profundidade não superior a 1,5 metros.

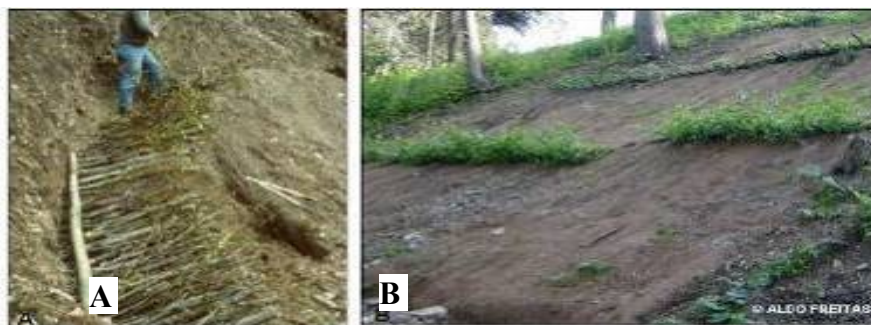


FIGURA 16 : Técnica de implantação da faixa de vegetação. A- fase de construção e B- fase final (Lucena, 2006).

Conforme Venti et al. (2003), baseia-se na escavação de valas perpendiculares à linha de máxima inclinação da encosta, efetuadas através de uma escavação em contra inclinação. No seu interior são colocadas as plantas autóctones cujas raízes serão recobertas com terra de modo a formar densas filas de arbustos. Tem uma função de estabilização da encosta do tipo mecânico, permitindo, ainda, o uso de algumas espécies vegetais (salgueiros) para diminuir o grau de saturação dos terrenos, aumentando dessa forma as suas características resistentes, tornando-o mais estável.

Conforme Lucena (2006), as valas deverão ser escavadas com uma profundidade entre os 50-100 cm e com uma contra inclinação mínima de 10°. A distância entre as valas é variável consoante à inclinação da encosta. Ferrari (2000) recomenda para inclinações inferiores a 20° e entre os 25°-30°, distâncias entre valas de 2-3 m e 1-1,5 m, respectivamente.

As faixas de vegetação apresentam como vantagens ser de execução simples e rápida; proporciona um consolidamento em profundidade; e permite diminuir a velocidade de fluxo das águas superficiais reduzindo a erosão (Venti et al., 2003). Em contrapartida, as desvantagens constituem em requerer quantidades elevadas de material vivo; possui crescimento lento das espécies vegetais como as latifólias quando utilizadas; e a eficácia reduzida em taludes com afloramentos rochosos ou com espessura de solo reduzida.

O período ideal para a realização da intervenção é durante o repouso vegetativo, embora em zonas montanhosas possa ser implementada até abril. No caso de intervenções fora da época recomendada, é necessário o uso de irrigação adicional (Matos, 2008).

5.7. Escolha do tipo de técnica de bioengenharia mais adequada

Conforme Ferrari (2000), na maior parte das situações, o objetivo definido pode ser atingido através do recurso a diferentes tipos de construção. Devem ser escolhidas as intervenções da bioengenharia de solos que, de acordo com as condições ocorrentes no local permitam atingir melhor os objetivos definidos, utilizando os materiais vivos disponíveis mais

apropriados e mais duradouros, exigindo a menor manutenção possível de modo a serem também os mais econômicos.

A obtenção do material vegetal bem como a orientação dos trabalhos de construção é da maior importância, uma vez que ambos não podem ser conduzidos com sucesso em qualquer estação do ano, mas apenas em determinadas épocas pré-definidas (Lucena, 2006).

5.8. Cuidado e manutenção das técnicas de bioengenharia

É conhecido que a eficácia plena das construções de bioengenharia só é completamente atingida após o pleno desenvolvimento da vegetação, assegurando no início uma proteção relativamente reduzida. Para apoiar este desenvolvimento e reduzir o tempo necessário à plena eficácia da intervenção, são normalmente necessárias medidas de manutenção. Estas devem ser tanto mais intensivas quanto mais extremas são as condições de desenvolvimento das plantas (Matos, 2008).

No que diz respeito aos trabalhos de manutenção, estes compreendem todas as atividades necessárias à conservação da vegetação estabelecida, assim, como da sua eficácia técnica e ecológica. Quando se procede à adoção de soluções de bioengenharia, bem como de plantas adaptáveis às condições ambientais do local da obra, é esperado não ser necessário proceder-se à realização de trabalhos de manutenção após o segundo ano (Ferrari, 2000).

Dentre os trabalhos de manutenção citam as atividades de prevenção dos danos causados pela fauna selvagem ou pelo gado; o corte e o transporte do material cortado; a cobertura do solo (com palhas) de plantações principalmente em zonas áridas; fazer irrigação quando necessário; a drenagem; operações de plantio, adubação, a remoção de partes mortas ou doentes, a redução da densidade e favorecimento de espécies preferenciais (Lucena, 2006).

5.9. Escolha da vegetação

Na seleção da vegetação a aplicar numa intervenção, deverá existir o cuidado da escolha recair sobre a vegetação autóctone, uma vez que são aquelas espécies estão mais adaptadas às condições existentes em determinado local. Excepcionalmente, poderá ser utilizada vegetação não autóctone, caso esta contribua com uma maior eficácia. Neste caso é necessário ter em atenção, que posteriormente, e sempre que possível aquelas espécies possam ser facilmente substituídas pela vegetação autóctone (Lucena, 2006).

A seleção de vegetação deverá ser a mais heterogênea possível, evitando-se a formação de comunidades de uma só espécie, que pouco contribui para a dinâmica da

vegetação. Assim, na seleção da vegetação a aplicar, deverão ser escolhidas plantas que promovam a alternância de espécies, que possuam aparatos radiculares, com raízes superficiais e profundas de modo que o terreno fique com uma distribuição de raízes homogênea Matos(2008).

5.9.1. Vegetação herbácea

Em condições normais, uma cobertura densa de vegetação herbácea confere uma boa proteção contra ao impacto da gota de chuva e erosão Uma boa cobertura de herbáceas pode ser estabelecida tanto por sementeira, como por plantas com raízes desenvolvidas ou ainda tapetes de herbáceas (Venti et al., 2003).

Conforme Lucena (2006), na sementeira, as misturas de sementes deverão incluir tanto herbáceas de germinação rápida, como herbáceas anuais. Esta mistura visa não só fornecer proteção a curto prazo, mas também no incluir herbáceas perenes de crescimento lento, que necessitam de mais algum tempo para se estabelecerem, obtendo uma proteção a longo prazo. A mistura ótima depende do tipo de solo, do local, das condições climáticas e do objetivo que se pretende atingir.

5.9.2. Vegetação arbustiva

Na escolha da vegetação arbustiva é importante ter em conta a cobertura que esta promove no solo, dimensão, tipo de fuste e as raízes que a planta desenvolve. Por exemplo, uma planta com um fuste denso e difuso, reduz eficazmente a velocidade das gotas de chuva, minimizando os efeitos da erosão superficial no solo. Por apresentar grande flexibilidade do fuste, dissipa facilmente a tensão produzida sobre as raízes, por ação do vento, responsável pelo desenraizamento de plantas (Lucena, 2006).

5.9.3. Vegetação arbórea

Conforme Matos (2008), na bioengenharia, a utilização de vegetação arbórea é desaconselhada, por constituírem uma sobrecarga relevante para a encosta. Além disso, o vento exerce uma ação mecânica nas raízes susceptível de causar danos importantes nas encostas, podendo no limite originar a queda e conseqüente desenraizamento das espécies arbóreas, com a produção de novos episódios de erosão.

5.10. Durabilidade das técnicas de bioengenharia

No que diz respeito à durabilidade das obras de bioengenharia, sabe-se que as construções modernas são relativamente recentes. As mais antigas de que se tem notícia são conhecidas através de publicações datam dos anos trinta. A maior parte delas não têm tido trabalhos de manutenção devido a dificuldades financeiras, o que não as impede de continuarem a cumprir os seus objetivos quando foram construídas (Ferarri, 2000).

O conhecimento e a consideração da dinâmica destas formações vegetais artificiais, ou seja, a sucessão natural evita surpresas desagradáveis e reduzem os custos de manutenção. Normalmente a vegetação pioneira evolui em etapas sucessivas até uma associação vegetativa que exprima as condições ecológicas locais. Esta etapa constitui uma situação estável a longo prazo que não se altera a não ser que ocorram modificações, designadamente climáticas, das condições locais Lucena (2006).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível verificar o quanto o processo erosivo é relevante de ser conhecido, em relação aos seus vetores de atuação e suas conseqüências, para ser diagnosticado e assim identificar quais as alternativas que poderiam ser mais adequadas para a minimização ou solução do problema.

Dentre as alternativas empregadas as técnicas de bioengenharia tem tomado importância, mas, sua utilização requer compreender os mecanismos que determinam o comportamento dos solos.

As técnicas de bioengenharia podem ser constituídas de vários tipos de vegetação e materiais orgânicos.

A vegetação no controle do processo erosivo não só contribui para a estabilização das encostas como também apresenta embelezamento da paisagem.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIESP - Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Glossário de ecologia. 1º edição. ACIESP/CNPq/FAPESP/Secretaria de Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, nº. 57, 1987.

ALHEIROS, Margareth Mascarenhas et al. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. 1ª ed. Recife: Ensol, 2003. 344p.

AMARAL, N. D. **Noções de Conservação do Solo**. 2ª Edição, 4ª Reimpressão, Editora Nobel. São Paulo, 1984. p 33 -34.

BARROS, Carlos A. da C.; PAULINO, W.R. **Coleção Ciências**. 4 vol. São Paulo: Ática, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5ª edição. São Paulo: Ícone. 2005. 355p.

BIGARELLA, J. J. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: EdUFSC, 2003.

BRAGAGNOLO, N. **Uso dos solos altamente suscetíveis à erosão**. In: Solos altamente suscetíveis à erosão. Orgs: V.P. Pereira et al. Jaboticabal, FCAV – UNESP/SBCS, 1994.

CARVALHO, P. A. S.; Orlandi, C.; Camargo, J.C.C.; Okawa, M.; Prieto, V.; “**Manual de geotecnia: taludes de rodovias; orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**”. São Paulo: IPT, 388p, 1991.

CAROLINO DE SÁ, M.A., Voçorocas: um problema de grande porte, **Disponível em: <http://www.zoonews.com.br/noticia2>**. Acesso em: 10 de fevereiro de 2012.

COELHO, Arnaldo Teixeira. **Efeitos da vegetação na estabilidade do solo e de taludes**. In: XIII CURSO SOBRE EROÇÃO E CONTROLE DE SEDIMENTOS, Belo Horizonte, 2005.

COSTA, L.M; MATOS, A.T. **Impactos da erosão dos solos em recursos hídricos**. In: **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Orgs: S.D.D.; P. F.F.. Brasília, DF: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997.

De ANGELIS NETO, G. et al. **O uso de vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas**. Maringá: Universidade Federal de Maringá, 2004. Vol.1 pag. 65-73. Departamento de Engenharia Civil, Maringá, PR, 2004.

DEFLOR. **Catálogo de produtos e serviços**. Publicação editada pelo departamento técnico, 2006.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. 4ª edição, Champagnat, Curitiba, 1997.

FERRARI, R.– “Quaderni Di Cantiere”, Volume 3: Viminata Viva (di versante). Regione Lazio, AIPIN, Roma, Itália, 2000.

FERRARI, R.– “Quaderni Di Cantiere”, Volume 15: Palizzata Viva. Regione Lazio, AIPIN, Roma, Itália, 2000.

FERREIRA, L. Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro e aspectos inter-relacionados. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

FERREIRA, P. H. M. Princípios de Manejo e de Conservação do Solo. Editora Nobel, São Paulo, 3ª Edição, 1984.

FLORINETH, F., MOLON, M.– “Dispensa di Ingegneria Naturalistica 2004/2005, Universidade de Bodenkultur, Viena, Áustria, 2004.

FREITAS, A. R. M. (“**Proposta de Requalificação Biofísica e Paisagística de um talude num percurso do parque nacional do Vesúvio com técnicas de engenharia biofísica**”, Trabalho de fim de curso. Universidade de Évora, 88p, 2006.

GALAS, N. D. “**Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes**”, Trabalho de conclusão de curso. Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2006.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e Cultivo de Solos para Plantações Florestais**. IPEF, Piracicaba, 2002.

GONTIJO, Paulo Romeu de Assunção et al. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro. DNER, 1990.

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Orgs.: A.J.T. Guerra e S.B. da Cunha. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

JEREMIAS, F.T.; (1997) – “**Influência dos factores geológicos nas propriedades geotécnicas das rochas silto-argilosas**”. Tese apresentada para obtenção do grau de Especialista do LNEC. Lisboa, 328p.

LUCENA, Luiz. **Bioengenharia de solos**. In: 37ª CONFERENCIA ANUAL, 2006, Califórnia.

MATOS, L.M.P. “**Estabilidade de taludes em rochas silto-argilosas- Técnicas de remediação para roturas superficiais**”, Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. Lisboa, 2008.

MARTINHO, P. R. M. “**Contribuição para o estudo de técnicas de engenharia biofísica: Grade de Vegetação e Grade de Vegetação Vesúvio**”. Trabalho de Fim de Curso, 95p, 2005.

MERTEN, G.G. et al. **Avaliação da eficiência do controle da erosão e da produção de sedimentos para os rios através da adoção de práticas de conservação do solo e da água**, Sinditabaco, Rio Grande do Sul, v.5, p. 3-6, 2007.

MONTEIRO, M.F. **Aspectos fluviais importantes para a fotointerpretação**. Salvador. UFBA, 1979. 2ª edição.

MORALES, Paulo Roberto Dias. **Manual prático de drenagem**. Rio de Janeiro: IME, Fundação Ricardo Franco, 2003. 160p.

ONODERA, Leni Tiem. **O uso de gabiões como estrutura de contenção**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

PEREIRA, S.B. **Desprendimento e arraste do solo em decorrência do escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2000.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Deflor, 84 pg, 2005.

PIRES, F.R. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. Viçosa, 2003. RIO GRANDE DO SUL, Secretaria da agricultura. **Manual de conservação do solo**. 2ª edição atualizada, 1983.

RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos Fatores Responsáveis pela Erosão Acelerada na Bacia do Córrego dos Macacos**. Uberlândia MG, 2001. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7., 2001, Goiânia.

ROMANA, M., – “Practice of SMR classification for slope appraisal”. In: Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, vol. 2. Balkema, Rotterdam, pp. 1227–1232, 1988.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMA, 2004.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMA, 2004.

SOUZA, C.M; PIRES, F.R. **Práticas mecânicas de controle da erosão**. Brasília: SENAR, 2003.

SOUZA, Cintia R.; SEIXAS, Fernando. **Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais**. Scientia Florestalis, Piracicaba, vol. 60, p. 45-51, dez. 2001.

SOUZA, C. K. **Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de Latossolos em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP)**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2001. 186p. (Tese de Mestrado).

SPAROVECK, R.B.M. **Estimativa de erosão em sulcos e entre sulcos na microbacia do Córrego de Ceveiros – Piracicaba (SP)**. Piracicaba: ESALQ, 1998. Dissertação - Mestrado

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org.) Decifrando a Terra. São Paulo, Oficina de Textos, 2000. 558p.

VARNES, D.J., – “**Slope movement types and processes**”. In: Schuster, R.L., Krizek, R.S. (Eds.), Landslides: Analysis and Control. US Nat. Acad. Sci., Transp. Res. Board Sp. Rep. 176, pp. 11, 1978.

VENTI, D., Bazzurro, F., Palmeri, F., Uffreduzzi, T., Venanzoni, R., Gibelli, G. **Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni**, Servizio Assetto del Territorio – Ufficio Urbanistica, Terni, Itália, 2003.

VERTEMATI, J. C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher. Brasil, 2004.

ZEZERE, J. L. – “**Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na região a norte de Lisboa**”. Dissertação de doutoramento em Geografia Física, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa, 575 p, 1997.