



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE PROTEÇÃO
SUPERFICIAL DE TALUDES SITUADOS NA RODOVIA SP-563:
BIOMANTA, HIDROSSEMEADURA E GRAMA EM PLACA**

JULIANA CRISTINA GONÇALVES DA SILVA
UNINOVE – Universidade Nove de Julho

JOÃO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO
Universidade Nove de Julho



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL DE TALUDES SITUADOS NA RODOVIA SP-563: BIOMANTA, HIDROSSEMEADURA E GRAMA EM PLACA

Resumo

Os taludes em rodovias constantemente estão expostos a ações climáticas. A ocorrência de intempéries como o vento e as precipitações pluviométricas contribuem para a formação de fenômenos erosivos, os quais podem interferir na geometria dos taludes e comprometer sua estabilidade, podendo levar a rupturas superficiais. A erosão pode ser evitada ou minimizada por meio de técnicas de proteção superficial. Mediante este contexto, tem-se por objetivo verificar as vantagens e as desvantagens em relação aos métodos de proteção superficial: biomanta, hidrossemeadura e grama em placa. Cujas metodologias utilizadas foram estudo de caso na obra da Rodovia Vereador Dourival da Silva Louzada (SP-563) que liga os municípios de Pereira Barreto à Mirandópolis/SP. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que as principais vantagens dos métodos analisados são os impactos ambientais de baixo nível e os baixos custos executivos, todavia deve-se atentar para a utilização do melhor método de proteção conforme as especificidades do talude. Verificou-se também a possibilidade de associar mais de um método de proteção para melhor eficácia.

Palavras-chave: Taludes, proteção superficial, biomanta, hidrossemeadura e grama em placa.

Abstract

Slopes on highways are constantly exposed to climate actions. The occurrence of weather such as wind and rainfall contributes to the formation of erosive phenomena, which may interfere in the slope geometry and compromise its stability, leading to surface ruptures. Erosion can be avoided or minimized by surface protection techniques. In this context, the aim is to verify the advantages and disadvantages in relation to the surface protection methods: biodegradable blanket, hydroseeding and grass plate. The methodology used was a case study in the Vereador Dourival da Silva Louzada Highway (SP-563) that links the municipalities of Pereira Barreto to Mirandópolis / SP. As of the obtained results, it was verified that the main advantages of the analyzed methods are the low environmental impacts and the low executive costs, nevertheless one must take into account the use of the best method of protection according to the specificities of the slope. There was also the possibility of associating more than one protection method for better effectiveness.

Keywords: Slope, surface protection, biodegradable blanket, hydroseeding, grass plate.



1 Introdução

Grande parte do desenvolvimento nacional, decorre da utilização do transporte por meio de vias terrestres, como rodovias e ferrovias, as quais geram investimentos (Pereira & Lessa 2011) e promove o transporte de cargas e de pessoas. O modal de transporte brasileiro é predominantemente rodoviário, o qual é responsável pela movimentação de cerca de 70% das cargas (Machado *et. al.*, 2003).

As obras realizadas para a implantação de rodovias podem causar movimentações nos maciços de solo por conta de suas condições geológicas e pela geometria dos taludes de corte ou aterro necessários. Dessa forma, são necessários estudos prévios de estabilidade destes, de forma a garantir sua segurança a eventuais rupturas (Castro, Rodrigues & Bezerra, 2015).

A norma ABNT NBR: 11.682/2009 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tem por objetivo fixar condições que devem ser atendidas para que haja estabilidade e controle de obras de execução de taludes e contenções. Com a finalidade de orientar profissionais em projetos de estabilidade de taludes, também estão disponíveis recomendações e procedimentos elaborados por órgãos tais como: Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos recursos naturais renováveis (IBAMA).

Para a estabilização de taludes podem ser realizadas obras divididas em três grupos: sem estrutura de contenção, com estruturas de contenção (ou reforço) e proteção de massas movimentadas. As alternativas para a estabilização de taludes sem contenção podem ser: proteção superficial, retaludamento e estabilização de blocos.

A proteção superficial de taludes tem por intuito promover a proteção da superfície destes em relação a ocorrência de processos erosivos, bem como da saturação do solo mais superficial, problemas estes que podem reduzir características de resistência interna dos maciços e alteração na geometria destes, conduzindo a um processo de ruptura (Alheiros, Souza, Bitoun, Medeiros & Amorim, 2003). Dessa forma, pode-se afirmar que a utilização de métodos de proteção superficial são soluções preventivas contra erosões e objetivam a manutenção da estabilidade dos taludes em níveis de segurança aceitáveis.

Destaca-se que a solução para proteção superficial dos taludes deve ser tomada em função das características específicas de cada um, tais como: inclinação, condições geológicas e geotécnicas, facilidade de implantação, custo, entre outras. A escolha incorreta de uma solução de proteção pode se apresentar ineficiente, favorecendo a ocorrência dos mesmos fenômenos que seriam constatados caso o talude estivesse desprotegido, além de perda do investimento da obra e necessidade de retrabalho.

Dentre os métodos disponíveis de proteção superficial de taludes pode-se citar os mais comuns: grama em placas, grama armada, hidrossemeadura, biomantas, geocélulas, concreto projetado e aplicação de geotêxteis. No entanto, deve-se destacar que a proteção superficial dos taludes sempre deve vir sempre aliada a um sistema de drenagem superficial eficiente e bem executado, no intuito de conduzir as águas pluviais para locais adequados e evitar seu acúmulo no maciço.

Portanto, de acordo com o contexto apresentado pode-se formular a seguinte questão que irá nortear esta pesquisa: *“Qual o melhor método de proteção superficial para um talude rodoviário localizado na Rodovia Vereador Dourival da Silva Louzada (SP-563) que liga os municípios de Pereira Barreto à Mirandópolis/SP?”*

Para tal foi conduzido um estudo de caso da obra em estudo com o objetivo de estabelecer um comparativo entre três possíveis técnicas de proteção superficial para taludes: biomanta, hidrossemeadura e grama em placa; de forma a se verificar as vantagens e desvantagens de cada solução, bem como os custos de implantação de cada uma.



2. Referencial Teórico

2.1 Processos de movimentação de massas

Os solos resultam do intemperismo físico e processos químicos que atuam na rocha que lhe deu origem. No processo de intemperismo físico, a rocha é submetida a fatores externos, tais como: precipitações pluviométricas, alterações de temperatura, vegetação e vento. Estes processos causam a desagregação da rocha, posteriormente dando origem ao solo, de acordo com as características da rocha mãe. O processo químico é decorrente da ação da água juntamente com processos químicos como: hidratação, oxidação e carbonatação (Caputo, 1998).

Segundo Fiori e Carmignmi (2013), os taludes podem ser definidos como superfícies inclinadas que limitam um maciço de solo ou de rocha. Podem ser classificados em naturais (encostas) ou artificiais (corte e aterros). A estabilidade dos taludes está condicionada a interação entre os seguintes esforços solicitantes e características resistentes: peso próprio do solo (força solicitante), posicionamento do nível do lençol freático (força solicitante), solicitações externas (sobrecargas adicionais), sismos (força solicitante), geometria (força solicitante) e resistência ao cisalhamento do solo componente do maciço (força resistente) (Fiori & Carmignmi, 2013). A condição de estabilidade do solo ocorre pela relação de equilíbrio entre as forças resistentes e as solicitantes, denominada fator de segurança (Silva, 2015).

As movimentações de massa ocorrem devido ao desprendimento da massa de solo, contribuindo para que o talude não satisfaça sua condição de equilíbrio entre forças atuantes e resistentes (Ferreira, 2012). De acordo com a ABNT NBR 11.682/2009, conceito de ruptura de talude pode ser entendido como: “Modificação da geometria do talude ocasionada por escorregamento ao longo de uma superfície ou zona de concentração de deformações cisalhantes ou por deformações excessivas que afetem obras de engenharia.”

Dessa forma pode-se explicar que um talude pode ser considerado instável quando as tensões originárias de esforços instabilizantes tornam-se superiores às resistências ao cisalhamento do material em uma zona do maciço delimitada por uma superfície de ruptura potencial.

As movimentações são denominadas diferentemente, segundo a ABNT NBR 11.682/2009, sendo classificadas em: queda, tombamento, escorregamento e escoamento (*debris flow* ou *creeping*), conforme Figura 1. No ano de 1958, Varnes estabeleceu a diferença entre os processos de movimentação de massa em função da velocidade em que estes ocorrem, criando uma escala de classificação, tal como apresentada na Figura 2. Apesar das erosões não serem classificadas como movimentação de massa, causam danos consideráveis, pois reduzem a resistência ao cisalhamento interna do solo devido a saturação, podendo causar um desequilíbrio na relação entre esforços solicitantes e resistentes (Carvalho, Gitirana, Machado, Mascarenha & Silva, 2015).



Terminologia dos tipos de movimento de massa	Características
Queda/rolamento	Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento.
Tombamento	Movimento de massa em forma de balsa com eixo na base.
Escorregamento	Movimento de massa por deslocamento orientado por uma superfície de ruptura potencial
Escoamento	Movimento de massa com propriedades de fluido, lento (<i>creeping</i>) ou rápido (<i>debris flow</i>).

Figura 1. Tipos de movimentação de massa

Fonte: ABNT NBR 11.682/2009

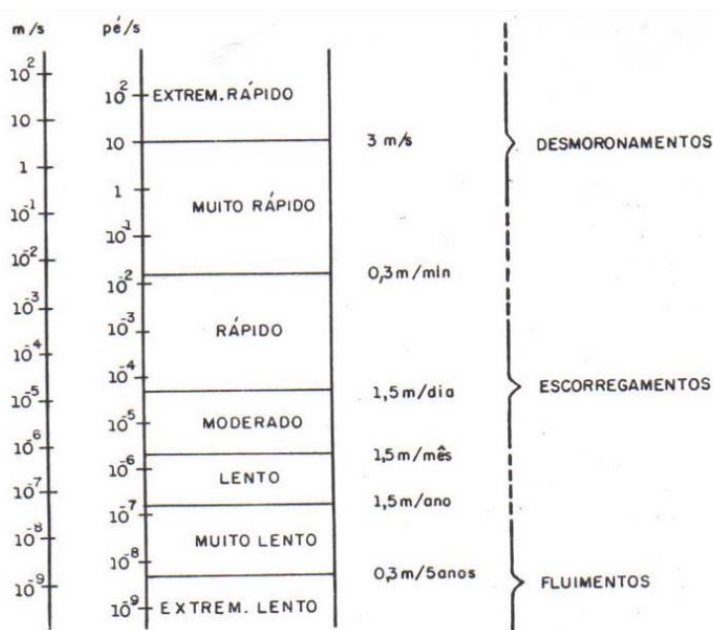


Figura 2. Escala de Varnes (1958)

Fonte: Marangon (2009)

Conforme Gerscovish (2016), as erosões são processos naturais evolutivos de desagregação do solo que ocorre nas camadas superficiais dos maciços. De acordo com Carvalho et al., (2015), a ocorrência de fenômenos erosivos está associada a fatores como: inclinação do maciço, tipo de solo, ausência de proteção vegetal, precipitações pluviométricas e ausência de sistema de drenagem superficial; porém a intervenção antrópica tem contribuído para que estes fenômenos sejam mais frequentes e intensos, causando danos ao meio ambiente. Segundo Gerscovish (2016) os processos erosivos são classificados em: voçorocas, ravinas e sulcos.

A voçoroca é decorrente das águas superficiais e subsuperficiais, que ao atingirem o lençol freático causam afundamentos que se assemelham a depressões (Morais, Bacellar & Sobreira, 2004). Segundo Tedesco, Antunes e Oliani (2014), em decorrência da perda de solo em grandes proporções, as voçorocas trazem danos sociais, ambientais e financeiros. As voçorocas estão no nível mais elevado de complexidade, no que se refere as erosões, dificultando o controle da área degradada e elevando os custos para a recuperação local (Carvalho et al., 2015).

Segundo Lafayette, Cantalice e Coutinho (2011), a ravina possui proporções menores que a voçoroca, ou seja, a desagregação ocorre somente nas camadas mais superficiais do solo, possui comportamento similar a erosão por sulcos. Segundo Carvalho et al. (2015), as erosões



nos sulcos ou lineares, acontecem devido ao acúmulo e passagem de água nos caminhos de preferência. As ravinas são uma evolução das erosões nos sulcos em conjunto com a erodibilidade do solo. Sendo que em processo evolutivo das ravinas resultam em voçorocas.

2.2 Proteção Superficial

A proteção superficial de taludes é uma solução cuja função é prevenir processos erosivos e a reduzir a incidência de infiltração no talude. As proteções superficiais podem ser classificadas devido ao tipo de materiais utilizados, sendo naturais ou artificiais. A escolha do tipo de material dependerá do tipo de solo e da topografia da área, no intuito de facilitar a execução da proteção e futuras manutenções. No entanto, destaca-se como a mais barata a cobertura executada com materiais naturais, tais como grama em placa, *mulching* e hidrossemeadura (Alheiros et al., 2003).

A Figura 3 apresenta as principais características que devem consultadas para a determinação de qual procedimento seguir, conforme as especificidades da obra

Item	Variável	Fator de Segurança do talude (FS)				
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1	Inclinação da Área	Plana	Até 30°	30° - 45°	45° - 60°	> 60°
2	Tipo de Material	Solo	Arenoso/ siltoso	Estéril	Pedregoso	Material solto
3	Preparo do Solo	Excelente	Razoável	Curva de nível/bermas	Irregular	Sem preparo
4	Técnica de Proteção	Biomanta reforçada	Biomantas simples	Hidrossemeadura ou <i>mulching</i>	Hidrossemeadura	Semeio manual
5	Altura do Talude (m)	Até 5,00	5,00 - 8,00	8,00 - 15,00	15,00 - 30,00	> 30
6	Drenagem	Sistema OK	Crista e bermas	Crista	Bermas	Inexistente
7	Época do Plantio	Início das chuvas	Meio das chuvas	Fim das chuvas	Fim da seca	Início da seca

Figura 3. Características para escolha de procedimentos adequados

Fonte: Adaptado de Pereira (2006)

2.2.1 Biomanta

Este método consiste na aplicação de uma manta biodegradável (geralmente composta por fibras naturais) sobre a superfície dos taludes a fim de promover proteção contra processos erosivos. A biomanta deve ser escolhida conforme as necessidades do solo. Estas são dispostas em rolos com largura média de 40 cm, que são desenrolados sobre talude, conforme a Figura 4. A colocação de grampos entre as biomantas proporciona melhor ancoragem ao solo, sendo os tipos mais usuais de aço, bambu e madeira (Deflor Bioengenharia, 2007). Usualmente, as biomantas são compostas por fibras de coco em que se coloca telas sobre as fibras, deste modo, pode-se considerá-la como uma técnica de baixo custo e de baixo impacto ambiental (Oliveira, Souza, Carvalho & Lima, 2016).



Figura 4. Rolos de biomantas e aplicação ao solo

Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

A utilização das biomantas proporciona a retenção das sementes das gramíneas lançadas no talude, evitando perda destas em função de precipitações pluviométricas no período inicial de aplicação. Estas também auxiliam na quebra de dormência e germinação de sementes (Medeiros, Bicalho, Sá, Paulino & Disciaciati, 2014). A biomanta fornece à semente condições de temperatura e umidade ideais para seu desenvolvimento, além do fato de que, quando esta se degrada, serve de adubo para o desenvolvimento da gramínea.

Oliveira et al. (2016) estudaram a aplicação de biomantas obtidas a partir do bagaço de cana de açúcar sobre sementes gramíneas Batatais e Pensacola. Os autores verificaram que a utilização do bagaço contribuiu para a diminuição do tempo de germinação e desenvolvimento das sementes, além de possibilitar um descarte sustentável para o bagaço de cana de açúcar.

No estudo de Gomes (2005), foram instaladas biomantas (com gramíneas Braquiárias decumbens e espécies arbóreas) sobre um talude Marginal com o intuito de verificar a eficácia contra erosões nas margens de um trecho do rio São Francisco. Apesar de ser baixa a margem do rio a aplicação da biomanta colaborou para a revegetação local e para a diminuição da intensidade de erosões.

Mariani (2016) estudou a eficiência de aplicações de sementes (aveia preta, azevém, pensacola) em taludes contra erosões associada aos procedimentos: sem biomanta, com biomanta de fibra de coco e biomanta artesanal de sisal (cordões de sisal), no período de 10 meses. Foram constatados que os trechos protegidos pelas biomantas tiveram menor perda de solo e de água em comparação ao trecho apenas com semeio. Concluiu-se que os procedimentos com as mantas biodegradáveis se demonstraram viáveis técnica e economicamente e eficientes contra as erosões no solo.

2.2.2 Hidrossemeadura

Hidrossemeadura é um tipo de solução vegetal para proteção da superfície de taludes. Neste processo são utilizadas sementes de gramíneas e leguminosas, que em mistura aquosa com elementos aderentes e fertilizantes são lançadas no talude por meio de jateamento de alta pressão, no qual utiliza-se um conjunto moto-bomba, tal como verificado na Figura 5.



Figura 5. Aplicação da hidrossemeadura e caminhão adaptado

Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

A sequência a ser seguida para se executar a hidrossemeadura é: i) preparação do solo (cavas para inserir das sementes), ii) inserção de fertilizantes, iii) preparo da solução aquosa, iv) jateamento por alta pressão e, v) manutenção periódica. Na Figura 6 são apresentadas as espécies de vegetação mais comuns no método de hidrossemeadura e os meses do ano mais adequados para o cultivo (DNIT, 2009).

Nome Popular	Tipo	Nome Científico	Época de Plantio	Densidade(g/m ²)
Azevém perene	Gramineae	<i>Lolium perene</i>	mar/mai	15
Cevadilha		<i>Bromus catharticus</i>	mar/mai	6
Capim de Rhodes		<i>Chlorys gayana</i>	set/out	6
Braquiária decumbens		<i>Brachiaria decumbens</i>	set/nov	5
Braquiária humidicola		<i>Brachiaria humidicola</i>	set/nov	8
Grama batatais		<i>Paspalum notatum</i>	abr/jun	5
Pensacola		<i>Paspalum sauriae</i>	abr/jun; set/out	12
Festuca		<i>Festuca arundinacede</i>	mar/mai	10
Ervilhaca	Leguminosae	<i>Vicia sativa</i>	mar/mai	30
Trevo vermelho		<i>Trifolium pratense</i>	mar/mai	6
Trevo vesiculoso		<i>Trifolium vesiculosum</i>	mar/jun	4
Soja perene		<i>Glycine wightii</i>	set/out; jan/fev	4
Desmódio		<i>Desmodium intortum</i>	set/out	3

Figura 6. Espécies de sementes para hidrossemeadura

Fonte: Adaptado de DNIT (2009)

Nappo et al. (2004) pesquisaram a utilização de hidrossemeadura com três tipos de sementes (azevém, soja-perene e capim-gordura) e plantio homogêneo de *Mimosa Scabrella Bentham* (bracatinga) em áreas degradadas por atividades de mineração em Poços de Caldas, Minas Gerais. Em que a utilização dessas sementes se mostrou eficaz em áreas degradadas outrora por mineração.

A aplicação da técnica em superfícies planas (normalmente em taludes) e com o uso de espécies arbustivo-arbórea em regiões degradadas na região da Serra do Mar, mostrou a versatilidade do método e a adaptação de tipos diferentes de sementes. Mesmo utilizando apenas sementes de baixa densidade, a hidrossemeadura mostrou-se viável contribuindo para o desenvolvimento da revegetação (Basso, 2008).

Azalia, Retnaningdyah e Arisoesilansih (2016), analisaram a aplicação de hidrossemeadura na proteção de áreas que outrora eram usadas para a mineração de carvão no Kalimantan do Sul, Indonésia, no qual foram testadas sete diferentes proporções das sementes:



Crotalaria pallida, *Cajanus cajan*, *Kyllinga monocephala*, *Paspalum conjugatum*, *Digitaria sanguinalis* e *Eleusine*. Concluiu-se que, no geral, houve boa aderência ao solo de tais sementes utilizando a técnica preventiva no período de 15 dias, no entanto a espécie *Kyllinga monocephala* não aderiu a três proporções das sementes e a espécie *Digitaria sanguinalis* não aderiu a uma proporção de sementes estudadas.

2.2.3 Grama em placa

A grama em placa é um método de execução rápida e consiste na colocação de placas de gramas sobre a superfície do talude preparada para receber o procedimento, de acordo com a Figura 7. Para inclinações superiores a 2,0(H): 1,0(V) indica-se a utilização de grampos metálicos ou de bambus (taliscas) para a ancoragem das placas ao solo (DER, 1991).



Figura 7. Gramas em placa e aplicação das placas (Rodoanel Norte – Lote 04/SP)

Fonte: Madegramas Paisagismo (2015)

As espécies de grama: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*), são consideradas as mais apropriadas ao clima tropical do Brasil. Podendo ser utilizadas em diversos locais. No entanto esta técnica possui como desvantagem o crescimento das ervas daninhas, sendo necessário o uso de herbicidas (Costa, Martins, Rodrigues, & Cardoso, 2010).

Deve-se ressaltar que em casos que o talude apresenta solo arenoso, demasiadamente siltoso ou mesmo pedregulho, deve-se prever, antes do assentamento das placas, uma camada de ao menos 20cm de espessura composta por solo fértil. Caso contrário, as placas de grama não se desenvolverão, ocasionando falhas na proteção superficial.

3 Metodologia

A metodologia aplicada neste relato foi o estudo de caso, com análise qualitativa e abordagem exploratória. Segundo de Yin (2015), é definido como um estudo específico, no qual ocorre a descrição de um fenômeno específico, que se subdivide em duas etapas: a primeira é a coleta de referencial na literatura (embasamento teórico) e a segunda é observação dos fatos ou fenômenos, a pesquisa em si. Ainda de acordo com o autor, nessa metodologia pode-se utilizar mais de uma fonte de informação, por exemplo: documentos, registros, entrevistas, observação direta etc. A abordagem utilizada nesta pesquisa foi do tipo exploratória e as análises conduzidas foram qualitativas.

Neste estudo foi realizada revisão na literatura e consulta a artigos, dissertações, teses, norma ABNT NBR 11.682/2009 “Estabilidade de Encostas”, e manuais técnicos do DNIT e



DER. Por meio do contato com a empresa Madegramas Paisagismo, foi realizada uma entrevista semiestruturada com o Engenheiro Agrônomo Lenormam Felício Cristóvão, acerca da utilização de coberturas vegetais apresentada na Figura 8. Destaca-se que o referido engenheiro foi o responsável pela execução da obra em estudos.

Em contato com empresa Madegramas Paisagismo foram fornecidos documentos e projetos que relatavam os tipos de materiais utilizados na composição do fluido (sementes, fertilizantes, aglutinantes, condicionador e água) necessário para a hidrossemeadura. Tendo em vista o tipo de solo e as condições da área de estudo, foi realizada uma busca bibliográfica no intuito de se verificar para o local em estudos o tipo mais adequado de biomanta e grama em placa, conforme a proporção do traço da hidrossemeadura.

4 Resultados e discussões

4.1 Caracterização do local em estudos

O talude em estudo localiza-se no km 11 da Rodovia Vereador Dourival da Silva Louzada (SP-563), a qual liga os municípios de Pereira Barreto à Mirandópolis e possui cerca de 3000m² de área de face. A proteção do talude foi realizada pela empresa Madegramas Paisagismo por meio da utilização do método de hidrossemeadura, em contrato com a Companhia Energética de São Paulo - (CESP)

O maciço local é caracterizado como arenoso e de cor marrom avermelhada com inclinação dos taludes de 3,0(V):1,0(H) e altura de 6m. A Figura 8 apresenta o processo de execução da proteção da área em estudos.



Figura 8. Preparação do solo para a hidrossemeadura e talude finalizado

Fonte: Madegramas Paisagismo (2015)

4.2 Entrevista com o engenheiro responsável pela obra

A seguir, na Figura 9 são apresentadas as questões feitas ao Engenheiro Lenorman, bem como a transcrição de suas respostas.

Questão	Resposta - Engenheiro Lenormam
Qual a importância da aplicação das coberturas vegetais para a prevenção contra erosões em taludes?	“A vegetação contribui essencialmente para que as partículas do solo não se desagreguem com o impacto direto das chuvas sobre a superfície desprotegida, ou seja, a massa foliar serve como amortecedor natural e captação de água. Outro aspecto importante; funciona como meio drenante do solo através da absorção de água pelo sistema radicular para suas atividades metabólicas, hidratação e perda por evapotranspiração. No caso específico da hidrossemeadura, onde se emprega o uso de diversas espécies vegetais com morfologias variadas de sistema radicular, quando



	consoiciadas, proporcionam uma melhor estabilidade do solo, ou seja, cada espécie apresenta um tipo de sistema radicular seja pivotante ou fasciculado com profundidades diversas agregando as partículas do solo. Um comparativo seria a função das ferragens em obras estruturais. Observação: A vegetação não é a única solução para conter a erosão e sim um fator de contribuição. É de extrema importância a elaboração de projeto de drenagem para captação e condução adequada da água sem que adquira velocidade capaz de carrear material de superfície.”
Nos taludes, quais são as principais vantagens de utilizar coberturas vegetais em relação aos demais tipos disponíveis no mercado (geocélula, jateamento de concreto, biomanta...)?	“Principal vantagem seria o seu custo de aplicação, estética e sustentabilidade. Vale frisar que a vegetação se adota em situações de topografia, condições físicas de solo e finalidades específicos. Caso não adequado, adota se outros meios como: solo armado, gabião, rip-rap, projetado, taludes atirantados e outros.”

Figura 9. Entrevista com engenheiro Lenormam

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Figura 9, o engenheiro destaca a importância da utilização da cobertura vegetal como agente de proteção da superfície do talude. Além de prevenir fenômenos erosivos, segundo o Engenheiro Agrônomo, a vegetação funciona como um agente drenante por meio da absorção de água pelo sistema radicular da vegetação, opinião de concorda com o exposto por Alheiros et al., (2003). Ainda, de acordo com o Engenheiro Agrônomo a solução de cobertura do talude deverá estar de acordo com as condições específicas do local em que esta será aplicada, tal como já relatado por Alheiros et al., (2003). Outro aspecto destacado pelo Engenheiro Agrônomo é que a cobertura vegetal deve ser executada em conjunto com um sistema de drenagem, captação e condução de águas pluviais para locais adequados, afirmativa esta comentada por Gerscovish (2016).

Verifica-se também por meio da Figura 9 que o Engenheiro Lenormam comenta que a principal vantagem das soluções de cobertura vegetal em relação às artificiais (concreto projetado, geocélula) consiste no baixo custo de implantação, tal como já destacado por Alheiros et al., (2003).

4.3 Comparação entre os processos executivos das soluções em estudo

Nesta seção serão apresentados dados obtidos pela pesquisa, como os materiais utilizados em cada procedimento executivo para área de face 3000m², as vantagens e desvantagens de cada solução de cobertura vegetal (biomanta, hidrossemeadura e grama em placa). Os cálculos de custo de cada método foram realizados por meio da Tabela de Preços Unitários do DER (2018). A Tabela 1 apresenta os custos estimados para cada método preventivo contra erosões.

Tabela 1:

Custo executivo dos métodos em estudo

Método Preventivo	Tipo (Tabela de Preços Unitários)	Custo Unitário (R\$/m ²)	Área de estudo (m ²)	Custo Total (R\$)
Biomanta	Manta Geotêxtil não tecida resistência longitudinal 14kN/m	8,26	3000	24780
Hidrossemeadura	Plantio de Grama proc. Hidrossemeadura	7,50	3000	22500
Grama em placa	Grama em placa com adubo	9,10	3000	27300

Fonte: Dados da pesquisa



A escolha dos tipos de materiais para cada aplicação ocorreu a partir das necessidades apresentados pelo solo da área em estudo. Conforme a Tabela de Preços Unitários do DER, (2018), os itens referentes às biomantas possuem diferentes resistências variando entre 7 kN/m e 31 kN/m considerando-se mantas não tecidas, que apresentam melhor aderência ao solo, e resistências de 24 kN/m e 48 kN/m para as mantas tecidas. A partir destes dados observou-se que a hidrossemeadura apresentou menor custo em comparação as demais soluções, tornando-se a alternativa mais adequada em comparação de custos.

A Figura 10 explicita as vantagens e desvantagens dos métodos preventivos contra erosões em taludes disponíveis na literatura e associadas ao solo em estudo.

Método Preventivo	Vantagens	Desvantagens
Biomanta	As precipitações não carregam as sementes; Evita a dormência das sementes e contribui para a germinação; Facilidade executiva	Dependência climática; Manutenção
Hidrossemeadura	Não necessita de mão de obra especializada; Baixos impactos ambientais, por ser revegetação; Execução em diferentes ângulos (plano ou íngreme); Custo baixo na execução devido a mão de obra; Alta produtividade;	Dependência das condições climáticas, como a falta da ocorrência de precipitações pluviométricas para a germinação das sementes, causam dormência; Necessidade de cobertura adicional; Preparação do solo em regiões íngremes Manutenção
Grama em placa	Baixo custo; Execução rápida e eficiente	Dependência climática; Manutenção feita a cada 3 meses; Crescimento de erva daninha; Uso de herbicida

Figura 10. Comparação entre as soluções de cobertura estudadas

Fonte: Dados do estudo com base na bibliografia consultada

O método da biomanta possui facilidade executiva, evitando o carregamento das sementes pela ocorrência das precipitações pluviométricas, pois as sementes estão sob a manta, com isso previne-se a dormência das sementes. Porém depende das condições climáticas e demanda manutenções.

A aplicação da técnica por grama em placa apresenta facilidade executiva e baixo custo, mas depende do clima, e faz-se necessária aplicação de herbicidas a fim de prevenir o crescimento de ervas daninhas, demandando manutenções frequentes.

A hidrossemeadura apresenta baixo impacto ambiental por ser uma solução vegetal com material natural, baixo custo por não ser necessário mão de obra especializada sendo o procedimento por jateamento relativamente simples e rápido, possibilitando a aplicação da técnica em diferentes ângulos. No entanto a falta de precipitações pluviométricas pode causar a dormência das sementes prejudicando a germinação das sementes.

Os três métodos possuem baixo custo de implantação, porém dependem das condições climáticas para desenvolver-se e revegetar a área em que foram aplicados. Para a área de estudo a aplicação da hidrossemeadura foi realizada devido a facilidade executiva do método, pela facilidade de desenvolver-se em áreas degradadas e pelo menor custo dentre as alternativas possíveis estudadas nesta pesquisa.



5 Considerações finais

A aplicação de técnicas de revegetação em taludes apresenta baixos impactos ambientais devido a utilização de materiais naturais, porém, em grande parte faz-se necessário reparos e manutenções, os quais podem ser efetuados por mão de obra pouco especializada, mas sob a supervisão de um engenheiro. A função dos métodos de proteção superficial estudados é o de prevenir a ocorrência de erosões em taludes e, como consequência, afetar sua estabilidade.-

No caso da área da estudada, a escolha da solução por hidrossemeadura ocorreu pela baixa fertilidade do solo e pela tentativa frustrada da aplicação de grama batatais. A escolha de sementes é de grande importância para a adesão dos métodos ao solo, com isso deve-se buscar o tipo mais adequado ao solo e as condições de clima locais. A aplicação, sem sucesso, de gramas batatais, na área de estudo, pode ter contribuído para que a hidrossemeadura fosse a alternativa implantada, bem como o menor custo dessa solução por m²

Conclui-se que as alternativas de proteção superficial possuem vantagens e desvantagens e diferenças entre os custos de implantação. Dessa forma, antes da escolha do melhor tipo de solução a ser utilizada recomenda-se um estudo prévio de cada tipo de cobertura em relação as especificidades das obras, tais como: inclinação do talude, cronograma executivo, fertilidade do solo, custos de implantação, etc. Neste contexto, a solução por hidrossemeadura apresentou menor custo e adaptou-se melhor as condições do local em estudos.

REFERÊNCIAS

- Alheiros, M. M., Souza, M. A. A., Bitoun, J., Medeiros, S. M. G. M., & Amorim, W. M. Jr., (2003). *Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife*. Recuperado em 04 maio, 2018 de https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=manual-de-ocupacao-de-morros.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). NBR 11682: Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro. Recuperado em 16 julho, 2018, de <https://dokumen.tips/download/link/nbr-11682-2009-estabilidade-de-encostas>
- Azalia, D. Retnaningdyah, C., & Arisoesilarningsih, E. (2016). Germination of seeds of some local pioneer plant species in different hydroseeding mulches for revegetation of post-coal mining soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(4), 609-615.
- Basso, F. de A. (2008). *Hidrossemeadura com espécie arbustivo- arbóreas nativas para preenchimento de áreas degradadas na Serra do Mar*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Caputo, H. P. (1988). *Mecânica dos solos e suas aplicações fundamentos (6a ed.)* Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- Carvalho, J. C. de, Gitirana, G. de F. N., Machado, S. L., Mascarenha, M. M. dos A., & Silva, F. C. Filho. (Orgs.). (2015). *Solos não saturados no contexto geotécnico*. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.
- Castro, A. P. A. de, Rodrigues, R. A., & Bezerra, B. S. (2015). Proposição de um checklist para a gestão de taludes em projetos rodoviários. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 3(14), 01-13.
- Costa, N. V., Martins, D., Rodrigues, A. C. P., & Cardoso, L. A. (2010). Seletividade de herbicidas aplicados nas gramas Santo Agostinho e Esmeralda. *Planta Daninha*, 28(1), 139-148.



- Deflor Bioengenharia. (2007). *Guia de instalação de biomantas antierosivas, retentores de sedimentos e hidrossemeio*. Recuperado em 14 de maio, 2018 de <http://deflor.com.br/publicacoes-e-links/>.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – (DER). (1991). *Manual de Geotécnica Taludes de rodovias: Orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas*. Recuperado em 14 de maio, 2018, de <http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/Geotecnia.aspx>.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – (DER). (2018). *Tabela de Preços Unitários*. Recuperado em 16 de julho, 2018, de <http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/PrecosUnitarios.aspx>
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - (DNIT). (2009). *Manual de vegetação rodoviária*. Recuperado em 13 maio, 2018, de <http://www1.dnit.gov.br/normas/MANUAL%20DE%20VEGETACAO%20RODOVIARIA%20-%20VOLUME%201.pdf>.
- Ferreira, J. L. F. (2012). *Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Janbu e Spencer*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Fiori, A. P., & Carmignmi, L. (2013). *Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes*. Curitiba: Ed. UFPR.
- Gerscovich, D. M. S. (2016). *Estabilidade de Taludes*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Gomes, L. G. N. (2005). *A Bioengenharia como ferramenta para restauração ambiental das margens do rio São Francisco*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.
- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos recursos naturais renováveis – (IBAMA). (1990). *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Recuperado em 14 maio, 2018, de <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/ManualdeRecuperacaodeareasDegradadaspelaMineracao.pdf>.
- Lafayette, K. P. V., Cantalice, J. R. B., & Coutinho, R. Q. (2011). Resistência à erosão em ravinas, em latossolo argiloarenoso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(6), 2167-2174.
- Machado, C. C., Fernandes, D. C. de, Pereira, R. S., Santanna, G. L., Lima, D. C. de, & Pires, J. M. M. (2003). Classificação tecnológica de solos e resíduos industriais, com e sem tratamento térmico, para fins rodoviários. *Revista Árvore*, 27(5), 657-668.
- Madegramas Paisagismo. (2015). *Nossos serviços*. Recuperado em 21 junho, 2018, de <http://www.madegramas.com.br/paisagismo>.
- Mariani, P. P. (2016). *Produção e aplicação de biomantas para controle de erosão em taludes*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Marangon, M. (2009). *Unidade 04 – Estabilidade de taludes* [apostila tópicos em Geotecnia e Obras de Terra]. Minas Gerais: Universidade Federal de Juiz de Fora -UFJF.
- Medeiros, K. P. M., Bicalho, T. C. A., Sá, V. G. M., Paulino, G. M., & Dicacciati, G. C. P. (2014, novembro). *Estudo de caso e alternativas para falha na revegetação de taludes por hidrossemeadura na Mina do Andrade (MG)*. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Recuperado em 15 junho, 2018, de <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/VI-089.pdf>.
- Morais, F., Bacellar, L. A. P., & Sobreira, F. G. (2004). Análise da erodibilidade de saprobilitos de gnaíse. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(6), 1055-1062.
- Nappo, M. E., Griffith, J. J., Martins, S. V., Marco, P. de Jr, Souza, A. L. de, & Oliveira, A. T. de Filho. (2004). Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em sub-



bosque de Mimosa Scabrella Betham em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Revista Árvore*, 28(6), 811-829.

- Oliveira, A. M., Souza, A., Carvalho, J. B., & Lima, C. G. da R. (2016, outubro). *Biomanta de fibra de cana-de-açúcar para proteção de taludes*. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica. Recuperado em 14 maio, 2018, de <https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/PROCEEDINGS/PDF/CB-05-0122.pdf>.
- Pereira, A. R. (2006). *Como selecionar plantar para áreas degradadas e controle de erosão*. São Paulo: Fapi.
- Pereira, L. A. G., & Lessa, S. N. (2011). O processo de planejamento e desenvolvimento rodoviário no Brasil. *Caminhos de Geografia*, 12(40), 26-46.
- Silva, A. C., Jr. (2015). *Abordagem rítmica probabilística aplicada em análises de fluxo e estabilidade de taludes*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- Tedesco, A., Antunes, A. F. B., & Oliani, L. O. (2014). Detecção de formação erosiva (voçoroca) por meio de classificação hierárquica e por árvore de decisão [Versão eletrônica]. *BCG - Boletim de Ciências Geodésicas*, 20(4), 1005-1026.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (C. M. Herrera, Trad.). Porto Alegre: Bookman. (Obra original publicada em 2014).