

METODOLOGIA APLICADA PARA DETERMINAÇÃO DE SOLUÇÕES TIPO PARA PROTEÇÃO SUPERFICIAL DOS TALUDES EM SITUAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS NO TRECHO DE PLANALTO DA RODOVIA SP-099.

¹ Felipe Moura Moniz Caldeira; ²Luiz Felipe Silva; ³Fernando Facciolla Kertzman

Resumo – O presente estudo tem como objetivo demonstrar a metodologia aplicada para determinação de soluções tipo, adequadas na recuperação de taludes no trecho de Planalto da rodovia SP-099. Para tanto, foram realizados levantamentos na bibliografia pertinente ao tema, de maneira a elencar quais as principais técnicas utilizadas nestes processos. Empregou-se a aerofotogrametria para coleta de dados dos taludes onde, em *softwares* de geoprocessamento, foi possível obter as curvas de nível e calcular as declividades destes taludes/passivos. Como resultado, foi obtido uma tabela síntese indicando as características das técnicas a serem aplicadas para proteção superficial de taludes, abarcando a necessidade de regularização do terreno, preparo do solo e as técnicas indicadas para quais declividades e para que tipo de solo. Essas informações organizadas contribuíram no apoio a tomada de decisão assertiva sobre quais técnicas seriam as mais indicadas para a recuperação de cada talude estudado.

Abstract – This study presents the methodology applied to identify suitable solutions for the rehabilitation of artificial slopes lacking surface protection along the plateau section of highway SP-099. A literature review was conducted to identify relevant techniques, and aerial photogrammetry was used to collect slope data. Geoprocessing tools enabled the extraction of contour lines and the calculation of slope gradients. A summary table was developed, outlining key characteristics of surface protection methods, including terrain regularization needs, soil preparation, applicable gradients, and suitable soil types. These findings supported informed decision-making regarding the most appropriate technique for each analyzed slope.

Palavras-Chave – Proteção superficial; taludes; aerofotogrametria; passivos ambientais.

¹ Eng., Geotec Consultoria Ambiental: São Paulo – SP, (11) 97271 8205, felippe@geotecbr.com.br

² Eng., Geotec Consultoria Ambiental: São Paulo – SP, (12) 9 8885 5315, luiz.felipe@geotecbr.com.br

³ Geól., PhD, Geotec Consultoria Ambiental: São Paulo - SP, fernando@geotecbr.com.br

1. INTRODUÇÃO

DNIT (2006) apresenta que passivo ambiental pode ser definido como uma falha na construção, restauração ou manutenção de uma rodovia que tenha como consequência um fator de impacto ambiental à área de influência direta e ao corpo estradal de uma rodovia. Também, que esses podem ocorrer em área que foram anteriormente utilizadas na construção de uma rodovia ou nos serviços de conservação rodoviárias (DNIT, 2006).

Os principais passivos ambientais encontrados em rodovias estão relacionados aos casos de estabilização de encostas naturais ou os artificiais (corte e aterro) onde, muitas vezes, a evolução de pequenos problemas não tratados em sua fase inicial e/ou construtiva, acarretam em avanços nas patologias e aumentos dos custos de sua resolução (DER-SP, 1991).

Neste contexto, a rodovia SP-099 teve seu processo de duplicação, no trecho denominado de planalto, realizado pelo poder público estadual paulista entre os anos de 2012 a 2014. Tais obras ocorreram entre o Km 11+500 ao 60+000.

Contudo, ao término da execução das obras, diversos taludes ficaram sem as devidas proteções superficiais, gerando quadros de passivos ambientais relacionadas a instabilidade destes terraplenos, como erosões e movimentações de massa, os quais necessitaram ser corrigidos anos após o encerramentos das atividades de duplicação, visando a segurança da operação da rodovia.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia aplicada nos estudos realizados para a determinação das melhores técnicas de proteção superficial nos taludes artificiais oriundos da obras de duplicação do trecho de planalto da SP-099.

2. OBJETIVOS

Demonstrar a metodologia aplicada para determinação da solução adequada na recuperação dos taludes artificiais com falta de proteção superficial no trecho de Planalto da rodovia SP-099, levando em consideração as questões geológicas, de solo e declividade.

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Principais Técnicas de Revegetação Estudadas

3.1.1. Placas de Grama

Essa alternativa promove um bom recobrimento do solo e de maneira rápida. Sua função se restringe a proteção da camada superior do solo contra o impacto direto das gotas de chuva e a ação eólica.

Em taludes íngremes recomenda-se a utilização de tela plástica, fixadas por grampos para a colocação do gramado em placas. Em terrenos com declividade muito alta é comum que as placas “escorreguem” e é muito difícil o “pegamento” (MORETTO, 2012; FERNANDES, 2004).

Como vantagem tem-se o revestimento imediato do solo com uma camada de solo orgânico. Como desvantagem tem-se o custo relativamente elevado e dificuldade de introdução de outras espécies no sistema. O sistema radicular é pouco profundo e geralmente requer manutenção periódica (adubação) (MORETTO, 2012; FERNANDES, 2004).

3.1.2. Hidrossemeadura

A hidrossemeadura se baseia no lançamento de uma solução aquosa contendo sementes de espécies consorciadas, adubos, nutrientes e adesivos, por meio de uma motobomba. A mistura é lançada à alta pressão e adere à superfície, fixando sementes e demais componentes, e forma uma camada protetora que age até o desenvolvimento da vegetação, auxiliando na conservação da umidade, controlando a temperatura, prevenindo a compactação do solo e reduzindo o impacto direto da chuva, além de favorecer o rápido desenvolvimento das espécies e evitar que as sementes se movimentem do seu local de lançamento (SILVA, FILHO, 2018).

A hidrossemeadura oferece melhores resultados quando executada nos períodos chuvosos, observando-se sempre boas condições de umidade do substrato. Sua vantagem está intimamente ligada à facilidade de reestabelecer a camada vegetal, com alta velocidade de execução e uniformidade dos resultados (SILVA, FILHO, 2018), além de permitir um controle sobre as espécies a serem utilizadas e atingir áreas de difícil acesso ou de inclinações mais elevadas, onde é perigoso o plantio manual e mecânico.

Como desvantagens, há a necessidade de existência de fontes de água nas proximidades, necessidade de repasses para recobrimento de falhas, dificuldade de estabelecimento de espécies espontâneas, utilização de um número maior de sementes que o semeio manual e utilização de mão de obra especializada (MORETTO, 2012; FERNANDES, 2004; PONTES et al., 2025).

3.1.3. Geomantas

Constituem um método de proteção de talude baseado na cobertura superficial onde sua intenção é gerar uma cobertura capaz de reduzir o impacto das gotas de chuva e o desprendimento de partículas durante o escoamento, por meio de mantas sintéticas que são aplicadas e fornecem proteção ao solo desprovido de cobertura vegetal. Juntamente com a geomanta é lançado um coquetel de sementes que, ao se desenvolverem, reforçam a proteção já oferecida pela manta, tornando a cobertura ainda mais efetiva no combate a erosão (SANTOS, 2015).

Uma de suas principais vantagens é o custo, que é bem menor que alguns métodos convencionais, como projeção de concreto, além de se adequar melhor ao ambiente, proporcionando uma boa integração da obra com o meio ambiente, sem causar tantos impactos ambientais e visuais. Contudo, tal método gera resquícios de materiais sintéticos no ambiente e pode contribuir para a disseminação de espécies vegetais não pertencentes à região. Também, pode ser aplicada em locais com inclinações mais críticas (SANTOS, 2015).

3.1.4. Biomantas

Compõem uma alternativa ao controle da erosão cuja estrutura é bastante semelhante às geomantas. Seu principal destaque está relacionado ao seu caráter biodegradável (composta por fibras de coco, palha ou capim), impactando menos o ambiente e conferindo à obra um maior tom de sustentabilidade, assim como a duração desta ser por tempo suficiente para que a vegetação adequada se desenvolva e seja capaz de proteger o solo contra os agentes erosivos (SANTOS, 2015) e haja o reestabelecimento do sistema de drenagem natural.

A presença da biomanta em uma primeira fase de execução evita que a água entre em contato diretamente com a superfície do solo, ameniza os processos de deslocamento e mobiliza partículas de material (SILVA, FILHO, 2018). Em um segundo momento, com o desenvolvimento da cobertura vegetal e desgaste da biomanta, esta passa a servir como adubo propiciando o desenvolvimento de espécies e sendo ambientalmente sustentável (NETO, 2022).

São aplicáveis em casos de áreas recém terraplenadas, como taludes de corte e aterro, e áreas com recobrimento deficiente de vegetação, quando associadas a espécies vegetais, para estabilizar a área em termos de erosão, ou para finalidades ambientais e/ou estéticas. Entretanto,

seu uso está sujeito a uma série de condições do ambiente, tal como a inclinação e composição granulométrica do maciço. Como pontos contra, não são aplicáveis a taludes muito inclinados ou com velocidades elevadas de fluxo.

3.1.5. Concreto Projetado

Tal método de controle de erosão age protegendo a superfície contra a ação de intempéries, reduzindo a infiltração (impermeabiliza a superfície) e atribuindo maior resistência à camada superficial, que não sofrerá desprendimento com o impacto das gotas de chuva e com o estabelecimento de enxurradas.

Seu uso é geralmente combinado com a utilização de métodos para estabilização de taludes, como a técnica de solo grampeado. Essa técnica é uma das mais aplicadas em obras de geotecnia, onde há dificuldades para o controle da erosão. Sua extrema praticidade permite seu emprego em áreas de difícil acesso e regularização (SANTOS, 2015).

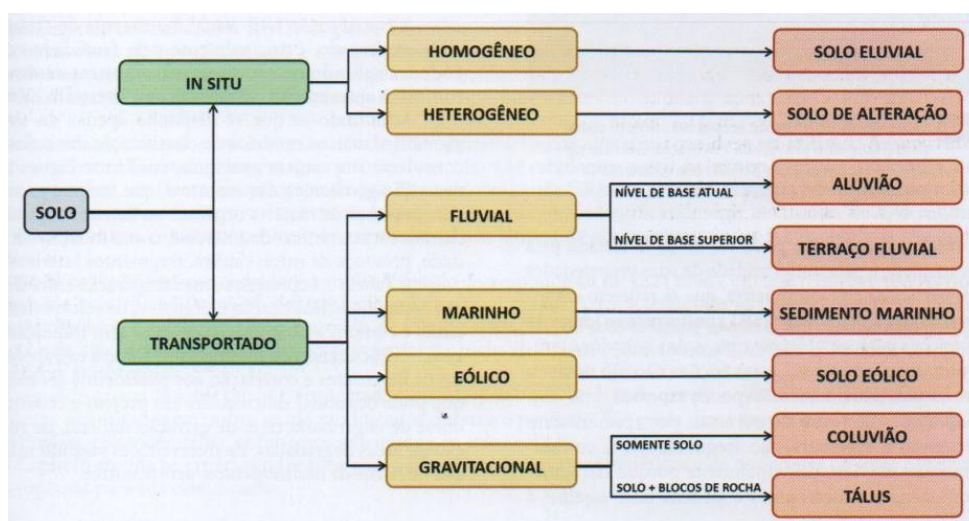
As principais vantagens do concreto projetado, quando comparado às outras proteções de concreto, estão norteadas no princípio de economia em custos e prazos. Como não requer o uso de fôrmas, escoramentos e deforma, gera também economia de material e mão de obra, além da possibilidade de ser usado em locais de difícil acesso e regularização (PILLAR, 2014).

3.2. Tipos de solos

Para a Geologia de Engenharia, o tipo de solo é definido a partir da origem e do processo de formação do mesmo, sendo por isso também denominada de classificação genética dos solos. Em sua identificação, os modelos devem definir se o solo é encontrado no mesmo local onde foi produzido, como os solos eluviais e de alteração, ou se suas partículas sofreram algum tipo de transporte, como os aluviões, terraços fluviais, sedimentos marinhos, solo eólico, coluvião e tálus.

A Figura 1 a seguir apresenta o fluxograma para identificação do tipo de solo, de acordo com a Geologia de Engenharia, segundo Vaz & Gurgueira (2018).

Figura 1 - Fluxograma para identificação do tipo de solo de acordo com a Geologia de Engenharia.



Fonte: Vaz & Gurgueira, 2018.

Já para a Pedologia, os solos ocorrem na paisagem compondo unidades de compartimentos delimitáveis por meio da distinção de características morfológicas dos horizontes pedológicos.

Entende-se por perfil de solo a seção vertical de um terreno constituído de horizontes ou camadas, bem definidas por suas características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas. Assim, os perfis verticais são constituídos por horizontes pedológicos, representados por letras maiúsculas: O, H, A, E, B, F e C:

- Horizonte O: pouca matéria mineral e domínio de matéria orgânica, constituída por restos vegetais e húmus, formado em ambiente seco;
- Horizonte H: similar ao horizonte O, diferindo-se por se formar em ambiente saturado em água, tal como veredas e campos úmidos;
- Horizonte A: domínio de matéria mineral em relação à matéria orgânica;
- Horizonte E: apresenta intensa perda de materiais coloidais, contendo essencialmente minerais resistentes à remoção pela água de percolação, especialmente a sílica;
- Horizonte B: apresenta a maior concentração de minerais secundários e características pedogenéticas mais desenvolvidas;
- Horizonte F: caracterizado pela riqueza em compostos de ferro e alumínio, sendo vulgarmente conhecido como canga, couraça, etc.;
- Horizonte C: se refere ao material de origem dos solos proveniente da alteração do substrato rochoso ou de sedimentos, guardando características reliquias da rocha matriz.

3.3. Fertilidade dos Solos

A fertilidade de solos está intimamente relacionada ao seu material de origem e seus processos de formação. O solo resulta da ação simultânea e integrada do clima e organismos que atuam sobre o material de origem.

Durante o seu desenvolvimento, o solo sofre ação de diversos processos de formação como perdas, transformações, transportes e adições. Esses processos são responsáveis pela transformação da rocha em solo, diferenciando-se desta por ser constituído de uma sucessão vertical de camadas que diferem entre si na cor, espessura, granulometria, conteúdo de matéria orgânica e nutrientes de plantas. Esses processos são responsáveis pela formação de todos os tipos de solos existentes, os quais são subdivididos em horizontes e se organizam da superfície para o fundo, como descrito a seguir:

- Solo residual maduro: é o solo que perdeu toda a estrutura original da rocha que lhe deu origem e tornou-se relativamente homogêneo. Não se consegue observar restos da estrutura da rocha e nem de seus minerais;
- Solo de alteração de rocha: já mostra alguns elementos da rocha de origem, mantendo a estrutura original inclusive veios intrusivos, fissuras, xistosidades e camadas, mas perdeu totalmente a consistência. Pode ser confundido com a rocha alterada, porém ao ser pressionado, esboroa-se completamente;
- Rocha alterada: lembra a rocha de origem no aspecto. É o horizonte em que a alteração progrediu, preservando parte da estrutura e dos seus minerais. Sua dureza ou resistência é inferior à da rocha de origem;
- Rocha sã: é a rocha inalterada.

3.4. Declividade

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Os

valores de declividade podem variar de 0° a 90° graus e podem ser expressos também em porcentagem.

Tabela 1 – Correlação entre valores de declividade e inclinação.

Declividade	Inclinação
100%	45°
50%	~27°
30%	~17°
20%	~11°
12%	~7°
6%	~3°

Fonte: CARVALHO et. al (2007).

Segundo CARVALHO et. al (2007), nas inclinações variando entre 20°-25° (aproximadamente 30% a 50% de declividade) já se iniciam os processos de deslizamentos na região da Serra do Mar Paulista, sendo essa um parâmetro importante a ser considerado nas rodovias próximas a essa região do Estado de São Paulo.

4. METODOLOGIA APLICADA

4.1. Levantamento Aerofotogramétrico com Drone e Obtenção das Curvas de Nível e Declividade dos Taludes

O Levantamento Aerofotogramétrico com Drone consiste em utilizar uma aeronave não tripulada equipada com câmera, GPS e sensores onde se toma fotos georreferenciadas com sobreposição de até 90%, com o objetivo de cobrir toda área de interesse.

Cada foto tomada é relacionada com a posição do GPS da aeronave, ou seja, para cada uma das fotos tomadas, vai existir uma coordenada e um Cota Ortométrica, que indicará a posição do Drone no momento em que a foto foi tirada.

Como o GPS do Drone não tem uma precisão tridimensional alta, foi preciso ajustar as fotos de acordo com os pontos de controle instalados ao redor do terreno, de forma a se obter uma precisão centimétrica dos dados coletados.

De acordo com a área de interesse, foi elaborado um Plano de Voo, o qual abrangeu toda a encosta e adjacências, de forma que foi possível determinar a altura de voo segura para se obter um GSD (*Ground Sample Distance*) igual ou melhor que 3cm. Também nessa etapa definiu-se as sobreposições das fotos (*Frontslap* e *Sideslap*), velocidade de voo, local de decolagem e aterrissagem. Desta forma, a definição de todos os parâmetros citados acima se deu por meio do *software* Drone Deploy.

Para garantir o georreferenciamento correto no processo de obtenção das curvas de nível, foram alocados pontos de controle, dimensionados de acordo com a área a se realizar o levantamento aerofotogramétrico, de forma que se possa cobrir a área de interesse com a melhor geometria possível.

Os pontos de controle utilizados para todo o projeto, tem suas coordenadas determinada no Sistema de Coordenadas UTM, Datum Horizontal SIRGAS 2000, Datum Vertical MAPGEO 2015, de acordo como que se ordena no Decreto Nº 5334/2005, assinado em 06/01/2005 e publicado em 07/01/2005 no Diário Oficial da União, onde diz que todo projeto de Engenharia e Arquitetura deve ser apresentado também no atual Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS 2000.

Assim, foi utilizado 01 de GNSS (L1/L2) de modo que, pós processo para se obter uma precisão milimétrica nos pontos de controle, foi realizado o transporte das coordenadas desde uma Estação pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE mais

próxima para uma Base Local (M00), dentro da área de interesse, utilizando a metodologia Estático Pós Processado, como auxílio do *software* Leica Geo Office.

Com os dados coletados e georreferenciados, por meio do *software* Pix4d Mapper, foi realizado o processamento das imagens, em um processo de restituição digital das fotos, onde obteve-se a nuvem de pontos com precisão tridimensional e centimétrica. Obtendo a nuvem de pontos, que representa o terreno, pode-se gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) e o Ortomosaico. A partir desses dois produtos, foi gerado o Modelo Digital do Terreno para extrair as curvas de nível que representam a superfície topográfica da área de interesse.

Para gerar o Modelo Digital de Terreno, foram utilizados a nuvem de pontos, o ortomosaico e o Modelo Digital de Elevação no *software* Global Mapper onde, aplicando as metodologias da classificação supervisionada e máscaras de filtragem, foi realizada a triagem dos pontos que representam o Terreno Natural. Uma vez com o Modelo Digital do Terreno concluído, pode-se gerar as curvas de nível, com o auxílio de *software* de geoprocessamento.

Também, em posse do MDT, com o auxílio do *software* ArcGIS 10.8 e da ferramenta “*Slope*”, foi produzido um mapa de declividade para os taludes em estudo, a fim de analisar a presença de setores muito íngremes, o que influenciou diretamente nas recomendações de recuperação a serem propostas.

4.2. Investidas a Campo

Além do levantamento Aerofotogramétrico com Drone, foram realizadas incursões a campo para verificação *in loco* da situação dos taludes em estudo. Desta forma, com o auxílio de aplicativos de localização espacial, como o *Google Earth*, foi possível encontrar e verificar cada estrutura a ser verificada.

Para tanto, os técnicos realizaram uma série de análises, buscando identificar:

- Ausência de cobertura vegetal;
- Afloramentos rochosos;
- Classificação do material;
- Presença de água;
- Patologias em curso.

Todos as verificações realizadas foram fotografadas e registradas em fichas para posterior cruzamento de informações.

5. DETERMINAÇÃO DAS SOLUÇÕES E PROPOSTA DE METODOLOGIA A SER EMPREGADA

Com as informações coletadas acima, e com o levantamento bibliográfico executado, foi produzida uma tabela base para realizar os cruzamentos a qual serviu de apoio na tomada de decisão para quais ações de proteção superficial seriam propostas. A Tabela 1 apresenta a referida tabela.

Tabela 2 – Elementos para tomada de decisão.

Técnica	Necessidade de Acerto e Regularização do Terreno	Necessidade de Preparo do Solo?	Indicado Para Declividades? (CARVALHO et. al, 2007)		Indicado para solos:		
			Baixas (Até 30%)	Elevadas (> 30%)	Residual	Alteração ou Rocha alterada	Rocha sã
Placas de Grama	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Hidrossemeadura	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Geomantas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Biomantas	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Concreto Projetado	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Desta forma, com os dados coletados em campo e os oriundos dos levantamentos cartográficos, foi realizado o cruzamento das características de cada talude e comparado com a matriz acima exposta para a determinação das melhores soluções a serem aplicadas.

Dadas as características do tipo de solo, relevo e declividades dos taludes na região de estudo, que são em sua totalidade estruturas já alteradas em função das obras de duplicação da rodovia, a melhor indicação para a proteção superficial dos taludes em estudo foi a combinação do processo de hidrossemeadura com a biomanta.

Ressalta-se que nos casos acima propostos, não abarcam quando o material do talude é rocha fraturada ou rocha pouco alterada, onde para essas, a proposta seguiu com a projeção de concreto devido a impossibilidade de avanço da vegetação nesse tipo de material.



Figura 1. Exemplo de talude no Km 52+400 antes e após as intervenções propostas (Hidrossemeadura com biomanta e projeção de concreto).

6. CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou a metodologia aplicada para a determinação das melhores soluções propostas para a execução da proteção superficial de taludes em estado de passivos ambientais na rodovia SP-099 no trecho planalto.

Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico na literatura disponível, de maneira a elencar as principais vantagens e desvantagens das principais metodologias disponíveis atualmente. Com base nesse levantamento, foi elaborada uma tabela síntese, onde as técnicas estudadas puderam ser comparadas.

Também, para a tomada de decisão, foram realizadas incursões a campo para verificações de parâmetros *in loco*, como ausência de cobertura vegetal, presença de afloramentos rochosos, material de composição dos taludes, presença de patologias e surgência de água.

Somado a estes, por meio de técnica de aerofotogrametria, foram realizados sobrevoos nos taludes para coleta de imagens aéreas georreferenciadas com as quais, após processamentos em *softwares* de geoprocessamento, foram obtidas as curvas de níveis e as declividades de cada talude estudado.

O cruzamento dos dados de campo com o levantamento bibliográfico levantado levou a decisão da proposta realizada. Desta forma, dadas as características dos solos da região e por serem taludes artificiais, já alterados pelas obras de duplicação e com declividades mais tênues devido a essas, a melhor proposição foi a combinação das técnicas de hidrossemeadura com biomanta. Contudo, para os trechos onde as declividades são mais acentuadas e não seja adequado a conformação do talude, a indicação da projeção de concreto ainda se faz necessária.

Desta forma, a definição das soluções mais adequadas propostas para a proteção superficial dos taludes analisados considerou critérios técnicos alinhados à realidade local e às diretrizes da literatura especializada. A combinação entre o diagnóstico em campo, as análises geoespaciais e o embasamento teórico permitiu a escolha assertiva das técnicas de estabilização, garantindo maior eficiência e sustentabilidade às intervenções propostas.

REFERÊNCIAS

DER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Geotecnia - Taludes de Rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: IPT, 1991.

DNIT. Manual para atividades ambientais rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006

DNIT 106/2009 - ES: Terraplenagem – Cortes – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2009.

DNIT 074/2006 – ES: Tratamento ambiental de taludes e encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT 072/2006 – ES: Tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas íngremes ou de difícil acesso pelo processo de revegetação herbácea – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT/ENGESUR. Manual de Vegetação Rodoviária - Volume 1. Rio de Janeiro, 2009.

FIGUEIREDO, A.; HELENE, P. Concreto projetado: o controle do processo de projeção. São Paulo: EPUSP, 1992.

FIORI, A.P. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FORTES, R. M.; FERREIRA, R. C. 2018. Solos em Engenharia. In: Oliveira, A.M.dos.S.; Monticeli, J.J. Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo: ABGE, 2018. p.54-69.

LS AGROAMBIENTAL. Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em: <https://sagroambiental.com.br/index.php>. Acesso em: 20 dez. 2021.

MORETTO, R. L. Efeitos da vegetação na proteção de taludes rodoviários. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

SANTOS, L. M. Erosão em taludes de corte: métodos de proteção e estabilização. 2015. 73 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

SOBRAL, M. L. V. et al. Revestimento flexível com geomanta reforçada para solo grampeado em taludes de Angra dos Reis. Disponível em: Microsoft Word - IGS_CASO_Revestimento de taludes_Angra dos Reis_RJ (unicaimoveistaubate.com.br). Acesso em: 17/12/2021.

VAZ, L. F.; GURGUEIRA, M. D. 2018. Solos em Geologia de Engenharia. In: Oliveira, A.M.dos.S.; Monticeli, J.J. Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo: ABGE, 2018. p.40-52.

Pontes, J. de, Chaves, J. V. B., Aiello, L. H. F., Albiero, D., & Ribeiro, A. Írio. (2025). GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS UTILIZANDO HIDROSSEMEADURA EM SOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES MANEJOS SUPERFICIAIS. Revista Políticas Públicas & Cidades, 14(1), e1588. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1588>. Acesso em: 12 abr. 2025.

NETO, José Joelson Queiroz. Viabilidade no Uso de biomanta e grama em placas na proteção superficial de taludes. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas. Varginha, 2022.

MATOS, R. dos S. Efetividade do uso da biomanta de fibra de coco nos taludes da BA 535 (Via Parafuso), Camaçari, Bahia. 2018. 68 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.,

PILLAR, Nora Maria de Patta. Propriedades mecânicas nas primeiras idades como preditoras das tensões induzidas e fissuração de concreto projetado reforçado com fibras. 2014. 2024 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Org.) Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

DNIT. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.