

Análise Comparativa entre Soluções para Contenção de Taludes na Malha Ferroviária

Ana Bárbara Andrade Mól

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Brasil, anabmolufs@aluno.ufsj.edu.br

João Victor Henriques Rezende Nogueira

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Brasil, joaovictorhrn04@gmail.com

Karina Fátima Pereira de Oliveira

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Brasil, karinaafatimaa@gmail.com

Pedro Henrique Soares

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Brasil, phs.soareshenrique@aluno.ufsj.edu.br

Tales Moreira de Oliveira

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Brasil, tales@ufsj.edu.br

RESUMO: Com o objetivo de atender ocorrências relacionadas a deslizamentos em taludes de ferrovia e tendo diferentes soluções possíveis é interessante estudar aquelas mais empregadas e compará-las, bem como avaliar a inserção de potenciais novas soluções. Neste contexto soluções com emprego de geossintéticos e escória que vem sendo estudado pelo grupo de pesquisa Infrageo, podem se tornar viáveis, mas é preciso avaliar e consolidar variáveis impactantes na tomada de decisão de modo a possibilitar a escolha da melhor solução para, por exemplo, o emprego em ferrovias. Assim posto e considerando que a ruptura de talude em ferrovia pode levar a uma paralisação impactando no transporte de carga, tais soluções precisam ser ágeis e eficientes. Com base na experiência prática de uma empresa ferroviária de Minas Gerais quatro soluções geralmente empregadas foram estudadas sendo: aterro reforçado com geossintético utilizando escória e saco de ráfia como paramento de face, outra solução substituindo saco de ráfia por Strataslop, Terramesh e cortina atirantada. Ao final do artigo, será apresentado um scorecard da análise comparativa entre essas soluções, identificando a mais adequada para a contenção e estabilização de taludes ferroviários, avaliando critérios técnicos, dos insumos e financeiro para um caso específico.

PALAVRAS-CHAVE: Ferrovia, Cortina atirantada, Strataslope, Terramesh e Saco de ráfia.

ABSTRACT: In order to address occurrences related to landslides on railway slopes and considering the existence of different possible solutions, it is relevant to study the most commonly employed ones, compare them, and also assess the insertion of potential new alternatives. In this context, solutions involving geosynthetics and slag, which have been investigated by the Infrageo research group, may become feasible; however, it is necessary to evaluate and consolidate the variables that impact decision-making, enabling the selection of the most suitable solution for railway applications. Given that slope failure on railways can cause service interruptions with significant impacts on cargo transport, such solutions must be both agile and efficient. Based on the practical experience of a railway company in Minas Gerais, four commonly adopted solutions were analyzed: embankment reinforced with geosynthetics using slag and raffia bags as facing; an alternative replacing raffia bags with Strataslop; Terramesh; and anchored retaining walls. Finally, the article presents a scorecard of the comparative analysis of these solutions, identifying the most appropriate option for the containment and stabilization of railway slopes, considering technical, material, and financial criteria for a specific case.

KEYWORDS: Railway, Anchored curtain, Strataslope, Terramesh e Raffia bag.

1 INTRODUÇÃO

Deslizamentos de terra em infraestruturas de transporte são eventos preocupantes devido aos impactos significativos que podem trazer a segurança e a economia. No primeiro trimestre de 2023, a cidade de Alfredo

Vasconcelos, em Minas Gerais, enfrentou fortes chuvas que resultaram em deslizamentos de terra em um trecho ferroviário. Esse incidente causou danos à linha férrea e a interrupção temporária do transporte ferroviário na região. Acredita-se que o incidente ocorreu devido à diminuição da resistência ao cisalhamento do solo causada pela perda de resistência em função do acúmulo de águas pluviais, que tende a reduzir a coesão aparente, comprometendo assim a sua estabilidade e resultando nos deslizamentos entre outros. Para garantir uma estabilização temporária do talude e permitir o fluxo adequado, uma solução paliativa foi implementada através da cravação de estacas metálicas conforme Figura 1, solução recorrente e geralmente implantada por esta empresa ferroviária local, até que seja feito uma obra permanente. Neste contexto, medidas emergenciais visam apenas restabelecer a operação; a solução definitiva depende de avaliação técnica posterior do trecho.



Figura 1. Cravação de estaca metálica na ocorrência de Alfredo Vasconcelos.

A cortina atirantada é uma técnica de contenção que consiste na instalação de tirantes, geralmente feitos de aço, ancorados no solo para estabilizar o talude. Essa solução tem sido amplamente utilizada em projetos de infraestrutura pela empresa ferroviária local, devido à sua eficácia na solução de problemas bem como experiência já acumulada pela empresa no emprego da técnica. Quando o pé do talude é confinado ou a via deve seguir operando com baixa interferência, a cortina tende a ser a opção tecnicamente preferível.

O aterro reforçado com geossintético utilizando escória e saco de ráfia como paramento de face é uma alternativa mais simples e de baixo custo para a contenção de taludes. Consiste na utilização destes sacos preenchidos com material granular, como areia, pedras ou escória de aciaria, dispostos em camadas e compactados ao longo da face do talude, permitindo que a tardoza seja construído o aterro que pode ser em solo oriundo de área de empréstimo ou uso também de escória. Para o caso em questão, não será avaliado a utilização dos sacos de ráfia para realizar a obturação de crateras ou pequenas rupturas, mas será realizada uma análise para determinar a viabilidade da solução como elemento de face e preenchimento em escória de aciaria, resíduo formado pela fusão das impurezas do minério de ferro, juntamente com a adição de fundentes (calcário e dolomita) (ArcelorMittal, 2023) e bem abundante no entorno de onde ocorreu este estudo e macro região.

O solo reforçado com geossintéticos e sistema de faceamento interno em Strataslope é uma técnica semelhante ao saco de ráfia, porém é inovadora por utilizar elementos compostos por telas soldadas e galvanizadas, dobradas em “L” e estabilizadas por barras metálicas. Para o estudo, também será considerado o preenchimento por escória de aciaria.

Já o Terramesh, segundo a empresa Maccaferri, consiste em unidades pré-montadas de malha hexagonal de dupla torção formada por arame de baixo teor de carbono revestido com galvanização, liga metálica de zinco e alumínio, prontas para serem montadas quando chegarem ao canteiro de obras. O elemento de reforço, face e tampa formam um painel contínuo de malha, apresentando alta capacidade de ancoragem e facilidade construtiva. O faceamento é composto ainda por brita, e o preenchimento interno formado por escórias de aciaria, no caso em questão deste estudo.

Ao realizar essa comparação entre essas soluções apresentadas, espera-se fornecer informações relevantes para a tomada de decisão em relação à recuperação da estabilidade de taludes ferroviários. A análise de insumos avaliará fatores característicos de utilização e disponibilidade, enquanto a análise financeira irá destacar a viabilidade econômica de cada opção. A análise técnica irá considerar aspectos relacionados ao planejamento, execução e manutenção das obras, buscando identificar a solução que apresente o melhor equilíbrio entre eficiência e custo-benefício. Em síntese, motivado por essa ocorrência e visando a possibilidade de obra definitiva, o objetivo deste artigo é comparar possíveis técnicas para a recuperação da

estabilidade de taludes ferroviários, com base em análise técnica, disponibilidade de insumos e viabilidade financeira. As soluções em questão são: saco de ráfia preenchido com escória de aciaria para formar paramento de face em estrutura de aterros reforçados com geossintéticos onde o aterro também é construído com escória compactada, cortina atirantada, terramesh e também escória reforçada com geossintéticos com sistema de faceamento em Strataslope. Trata-se de estudo aplicado a um cenário específico; portanto, os resultados indicam tendências e não constituem prescrição universal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos e Definições

A estabilidade de taludes é um elemento importante para projetos que envolvem aterros, encostas e os taludes formados na implantação de obras de terraplenagem nas ferrovias. Segundo Terzaghi et al. (1996), a estabilidade de taludes é influenciada por diversos fatores, tais como as características geotécnicas do solo, a presença de água, a inclinação do talude, as ações externas e a interação entre esses elementos.

Segundo Infanti Jr. e Fornasari Filho et al. (1998), os movimentos de massa podem ser classificados como escorregamentos (planares, circulares ou em cunha), movimentos de blocos (queda, tombamento, rolamento ou deslocamento) ou corridas (de lama ou de detritos).

“Os escorregamentos são movimentos de massa rápidos, com superfície de ruptura bem definida. A deflagração do movimento ocorre quando as tensões cisalhantes mobilizadas na massa de solo atingem a resistência ao cisalhamento do material. Tanto em solos como em rochas, a ruptura se dá pela superfície que apresenta menor resistência.” (GERSCOVICH, 2016).

2.2 Métodos de CONTENÇÃO de Taludes

2.2.1 Solo Reforçado com Geossintéticos e Sistema de Faceamento Externo em Sacos de Ráfia

A técnica de solo reforçado com geossintéticos e faceamento em sacos de ráfia preenchidos com escória de aciaria é uma alternativa eficiente e econômica para contenção de taludes. Os sacos são dispostos em camadas na face do talude, formando uma estrutura compacta. A escória confere peso e atrito, aumentando a estabilidade. O método destaca-se pela simplicidade, flexibilidade e boa adaptação a diferentes condições de terreno.

2.2.2 Solo Reforçado com Geossintéticos e Sistema de Faceamento Externo em Strataslope

O sistema Strataslope é uma solução de contenção que utiliza módulos em “L” compostos por telas soldadas, protegidas contra corrosão, e preenchidos com brita, solo local, concreto ou materiais alternativos como agregados reciclados (RCD) e escória de aciaria, conforme estudos de Oliveira e Ramos (2017) e Gonçalves e Batista (2019). Cada módulo, com 2,0 m de largura e 0,50 m de altura, é instalado sobre uma base regularizada, seguido da fixação da geogrelha. O preenchimento e compactação mecanizados garantem eficiência, sustentabilidade e alta produtividade na estabilização de taludes (GEOSOLUÇÕES, 2023)

2.2.3 Cortina Atirantada

De acordo com Faïçal Massad (2010, p. 101), as cortinas atirantadas são formadas por placas de concreto e tirantes protendidos, que aumentam a resistência ao cisalhamento do solo ao elevar a tensão normal na linha de ruptura. A execução envolve perfuração, instalação do tirante e injeção de nata de cimento para ancoragem, seguida pela protensão dos cabos. Para controlar pressões neutras, o sistema requer drenagem. Apesar dos altos custos e da necessidade de equipamentos especializados, essa técnica oferece alta estabilidade quando adequadamente projetada.

2.2.4 Terramesh

Segundo Azfil S.A. (2016), o Terramesh é uma estrutura formada pelo intertravamento do solo com telas de malha hexagonal de dupla torção, criando um maciço reforçado que resiste aos impulsos do terrapleno.

A tela ancorada utiliza as propriedades do aterro para contenção. Existem duas versões: o Terramesh System, com face em pedras, e o Terramesh Verde, com revestimento vegetal. Neste estudo, avalia-se o Terramesh System, cuja face de brita oferece flexibilidade, permeabilidade e baixo impacto ambiental (AGNOLLETO, 2018).

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de realizar uma análise comparativa abrangente, a metodologia adotada baseia-se em um *scorecard*, desenvolvido para essa situação, composto por três pilares fundamentais: técnico, insumos e custo, conforme Figura 2. Aspectos de acesso e interferência operacional são considerados qualitativamente na discussão, sem alteração dos pesos.

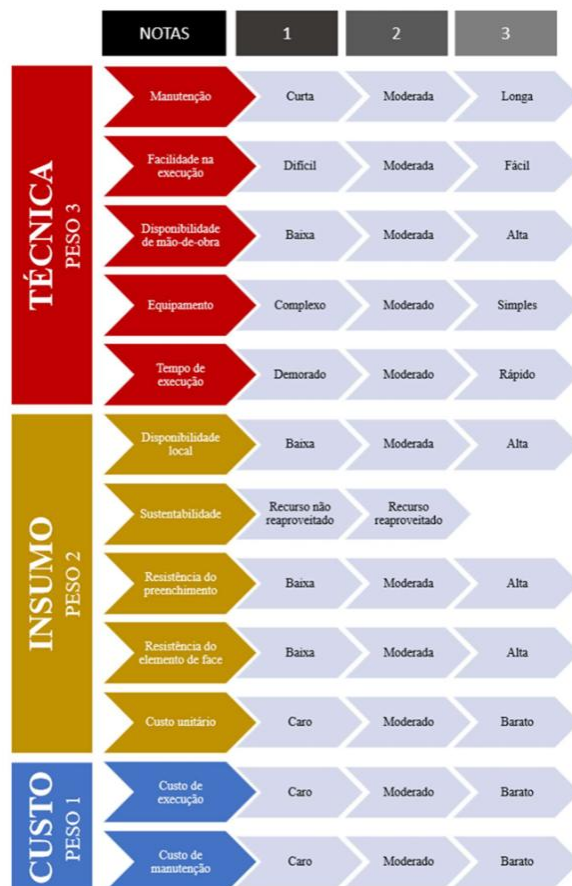


Figura 2. Critérios do scorecard.

Dado o contexto de taludes ferroviários e a possibilidade iminente de interrupção do fluxo de trens, cada um desses pilares será avaliado levando em consideração a necessidade de uma recuperação ágil. Isso garantirá a correção eficiente do problema afetado e a prevenção de futuros incidentes, assegurando as operações ferroviárias, com observância que as comparações se deram para um objeto específico.

3.1 Análise Técnica

A análise técnica da metodologia baseia-se em cinco pilares fundamentais: manutenção, facilidade de execução, disponibilidade de mão de obra, equipamentos e tempo de execução. Esses aspectos são avaliados para verificar a eficácia e viabilidade das técnicas de contenção de taludes analisadas. O sistema StrataSlope combina eficiência, economia, sustentabilidade e alta produtividade. Utiliza telas soldadas protegidas contra corrosão, garantindo durabilidade e resistência. A flexibilidade na escolha do material de preenchimento permite o uso de recursos locais. Segundo GeoSoluções (2023), sua alta produtividade, entre 30 e 50 m²/dia, aliada à instalação simplificada e uso de módulos padronizados, acelera a obra e reduz custos.

A cortina atirantada requer manutenções periódicas, como substituição de pontas dos tirantes, essenciais para manter a estabilidade da estrutura. A execução demanda equipamentos especiais para perfuração e tensionamento, como conjuntos de protensão com bomba e macaco hidráulico (Ritter e Morgado, 2017). Apesar do tempo de execução mais elevado, essa técnica apresenta alta eficiência na estabilização de encostas íngremes e pode ser adaptada a variadas condições geotécnicas. Oferece robustez e durabilidade, sendo indicada para áreas críticas e complexas.

A técnica com solo reforçado por geossintéticos e sacos de rafia preenchidos com escória de aciaria é eficiente, sustentável e de execução relativamente simples. Requer inspeções anuais, mas sua manutenção é fácil e geralmente envolve apenas substituições pontuais. A instalação, que não exige mão de obra especializada nem equipamentos especiais, reduz custos e permite aplicação em diversos contextos geotécnicos. Já o sistema Terramesh destaca-se pela flexibilidade frente a diferentes inclinações, tipos de solo e níveis de compactação. Com vida útil estimada em 120 anos (MACCAFERRI, 2023), é durável, de baixa manutenção e permite inspeções facilitadas, o que contribui para sua confiabilidade.

3.2 Análise de Insumos

A análise dos insumos é essencial na escolha da solução de contenção de taludes, considerando cinco pilares: disponibilidade local, sustentabilidade, resistência, elemento de face e custo por metro cúbico (m^3). No StrataSlope, observa-se relativa escassez de telas soldadas, exigindo esforços adicionais para aquisição, dado ser uma técnica de fornecedores específicos. Em termos de sustentabilidade, destaca-se pela possibilidade de uso de materiais alternativos, como a escória de aciaria, assim como no saco de rafia e no Terramesh, contribuindo para a redução de resíduos. A grelha apresenta resistência adequada à estabilidade do sistema, e o custo por m^3 é competitivo, favorecendo a sua adoção.

A cortina atirantada possui insumos amplamente disponíveis, o que facilita a execução. No entanto, não se sobressai quanto à sustentabilidade. Apresenta alta resistência estrutural, especialmente com o uso de concreto armado e aço protendido, o que assegura robustez ao sistema. Contudo, isso eleva o custo por m^3 , tornando a solução menos econômica. Já a técnica com sacos de rafia preenchidos com escória oferece alta disponibilidade de insumos, com materiais facilmente encontrados no mercado. Seu destaque está na sustentabilidade, ao reutilizar resíduos da construção civil e mitigar impactos ambientais. A resistência depende da compactação adequada da escória nos sacos, sendo um aspecto técnico a ser monitorado. O baixo custo por m^3 torna essa solução atrativa e viável economicamente.

Por fim, o Terramesh utiliza componentes de alta durabilidade, como painéis de malha metálica revestidos com liga galfan (zinco e alumínio), conferindo maior resistência à corrosão que o aço galvanizado. Isso prolonga a vida útil do sistema, mesmo em ambientes agressivos. O uso de escória de aciaria também é possível, agregando valor ambiental. A robustez estrutural do Terramesh permite suportar movimentos de massa e, segundo Souza (2017), mantém a segurança mesmo em situações extremas, como incêndios, graças à proteção metálica externa.

3.2 Análise Financeira

A análise detalhada dos custos totais, incluindo implantação e manutenção, é fundamental para decisões econômicas e para garantir a sustentabilidade financeira do projeto de contenção de taludes. Essa avaliação possibilita identificar a solução mais econômica e eficiente para os requisitos técnicos e financeiros.

No StrataSlope, o custo de implantação é baixo, mas a manutenção é moderada devido à periodicidade das inspeções e reparos necessários. A cortina atirantada, por sua vez, tem custo inicial mais alto, porém com manutenção mais barata e menos frequente, gerando economia a longo prazo. A técnica do saco de rafia com escória apresenta custos moderados em implantação e manutenção, sendo uma opção acessível com manutenção não onerosa.

O Terramesh destaca-se pela fabricação em larga escala dos painéis de malha galvanizada, o que reduz custos de produção e fornecimento. Sua instalação rápida e eficiente economiza tempo e mão de obra, enquanto a durabilidade e resistência à corrosão diminuem a necessidade de manutenção. Inspeções regulares permitem identificar problemas precocemente, evitando gastos elevados com reparos.

3.2 Quadro de Notas

Para cada uma das análises, os tópicos a serem avaliados receberam notas que variam de 1 a 3, sendo 1, resultado desfavorável, e 3, resultado favorável. O resultado final é o somatório de notas de cada análise, multiplicado por um fator de peso, que foi definido da seguinte forma:

Como estudo em questão busca a solução ágil para a contenção de queda de taludes, a técnica a ser utilizada é considerada como a variável principal, visto que o processo precisa ser confiável, no menor tempo possível e aderente aos requisitos de estabilidade do solo. Sendo assim, a análise técnica possui peso 3.

Quanto aos insumos, não há especificidades bem definidas. Devido a região de localização do incidente, fornecedores de diversos tipos materiais (metais, concreto, brita, entre outros) podem contribuir com orçamentos de entrega dos insumos para a execução da obra. Entretanto, a resistência de cada insumo precisa ser estudada e analisada, e suas aplicações precisam ser aderentes ao projeto concebido. Logo, a análise de insumos possui peso 2.

Por sua vez, a análise financeira para o caso de incidentes em linhas ferroviárias que têm grande potencial de paralisação da circulação de trens, os custos não deve ser um fator inibidor da escolha de uma solução, mas que ainda precisa ser analisado, evitando paralisação da execução da obra. Por todas essas observações levantadas, a análise financeira possui peso 1.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados da Análise Técnica

A Tabela 1 apresenta os resultados optivos pela análise comparativa técnica das soluções propostas para a estabilização de taludes ferroviários. A leitura deve considerar as premissas do caso (área de base e insumo local).

Tabela 1. Resultados da análise técnica.

Solução	Técnica				
	Manutenção	Facilidade na execução	Disponibilidade de mão-de-obra	Equipamentos	Tempo de execução
StrataSlope	1	3	2	3	3
Saco de ráfia	2	2	3	3	2
Cortina atirantada	1	2	3	1	1
Terramesh	3	3	2	2	2

4.2 Resultados da Análise de Insumos

A análise comparativa dos insumos necessários para execução de cada uma das soluções propostas é apresentado pela Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da análise de insumos.

Solução	Insumos				
	Disponibilidade local	Sustentabilidade	Resistência	Elemento de face	Custo por m ³
StrataSlope	1	2	2	2	3
Saco de ráfia	2	2	2	2	3
Cortina atirantada	3	1	3	2	1
Terramesh	2	2	2	2	2

4.3 Resultados da Análise Financeira

Para a análise financeira de cada solução, tem-se o resultado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise financeira.

Solução	Financeira	
	Custo de execução	Custo de manutenção



2 0 2 5

StrataSlope	2	2
Saco de ráfia	3	2
Cortina atirantada	1	3
Terramesh	2	3

4.4 Resultados Totais

Para a obtenção dos resultados finais na Tabela 4, foi feita a soma das notas dos pilares de cada solução, multiplicado pelo seu devido peso, conforme metodologia aplicada.

Tabela 4. Resultados totais.

Solução	Total Técnica	Total Insumos	Total Financeiro	Total Geral
StrataSlope	12	10	4	60
Saco de ráfia	12	11	5	63
Cortina atirantada	8	10	4	48
Terramesh	12	10	5	61

A partir dos resultados obtidos e considerando a especificação do estudo para a estabilização de taludes ferroviários, com base no problema localizado apresentado para Alfredo Vasconcelos, conclui-se que o saco de ráfia, o Strataslope e o Terramesh têm uma grande vantagem em relação à cortina atirantada, apesar da utilização frequente dessa última solução pela empresa ferroviária local. Tal vantagem está relacionada à utilização da técnica de solo reforçado e aos insumos, execução e equipamentos necessários.

Entre o strataslope, saco de ráfia e Terramesh, há uma pequena diferença de pontuação na apuração, o que indica que possuem custo-benefício similares. Contando que os sacos de ráfia são comuns no território brasileiro, e que o faceamento em Strataslope e Terramesh são soluções inovadoras mas ainda não tão expandida, as últimas apresentam um maior potencial de desenvolvimento, embora a primeira apresenta uma disponibilidade maior para os insumos, tornando a técnica mais acessível.

A cortina atirantada, por sua vez, é amplamente utilizada em obras de infraestrutura de maior porte, e, embora em emergências possa ser postergada por custo/prazo, em trechos confinados ou com necessidade de reduzir bloqueios pode ser a única solução viável. Métodos executivos “top-down” atenuam interferências na via.

5 CONCLUSÃO

O estudo apresenta parâmetros que podem ser utilizados para avaliação das soluções levantadas e de outras que também podem ser utilizadas. A decisão final exige verificar o “envelope de aplicação” (espaço no pé, acesso e interferência operacional) de cada trecho, além das exigências normativas, visando a estabilidade do talude. Observa-se, ainda, que soluções com uso de escória de aciaria aliadas a técnicas de solo reforçado se mostram promissoras por unirem viabilidade técnica, baixo custo e sustentabilidade. No entanto, sua adoção exige análise criteriosa das condições locais para assegurar desempenho adequado e durabilidade frente às exigências operacionais da ferrovia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnoletto, T. F. Modelagem de Estrutura de Contenção de Solo Reforçado do Município de Redentora-RS. Orientador: Carlos A. S. P. Wayhs. 2018. 86. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2018. Acesso em: 01 jul. 2023.
- ArcelorMittal. Escória de Alto-Forno. Filho, P. A. de C. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/coprodutos/coprodutos/escoria-alto-forno>>. Acesso em 01 jun. 2023.
- Azfil S.A. Terramesh. Azfil S.A., 2016. Disponível em: <<https://azfil.pt/pt/terramesh>>. Acesso em 05 jun. 2023.

- Barros, P. L. A. et al. Obras de Contenção: Manual Técnico. Maccaferri do Brasil. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br>>. Acesso em: 05 jul. 2023.
- Batista, S. E.; Gonçalves, A. H. R. Avaliação dos Deslocamentos de uma Estrutura de Solo Reforçado com Geossintético (EERG). Orientador: Tales M. Oliveira. 2019. 73. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco. 2019. Acesso em: 01 jul. 2023.
- Brazabe. Entenda mais sobre a técnica de Rip Rap. Brazabe Construções e Serviços, 2021. Disponível em: <<https://brazabe.com.br/o-que-e-rip-rap>>. Acesso em 01 jun. 2023.
- Duncan, J.M., and Wright, S.G. (2005). Soil Strength and Slope Stability. 2nd ed. New York: Wiley.
- Geosoluções. Sistema de contenção StrataSlope. Geosoluções, 2023. Disponível em: <<https://www.geosolucoes.com>>. Acesso em 01 jun. 2023.
- Geosoluções. Strateslope: Mecanizado, rápido e seguro. Geosoluções, 2023. Disponível em: <<https://www.geosolucoes.com/strataslope-system>>. Acesso em 28 abr. 2023.
- Gerscovich, D. M. S. Estabilidade de Taludes. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- Infanti Jr., N.; Fornasari Filho, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: Oliveira, A. M. dos S.; Brito, S. N. A de. (Ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- Maccaferri do Brasil. Terramesh. Maccaferri do Brasil, 2023. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/produtos/terramesh-3>>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- Massad, F. Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- MC Engenharia. Muro de Contenção em Terramesh. MC Engenharia, 2023. Disponível em: <<https://mcengenhariabrasil.com.br/solucoes/terramesh>>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- Oliveira, L. A.; Ramos, R. C. Proposta de um Novo Sistema de Contenção Denominado como Fôrma Tubular de Escória e GSY. Orientador: Tales M. Oliveira. 2017. 108. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco. 2017. Acesso em: 01 jul. 2023.
- Secretaria de Compras e Suprimentos. Especificação Técnica e Memorial Descritivo: Muro de Contenção da Estabilidade do Talude do CIE. Prefeitura Municipal de São Gonçalo, 2019. Disponível em: <https://licitacao.pmsgg.rj.gov.br/download.php?idf_1=1321>. Acesso em: 05 jul. 2023.
- Ramos, G. M. P. D.; Freire, G. J. M.; Ferreira, J. R.; Ramos, R. M. C. Contenção de Talude com Uso de Solo-cimento Ensacado: Projeto em Área de Interesse Social. Ourinhos, 2019.
- Ritter, M.; Morgado, R. dos S. Estabilização de Taludes com Cortina Atirantada. Orientadora: Maria Esther Soares Marques. 2017. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia de Fortificação e Construção, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/7813/1/PFC%20-%202017%20-%20201%20C2%20BA%20Ten%20Morgado%20e%20201%20C2%20BA%20Ten%20Ritter.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2023.
- Santos, A. *Estrutura de Contenção em Solo Reforçado com Geogrelha*. Orientador: Ribamar J. Gomes. 2004. 29. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba. 2004. Acesso em: 01 jul. 2023.
- Souza, T. E. S. *Modelagem de Estrutura de Contenção em Solo com Sistema Terramesh*. Orientador: Carlos A. S. P. Wayhs. 2017. 73. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2017. Acesso em: 01 jul. 2023.
- Tamoios. *CREA e CONFEA acompanham avanço das obras de duplicação de Tamoios*. Tamoios, 2019. Disponível em: <<https://www23.concessionariatamoios.com.br/noticias/show/869/crea-e-confea-acompanham-avanco-das-obras-de-duplicacao-da-tamoios>>. Acesso em 01 jun. 2023.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3rd ed. New York: Wiley.
- Wasaki Engenharia. *Quando Utilizar a Contenção em Terramesh?*. Wasaki Engenharia, 2023. Disponível em: <<https://wasaki.com.br/quando-utilizar-a-contencao-em-terramesh>>. Acesso em: 05 jun. 2023.