

Viabilidade estrutural e econômica de muro de gabião na estabilização de talude

Structural and economic viability of gabion wall for slope stabilization

¹Alan Gabriel Schitt, ²Matheus Smangorzewski, ³Marcelo Augusto Rambo, ⁴Mari Aurora Favero Reis, ⁵Luana Cechin

¹Engenharia Civil – Universidade do Contestado (agabrielschitt3@gmail.com)

²Engenharia Civil – Universidade do Contestado (matheus2321@hotmail.com)

³ Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA), Universidade do Contestado (motomafia.mar@gmail.com)

⁴Professora no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA), Universidade do Contestado (mari@unc.br)

⁵Professora no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA), Universidade do Contestado (luhcechin@gmail.com)

RESUMO: O aumento da frequência de desastres naturais, como deslizamentos de terra, tem ampliado a demanda por soluções de contenção que conciliem desempenho estrutural, eficiência hidráulica e viabilidade econômica. Este estudo analisou a viabilidade estrutural e financeira da utilização de muros de gabião para a estabilização de um talude localizado nas proximidades do Fórum de Rio Negro/PR. A caracterização geotécnica do solo foi realizada por meio de ensaios de granulometria, limites de consistência, teor de umidade, massa específica e correlação de resistência a partir de valores de N_{spt}. O dimensionamento dos muros foi conduzido no software GEO5, utilizando parâmetros como ângulo de atrito, coesão e nível do lençol freático. A avaliação econômica baseou-se na comparação entre os custos de execução dos muros de gabião e do muro de flexão existente, com apoio das tabelas SICRO e SINAPI. Os ensaios classificaram os três pontos investigados (S1, S2 e S3) como argilas siltosas pouco arenosas, apresentando comportamento adequado à solução proposta. Os muros projetados (Mg1 a Mg5) atenderam aos requisitos normativos para deslizamento, tombamento e capacidade de carga, com fatores de segurança superiores aos mínimos exigidos. A análise de custos indicou vantagem econômica do muro de gabião em relação ao muro de flexão, reforçando sua competitividade. Conclui-se que a adoção de gabiões constitui uma alternativa estruturalmente segura, economicamente favorável e com menor necessidade de sistemas complementares de drenagem, contribuindo para maior eficiência e redução do risco de falhas.

Palavras Chave: Muro de contenção. Viabilidade econômica. Estabilidade em taludes.

ABSTRACT:

The increasing frequency of natural disasters, such as landslides, has intensified the demand for containment solutions that combine structural performance, hydraulic efficiency, and economic feasibility. This study evaluated the structural and financial viability of using gabion walls for stabilizing a slope located near the Forum of Rio Negro, Paraná, Brazil. The geotechnical characterization of the soil was carried out through grain size analysis, Atterberg limits, moisture content, specific weight, and strength correlation based on SPT (NSPT) values. The design of the retaining walls was performed using the GEO5 software, considering parameters such as friction angle, cohesion, and groundwater level. The economic assessment was based on a comparison between the construction costs of gabion walls and the existing reinforced concrete retaining wall, using SICRO and SINAPI cost databases. The laboratory tests classified the three investigated points (S1, S2 and S3) as slightly sandy silty clays, indicating behavior compatible with the proposed solution. The designed gabion walls (Mg1 to Mg5) met all normative requirements for sliding, overturning, and bearing capacity, with safety factors exceeding the minimum criteria. The cost analysis demonstrated an economic advantage for the gabion wall compared to the concrete wall, reinforcing its competitiveness. It is concluded that the use of gabions represents a structurally safe and economically advantageous solution, requiring fewer complementary drainage systems and contributing to greater efficiency and reduced failure risk.

Keywords: Retaining wall. Economic feasibility. Slope stability.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de eventos extremos, como precipitações intensas e deslizamentos de terra, ampliando os riscos socioambientais e exigindo soluções de engenharia mais eficientes e resilientes. Estudos apontam que a intensificação de chuvas extremas, associada à ocupação desordenada do solo, tem ampliado a frequência e a gravidade de deslizamentos das regiões de topografia acidentada, resultando em aumento do número de eventos fatais em escala global (Haque et al., 2019; Alcántara-Ayala, 2025). Esse cenário, observado em diferentes países, inclusive no Brasil, evidencia a necessidade de abordagens técnicas que garantam maior estabilidade de taludes e segurança às áreas urbanas vulneráveis.

A estabilidade dos taludes é influenciada por diversos fatores, como inclinação, rugosidade superficial e pressão hidrostática, afetam diretamente a estabilidade do solo (Terzaghi, 1962; Zhang et al., 2024). Experimentos mostram que técnicas de bioengenharia, como o plantio de árvores, podem contribuir para a estabilidade, embora sua eficácia varie conforme o grau de inclinação (Lan et al., 2020). Tendências observadas em diferentes regiões como na China (Niu et al., 2016), na Itália Central (Alvioli et al., 2018) e em Val d'Aran na Espanha (Hürlimann et al., 2022) indicam que mudanças climáticas tendem a intensificar a suscetibilidade a deslizamentos, em especial por alterações no regime de chuvas, no degelo e no uso do solo.

No Brasil, a recorrência de chuvas intensas tem ocasionado inundações e deslizamentos com elevado número de vítimas, especialmente em estados do Sul e Sudeste (Debortoli et al., 2017; Parma, 2023). Esses eventos evidenciam lacunas no planejamento urbano e na manutenção de obras de contenção, muitas vezes ineficazes diante de situações extremas. As propriedades do solo, como a profundidade e a textura do solo e a capacidade de retenção de água, desempenham um papel predominante na garantia de elevados níveis de indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados com a água (Ellili-Bargaoui et al., 2021).

Entre as alternativas de estabilização de encostas na Engenharia Civil, destacam-se os muros de gravidade, flexão, contraforte, *crib wall* e os muros de gabião (Salomão et al., 2019; Grodecki, 2020). Muros de contenção de gabião fornecem proteção eficaz contra deslizamentos de terra, com seus parâmetros de resistência para a configuração do muro e possibilidade de suportar carga externa (Zamir et al., 2019). Muros de gabião são estruturas de contenção versáteis e econômicas para construção de estradas em áreas montanhosas e aterros de proteção contra enchentes, oferecendo estabilidade, flexibilidade e estética (Utmani et al., 2019).

Apesar de amplamente utilizados, ainda são escassos estudos que integrem, em um mesmo caso prático, a avaliação conjunta de seu desempenho estrutural e viabilidade econômica, sobretudo em ambientes urbanos. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar a viabilidade estrutural e econômica da utilização de muros de gabião para a estabilização do talude próximo ao Fórum de Rio Negro/PR. A proposta busca comparar essa solução com o muro de flexão existente, avaliando sua capacidade de atendimento aos requisitos de estabilidade previstos na NBR 11682 (2009) e seu potencial de redução de custos de execução. Ao integrar ensaios laboratoriais, dimensionamento via software GEO5 e análise econômica pelas tabelas SICRO e SINAPI, o estudo contribui para a compreensão dos benefícios técnicos e financeiros associados ao uso de gabiões em obras de contenção.

Essa abordagem fornece subsídios para projetistas, gestores públicos e profissionais da engenharia civil na tomada de decisão sobre alternativas de estabilização sustentável, mais seguras, eficientes e economicamente viáveis, reforçando a importância de soluções adequadas aos desafios contemporâneos de infraestrutura e resiliência urbana.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do estudo envolveu as seguintes etapas: caracterização do local, coleta e ensaios laboratoriais das amostras de solo, definição dos parâmetros geotécnicos por correlação, dimensionamento das correlações com o software GEO5 e análise econômica com base nas tabelas SICRO e SINAPI.

2.1 Estudo do local

O objeto de estudo é o talude localizado na área posterior e lateral edifício do Fórum de Rio Negro/PR. As construções atualmente existentes apresentam diferentes direções e alturas o que motivou a proposição de estruturas mais uniformes e tecnicamente adequadas. O projeto considerou a substituição das construções antigas por cinco muros de gabião, denominadas Mg1, Mg2, Mg3 e Mg4, dimensionados de forma a manter compatibilidade com as condições reais do terreno.

Foram realizadas as medições geográficas *in loco* das dimensões das contenções e dos taludes suportados, de forma a garantir que a proposta de substituição se aproximasse da realidade existente. Na Figura 1 (a) é apresentado o local para onde foi dimensionado as contenções Mg1, Mg2 e Mg3, na (b) o local utilizado para o dimensionamento da contenção Mg4, e na (c) a estrutura projetada como Mg5.

Figura 1 – Contenções Mg1, Mg2 e Mg3 (a), contenção Mg4 (b) e representação gráfica da contenção Mg5 (c).



Fonte: Autores.

2.2 Caracterização do solo

Foram coletadas amostras de solo em três pontos distintos, denominados S1, S2 e S3. A caracterização geotécnica envolveu os seguintes ensaios: *Granulometria*: realizada conforme NBR 7181 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2016a) e NBR 6457 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2024), fornecendo a distribuição dos tamanhos de partículas (peneiramento grosso e fino).

Teor de umidade: determinado conforme NBR 6457 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2024), com secagem em estufa a 105–110 °C até massa constante e três repetições por amostra.

Limite de liquidez: o ensaio foi conduzido de acordo com os parâmetros da NBR 6459: Solo: Determinação do limite de liquidez (2016b).

Limite de plasticidade: o ensaio realizado conforme NBR 7180 Solo – Determinação do limite de plasticidade (2016c).

SPT (Standard Penetration Test): para este estudo, foram utilizados dados de sondagens pré-existentes do projeto do muro atual, normatizadas pela NBR 6484 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2020) e ASTM D1586-11 (Test Method for Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, 2011). Devido ao custo elevado, foram utilizados dados de sondagens anteriores, realizadas para a construção do muro existente (Floriano, 2017).

A partir desses ensaios e da sondagem SPT, foi possível correlacionar valores de coesão, ângulo de atrito e tensão admissível do solo.

2.3 Dimensionamento no software GEO5

O dimensionamento foi realizado com o software GEO5 (versão de teste), utilizando:

- método de Coulomb para empuxo ativo
- método de Rankine para empuxo passivo.

Os principais procedimentos foram:

- Configurações iniciais: seleção das normas técnicas brasileiras aplicáveis.
- Geometria dos muros: estabelecimento das dimensões de cada estrutura, com profundidade de assentamento de 0,60 m e inclinação interna de 6°.
- Condições do solo: inserção das camadas e parâmetros geotécnicos obtidos.
- Geometria do terreno: modelagem dos taludes reais e possíveis sobrecargas.
- Nível freático: inserção do lençol freático conforme observado em campo.
- Verificações de estabilidade: análise dos fatores de segurança para deslizamento, tombamento, capacidade de carga, juntas entre blocos e estabilidade global, exigindo $FS \geq 1,50$ conforme NBR 11682 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2009).

2.4 Análise econômica

A avaliação econômica dos custos do gabião foi obtido com base no Sistema de Custos Rodoviários (SICRO/DNIT) (Brasil, 2011), que considera variações regionais, temporais e econômicas na formação de preços de insumos e serviços.

O quantitativo de materiais foi definido após o dimensionamento de muro de gabião, onde a estrutura foi orçada segundo o item SICRO nº 3205869 - Gabião caixa 2,00 m x 1,00 m x 1,00 m, Zn/Al - D = 2,7 mm - pedra de mão produzida, confecção e assentamento.

Para comparação, utilizou-se também a Tabela SINAPI (julho/2023), atualizando os valores para execução do muro de flexão existente no local. Ressalta-se que ambas as tabelas não incluem o custo de frete.

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

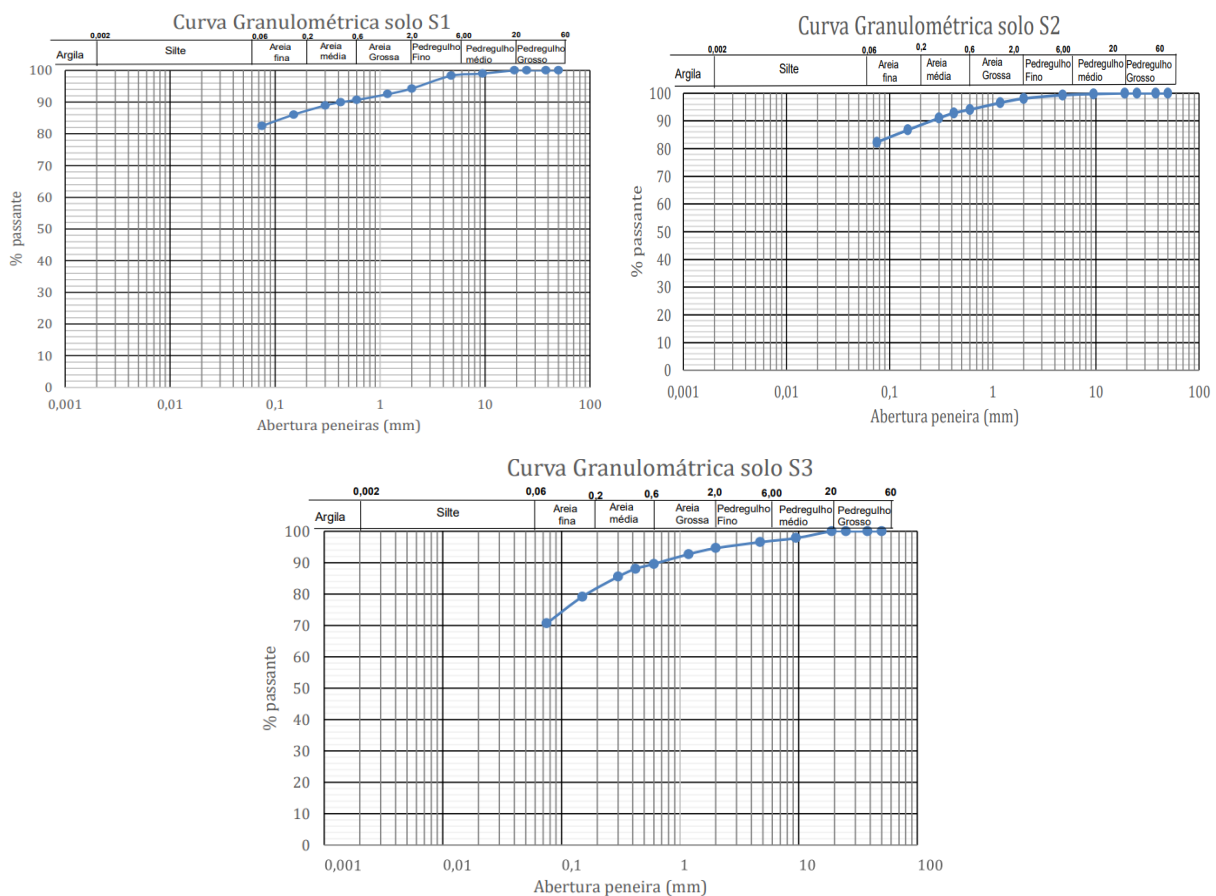
Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, no dimensionamento das contenções e na análise econômica são apresentados a seguir, a fim de integrar aspectos geotécnicos, estruturais e financeiros. Desse modo é possível obter resultados para avaliação da viabilidade da solução em gabião no talude estudado. Os ensaios de granulometria, limites de consistência e teor de umidade permitiram classificar os solos S1, S2 e S3 como argilas siltosas com pouca fração arenosa, característica comum em terrenos de comportamento coesivo. As curvas granulométricas evidenciam predominância de silte e argila, o que corrobora a classificação adotada.

3.1 Resultado dos ensaios de caracterização do solo

Os resultados de caracterização do solo foram realizados a partir dos ensaios para obtenção da curva granulométrica, ferramenta essencial na engenharia de solos, engenharia civil, geotecnia e ciências dos materiais. Ela permitiu analisar a distribuição do tamanho das partículas em um agregado ou solo, a fim de obter a classificação do tipo de solo e avaliar os parâmetros de resistência ao corte do solo (Sanabria & Jaime, 2022).

Os resultados da análise dos dados obtidos nos processos de peneiramentos resultaram na curva granulométrica apresentada nos gráficos para o solo S1, S2 e S3. As curvas S1, S2 e S3 mostram que houve predominância de argila e silte, desta forma esses solos podem ser classificados como argila siltosa pouca arenosa.

Figura 2 - Demonstração da curva granulométrica para o Solo S1, S2 e S3



Como apresentado acima o solo foi classificado com argila siltosa pouca arenosa, este tipo de solo pode influenciar diretamente no dimensionamento do muro de gabião, tendo em vista sua granulometria fina. Solos argilosos siltosos apresentam alta expansividade, baixa permeabilidade e resistência variável conforme a compactação e umidade. Sua expansividade pode causar dilatações e contrações que afetam a estabilidade da estrutura, exigindo maior segurança e possíveis reforços. A baixa permeabilidade também reduz a drenagem, tornando essencial garantir a evacuação adequada da água para evitar pressões hidrostáticas que possam desestabilizar o muro (Valim et al., 2019).

Ainda, solos argilosos siltosos, apresentam ângulos de atrito menores. Ângulos de atrito baixos significam que o solo tem menos resistência ao cisalhamento, o que gera pressões, forças e momentos mais altos, podendo causar instabilidade no muro (Guerreros et al., 2024).

Os valores de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP) obtidos para as amostras S1, S2 e S3 estão apresentados na Tabela 1. Os resultados mostram variações significativas entre as amostras: o solo S1 apresenta maior plasticidade, indicando maior sensibilidade à variação de umidade; o solo S2 apresenta plasticidade intermediária; e o solo S3, menor plasticidade e menor coesão aparente. Essa diferença de comportamento influencia o desempenho dos taludes, mas, para fins de dimensionamento, os parâmetros geotécnicos resultantes foram considerados equivalentes, permitindo adotar valores únicos no modelo de cálculo.

Tabela 1 - Análise comparativa entre liquidez, limite e índice de plasticidade para o solo S1, S2 e S3

Amostra	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
S1	57,947	37,337	20,61
S2	44,689	31,696	12,993
S3	39,603	32,760	6,843

Considerando a classificação de Jenkins, onde: $1 < IP < 7$: solos fracamente plásticos; $7 < IP < 15$: solos medianamente plásticos; $IP > 15$: solos altamente plásticos (Caputo, 1988). Com base nesses limites, o solo S1 é classificado como altamente plástico, apresentando maior sensibilidade às variações de umidade. O solo S2 enquadra-se como medianamente plástico e o solo S3 como fragilmente plástico.

Na prática, isso indica que o S1 tende a sofrer maiores deformações volumétricas diante de variações de umidade, enquanto o S2 apresenta comportamento intermediário. Já o S3, por possuir menor coesão, mostra-se mais suscetível à erosão superficial. Apesar dessas diferenças nos índices de plasticidade, todas as amostras foram classificadas como argila siltosa pouca arenosa, enquadrando-se em uma mesma faixa de comportamento geotécnico. Assim, para fins de dimensionamento das contenções, os parâmetros adotados puderam ser considerados equivalentes, uma vez que as variações observadas não impactam de forma significativa o desempenho global dos muros de gabião (Valim et al., 2019).

3.2 Parâmetros de dimensionamento

Com base nos resultados de caracterização e nos valores de NSPT (Número de Golpes do Ensaio SPT - *Standard Penetration Test*). obtidos, foram correlacionados os parâmetros geotécnicos do solo à tabela proposta por Joppert (2007), apropriada para solos coesivos com resistência intermediária. As amostras apresentaram N_{spt} médio de 20,5. A partir dessas correlações, adotaram-se para os três locais os seguintes parâmetros representativos: ângulo de atrito (Φ) de 25° , coesão de 4 t/m^2 e tensão admissível de $0,3428 \text{ MPa}$.

A partir dessa correlação, foram adotados para o dimensionamento os seguintes parâmetros representativos: ângulo de atrito interno (ϕ) igual a 25° , coesão de 4 t/m^2 e tensão admissível de $0,3428 \text{ MPa}$. Esses valores estão coerentes com materiais de comportamento

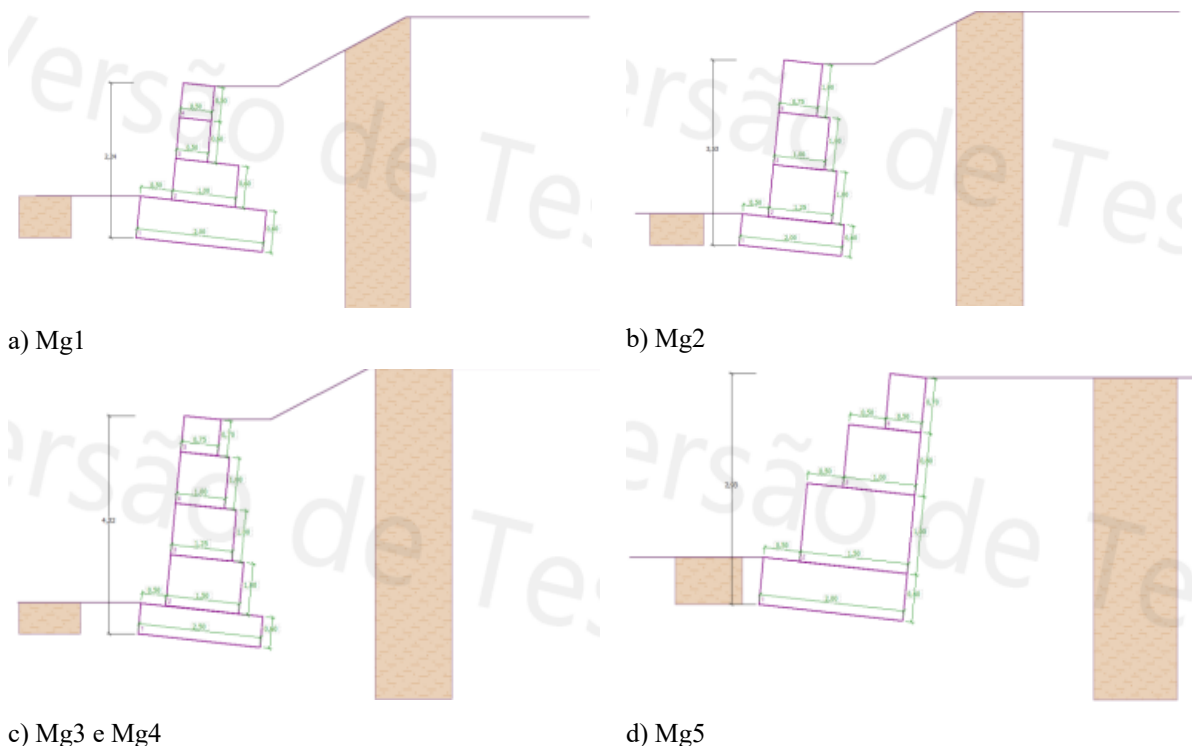
predominantemente coesivo e foram utilizados como entrada no software GEO5 para as análises de estabilidade.

3.3 Dimensionamento dos muros de gabião

Os resultados obtidos na correlação dos parâmetros dos solos foram inseridos no software GEO 5 para um dimensionamento o mais próximo da realidade possível. É importante salientar que os parâmetros derivados das três amostras de solo coletadas eram idênticos, logo, foram utilizados os mesmos valores de solo para todas as estruturas. Os coeficientes de Poisson, o peso específico saturado e o material para o dimensionamento não foram objetos de estudo, portanto, os valores utilizados no dimensionamento foram obtidos diretamente a partir dos dados do software.

Foi estabelecido que todas as estruturas deveriam estar a uma profundidade de 0,60 metros em relação ao solo e apresentar uma inclinação interna de 6 graus. Para os muros Mg1, Mg2, Mg3 e Mg4, optou-se por incluir degraus internos visando a segurança e o conforto dos pedestres, a fim de evitar a sensação de tombamento. Já para o muro de contenção Mg5, que se situa internamente ao terreno, foram adotados degraus externos para facilitar a locomoção (Figura 3).

Figura 3 - Dados no dimensionamento dos muros Mg1, Mg2, Mg3, Mg4 e Mg5



Por meio dos resultados quanto aos fatores de segurança, descritos na Tabela 2, observa-se que índices de estabilidade das contenções (deslizamento, tombamento, empuxo horizontal, juntas entre blocos, capacidade de carga e estabilidade) estão em níveis de segurança satisfatórios, atendendo ao mínimo de 1,5 estabelecido pela NBR 11682: Estabilidade de encostas (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2009).

O fator de segurança (FS) de mínimo 1,5 da NBR 11682 (2009) é de grande importância para garantir a estabilidade de muros de gabião diante de variações de carga e resistência. Esse FS assegura que a estrutura suporte forças como precipitação, pressão do solo e cargas adicionais, reduzindo o risco de falhas, deslizamentos ou colapsos, buscando garantir

durabilidade, segurança e proteção contra desastres geotécnicos, evitando perdas humanas, ambientais e econômicas (Fernanda et al., 2024).

Tabela 2 - Resultados da análise da estabilidade das contenções

Muro	Deslizamento (>1,50)	Tombamento (>1,50)	Empuxo horizontal (>1,50)	Juntas entre blocos (>1,50)	Capacidade de carga (>1,50)	Estabilidade (>1,50)
Mg1	3,73	3,93	47,93	47,93	191,30	6,07
Mg2	2,49	2,22	47,93	47,93	36,80	4,16
Mg3	2,01	2,30	47,93	47,93	21,43	3,60
Mg4						
Mg5	3,76	5,42	47,93	47,93	54,97	6,18

Desta forma, considerando os dados lançados para o muro de gabião, observa-se que o mesmo se apresenta como uma solução eficiente, uma vez que para todos os tipos de análises realizadas se mostrou atendendo ao valor mínimo estabelecido pela supracitada norma.

3.4 Resultado da análise econômica

Para a análise orçamentária, os valores obtidos nas licitações foram comparados com a Tabela SINAPI (07/2023), segundo a qual o custo total para a execução do muro de flexão foi estimado em R\$ 362.968,53.

No caso do orçamento do muro de gabião, determinou-se o volume total da estrutura a partir do comprimento do trecho analisado, resultando em 510,42 m³. Multiplicando-se esse volume pelo preço unitário definido pelo SICRO (R\$ 637,55), obteve-se um custo estimado de R\$ 325.418,27.

A comparação entre as soluções indica que a adoção de gabiões representaria uma economia direta de R\$ 37.550,26 em relação ao muro de flexão. Estudos anteriores também apontam custos inferiores para estruturas em gabião quando comparadas aos muros de concreto (Dobruskina et al., 2019).

Cabe destacar que esta análise não inclui benefícios adicionais da solução em gabiões, como baixa necessidade de manutenção (Perera & Lam, 2023), elevada durabilidade e resistência (Gao et al., 2021) e melhor integração paisagística (Cajka, 2023). A incorporação desses fatores reforçaria ainda mais a viabilidade técnica e econômica do sistema.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada da caracterização do solo, dos orçamentos e do dimensionamento da estrutura mostrou que a solução proposta atende plenamente aos requisitos de estabilidade, configurando-se como uma alternativa tecnicamente segura.

Os muros projetados (Mg1 a Mg5) apresentaram fatores de segurança superiores aos limites normativos em todas as verificações, evidenciando sua eficiência estrutural, inclusive nas condições de solo coesivo avaliadas. Sob a perspectiva econômica, a análise comparativa mostrou que o muro de gabião apresenta custo inferior ao muro de flexão, evidenciando sua maior competitividade. Além disso, os gabiões reduzem a necessidade de sistemas complementares de drenagem, o que pode diminuir custos de manutenção e minimizar o risco de patologias, como trincas e recalques diferenciais.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações foram observadas, como a indisponibilidade de equipamentos para determinados ensaios, restrições de acesso para coleta de amostras e o tempo reduzido para execução da pesquisa. Ainda assim, essas limitações não comprometeram a consistência das análises realizadas.

Recomenda-se, para investigações futuras, a comparação do desempenho estrutural e econômico de diferentes tipos de contenções (como concreto, alvenaria, *crib wall* ou muros de

gravidade), bem como estudos envolvendo solos com granulometrias distintas. Também seria relevante a aplicação de métodos manuais de dimensionamento para fins comparativos com softwares especializados, além de análises de comportamento em longo prazo e desempenho hidráulico em condições de chuvas extremas, fatores classificados como essenciais frente às mudanças climáticas e ao aumento da frequência de deslizamentos.

Conclui-se, portanto, que o uso de gabiões representa uma solução robusta, segura e economicamente vantajosa para o talude estudado, configurando-se como uma alternativa viável para obras de estabilização em áreas urbanas e contribuindo para práticas de engenharia mais eficientes, sustentáveis e resilientes.

5. REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Landslides in a changing world. **Landslides**, v.22, p.2851–2865, 2025. DOI: 10.1007/s10346-024-02451-1.

ALVIOLI, M.; MELILLO, M.; GUZZETTI, F.; ROSSI, M.; PALAZZI, E.; HARDENBERG, J. VON; BRUNETTI, M.T.; PERUCCACCI, S. Implications of climate change on landslide hazard in Central Italy. **Science of The Total Environment**, v.630, p.1528–1543, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.315.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11682: Estabilidade de encostas**Brasil, 2009. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6235/abnt-nbr11682-estabilidade-de-encostas>>. Acesso em: 3 ago. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica**Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1968/abnt-nbr7181-solo-analise-granulometrica>>. Acesso em: 10 maio. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez**Brasil, 2016b. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/1966/identificar/visitante>>. Acesso em: 3 set. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade**Brasil, 2016c. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1967/abnt-nbr7180-solo-determinacao-do-limite-de-plasticidade>>. Acesso em: 3 set. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484 Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/2743/identificar/visitante>>. Acesso em: 12 maio. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6457: Solos - Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade**Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/1963/identificar/visitante>>. Acesso em: 10 out. 2025

BRASIL. **Sistemas de Custos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos>>. Acesso em: 26 ago. 2025.

CAJKA, R. EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF THE LOAD-BEARING CAPACITY OF WIRE HOOKS AND BENDS USED IN GABION RETAINING WALLS. **International Journal of GEOMATE**, v.25, 2023. DOI: 10.21660/2023.111.s8672.

CAPUTO, H.P. **MECÂNICA DOS SOLOS E SUAS APLICAÇÕES - Fundamentos**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1988.

DEBORTOLI, N.S.; CAMARINHA, P.I.M.; MARENGO, J.A.; RODRIGUES, R.R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. **Natural Hazards**, v.86, p.557–582, 2017. DOI: 10.1007/s11069-016-2705-2.

DOBRUSKINA, M.A.; PETROV, A. V.; ZOLZHALGAL, B.-E. Improving the technology of retaining walls in the Irkutsk region using gabion baskets. **Journal «Izvestiya vuzov. Investitsiyi. Stroyitelstvo. Nedvizhimost»**, v.9, p.312–323, 2019. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-2-312-323.

ELLILI-BARGAOUI, Y.; WALTER, C.; LEMERCIER, B.; MICHOT, D. Assessment of six soil ecosystem services by coupling simulation modelling and field measurement of soil properties. **Ecological Indicators**, v.121, p.107211, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107211.

FERNANDA, F.; MUNIRWANSYAH; SUNGKAR, M. Increase in Safety Factor Value in Existing Conditions and Reinforcement of Gabion Type Retaining Wall Pt. Medco E&P Malaka Block A. **E3S Web of Conferences**, v.476, p.01014, 2024. DOI: 10.1051/e3sconf/202447601014.

FLORIANO, C. **Mecânica dos solos aplicada**. Porto Alegre: SER SAGAH, 2017.

GRODECKI, M. Finite Element Modelling of the Hexagonal Wire Mesh. **Archives of Civil Engineering**, p.705–720, 2020. DOI: 10.24425/ace.2020.134422.

GUERREROS, D.R.C.; QUIJANO, S.A.C.; MARTÍNEZ, F.G.; MOHAMED, M.M.H. Evaluation of Peruvian Geological Properties in the Dimensional Design of Cantilever Walls. **Civil Engineering and Architecture**, v.12, p.1929–1945, 2024. DOI: 10.13189/cea.2024.121302.

HAQUE, U.; SILVA, P.F. DA; DEVOLI, G.; PILZ, J.; ZHAO, B.; KHALOUA, A.; WILOPO, W.; ANDERSEN, P.; LU, P.; LEE, J.; YAMAMOTO, T.; KEELLINGS, D.; WU, J.-H.; GLASS, G.E. The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014). **Science of The Total Environment**, v.682, p.673–684, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.415.

HÜRLIMANN, M.; GUO, Z.; PUIG-POLO, C.; MEDINA, V. Impacts of future climate and land cover changes on landslide susceptibility: regional scale modelling in the Val d'Aran region (Pyrenees, Spain). **Landslides**, v.19, p.99–118, 2022. DOI: 10.1007/s10346-021-01775-6.

JOPPERT, I.J. **Fundações e contenções de edifícios**. São Paulo: Pini, 2007.

LAN, H.; WANG, D.; HE, S.; FANG, Y.; CHEN, W.; ZHAO, P.; QI, Y. Experimental study on the effects of tree planting on slope stability. **Landslides**, v.17, p.1021–1035, 2020. DOI: 10.1007/s10346-020-01348-z.

NIU, F.; LUO, J.; LIN, Z.; FANG, J.; LIU, M. Thaw-induced slope failures and stability analyses in permafrost regions of the Qinghai-Tibet Plateau, China. **Landslides**, v.13, p.55–65, 2016. DOI: 10.1007/s10346-014-0545-2.

PARMA, G.C. O risco ambiental aos deslizamentos de terra. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.12, p.e18741, 2023. DOI: 10.59306/rgsa.v12e12023e18741.

PERERA, J.S.; LAM, N. Rockfall protection wall that can withstand multiple strikes without needing to be repaired. **International Journal of Impact Engineering**, v.173, p.104476, 2023. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2022.104476.

SALOMÃO, P.E.A.; LOPES, E.J.; RHIS, A.R.; COELHO, S.S.F. Verificação dos principais tipos de contenções de taludes existentes na cidade de Teófilo Otoni. **Research, Society and Development**, v.8, p.e3484911, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i4.911.

SANABRIA, J.; JAIME, A. Escalamiento geométrico de la curva granulométrica de materiales granulares provenientes de actividades mineras. **Obras y proyectos**, p.95–103, 2022. DOI: 10.4067/S0718-28132022000100095.

TERZAGHI, K. Stability of Steep Slopes on Hard Unweathered Rock. **Géotechnique**, v.12, p.251–270, 1962. DOI: 10.1680/geot.1962.12.4.251.

Test Method for Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. West Conshohocken, PAASTM International, , 2011. Disponível em: <<http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1586-11>>

UTMANI, N.; AHMAD, S.; ISLAM, R.U.; ABBAS, M. Gabion wall used in road construction and flood protection embankment. **Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences**, p.001–004, 2019. DOI: 10.17352/2455-488X.000031.

VALIM, F.A.; ORIOL, M.A.; FREIRE, C.J. DE A.; POMPEU, C.R.; OKAWA, C.M.P. Diagnosis and proposal of erosion control downstream of the Park Alfredo Werner Nyffeler, in Maringá - Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.23, p.4, 2019. DOI: 10.5902/2236117038525.

ZAMIAR, Z.; SUROWIECKI, A.; SASKA, P. Model studies of distortion condition resistance wall from gabionic elements. **Logistics and Transport**, p.47, 2019. DOI: 10.26411/83-1734-2015-4-43-9-19.

ZHANG, S.; LI, L.; ZHU, Z.; ZHANG, P. Spatial Distribution and Relationship between Slope Micro-Topography Changes and Soil Aggregate Stability under Rainfall Conditions. **Water**, v.16, p.648, 2024. DOI: 10.3390/w16050648.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.