*XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*
*XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens*
*24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF*

**DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/46**

# Influência da Camada de Areia Adjacente à Geogrelha no Desempenho de Muro de Solo Coesivo Reforçado

Bruna Martins de Melo
Mestranda, EESC-USP, São Carlos, Brasil, brunamartins2024@usp.br

Bryan Robin Sanchez Ramirez
Mestrando, EESC-USP, São Carlos, Brasil, bryan.sanchez@usp.br

Gabriel da Silva Silverio
Doutorando, EESC-USP, São Carlos, Brasil, gabrielsilverio@usp.br

Marcell Gustavo Chagas Santos
Professor Doutor, EESC-USP, São Carlos, Brasil, marcell.gustavo@usp.br

Jefferson Lins da Silva
Professor Associado, EESC-USP, São Carlos, Brasil, jefferson@sc.usp.br

RESUMO: O desempenho de muros de solo reforçados com geogrelhas está diretamente associado à interação entre o solo e a inclusão polimérica. Desse modo, o uso de solos coesivos, frequente em países tropicais, representa uma redução na eficiência da estrutura geotécnica, por apresentarem maior suscetibilidade a deformações e resultarem em deslocamentos laterais superiores aos observados em muros construídos com materiais granulares. Nesse contexto, uma estratégia para mitigar esses efeitos é a inserção de uma camada de material granular adjacente à geogrelha, cujo objetivo é melhorar a interação solo-reforço e reduzir deslocamentos laterais. Com isso, o presente estudo tem como objetivo, por meio de modelagem numérica pelo método dos elementos finitos, utilizando o software PLAXIS 2D, investigar a influência do confinamento das geogrelhas com material granular e da variação do número de camadas de reforço no comportamento deformacional de muros em solo reforçado constituídos por material coesivo. Os resultados indicam que a inserção da camada granular contribui para a redução dos deslocamentos laterais nas condições analisadas, desde que seja adotada uma espessura mínima eficaz. Espessuras reduzidas, como 0,20 m, não se mostraram suficientes para compensar a diminuição do número de reforços, enquanto camadas a partir de 0,40 m apresentaram melhorias mais consistentes.

PALAVRAS-CHAVE: Muro, Geogrelha, Solo coesivo, Camada Granular, Deslocamentos Laterais.

ABSTRACT: The performance of geogrid-reinforced soil walls is directly associated with the interaction between the soil and the polymeric reinforcement. Therefore, the use of cohesive soils, which is common in tropical countries, tends to reduce the efficiency of these geotechnical structures due to their greater susceptibility to deformation and the resulting lateral displacements, which are typically higher than those observed in walls constructed with granular materials. In this context, one strategy to mitigate these effects is the placement of a granular layer adjacent to the geogrid, aiming to improve the soil–reinforcement interaction and reduce lateral displacements. Thus, this study investigates, through finite element numerical modeling using PLAXIS 2D software, the influence of granular material placed adjacent to the geogrid and the variation in the number of reinforcement layers on the deformational behavior of reinforced soil walls constructed with cohesive backfill. The results indicate that the inclusion of a granular layer contributes to the reduction of lateral displacements under the analyzed conditions, provided that a minimum effective thickness is adopted. Reduced thicknesses, such as 0,20 m, were not sufficient to compensate for the reduction in the number of reinforcement layers, whereas layers with thicknesses of 0,40 m or greater resulted in more consistent improvements.

KEYWORDS: Wall, Geogrid, Cohesive soil, Granular layer, Lateral displacements.

## 1 INTRODUÇÃO

O desempenho de muros de solo reforçado com geossintéticos depende de uma série de fatores relacionados ao comportamento do solo, às propriedades do reforço e à interação na interface solo-geossintético. Diversos estudos apontam que a eficiência do muro reforçado com geossintético está diretamente associada à capacidade de mobilização de tensões ao longo do elemento geossintético, influenciada por parâmetros de rigidez, espaçamento, condições de compactação e características do solo de aterro (Bathurst e Ezzein, 2016; Chen; Zhang; Xue, 2017; Ehrlich; Mirmoradi; Saramago, 2012; Ehrlich e Mirmoradi, 2013; Hatami e Bathurst, 2005; Mirmoradi; Ehrlich; Dieguez, 2016; Mirmoradi e Ehrlich, 2018a, 2018b; Riccio; Ehrlich; Dias, 2014; Saramago, 2002). Historicamente, verifica-se que o uso de solos granulares, de modo geral, proporciona melhor interação por atrito e maior confinamento, razão pela qual esses materiais são amplamente recomendados quando se busca desempenho superior em termos de resistência, capacidade de drenagem e estabilidade mecânica (Koerner, 2012; Elias; Hitti; Kastro, 2001; Berg; Christopher; Samtani, 2009).

No entanto, em regiões tropicais, a predominância de solos coesivos como material disponível para aterro representa um desafio, principalmente por razões econômicas. A adoção do solo local, contudo, é vantajosa por contribuir para a redução dos custos de implantação. A limitação do uso de solos coesivos está associada à menor resistência de interface com os geossintéticos, especialmente com as geogrelhas, e à maior plasticidade desses materiais. Essas características tendem a gerar deslocamentos mais elevados e deformações mais significativas, podendo comprometer a estabilidade do muro (Zornberg; Mitchell, 1994; Ehrlich; Mitchell, 1994; Palmeira, 2004; Yang; Chen; Guo, 2009). Estudos experimentais reforçam essa tendência, indicando que muros construídos com solos coesivos costumam apresentar maiores deslocamentos laterais e maior mobilização de tração nos reforços quando comparados a muros executados com solos granulares (Yang, 2012; Riccio; Basso; Lopes, 2014; Saramago, 2002).

Ensaios conduzidos com solos coesivos mostram que características como teor de finos e plasticidade influenciam significativamente a resistência mobilizada na interface (Jewell, 1996; Palmeira; Antunes, 2010; Lopes; Lopes, 2013; Farrag, 2004). Em geral, essa resistência tende a ser menor do que a observada em solos granulares, reduzindo a eficiência na transferência de tensões ao reforço e demandando maiores deformações para que a tração necessária seja mobilizada (Mirmoradi; Ehrlich, 2013).

Diante dessa realidade, uma alternativa que busca conciliar o uso do solo coesivo local sem perda de eficiência ou comprometimento da estabilidade consiste na inserção de uma camada granular ao redor da geogrelha (Abdi; Sadrnejad; Arjomand, 2009; Abdi; Arjomand, 2011; Muthukumaran e Ilamparuthi, 2006). Essa camada atua como zona de transição, melhorando a resistência de interface, favorecendo a drenagem e contribuindo para a redução dos deslocamentos laterais ao longo da vida útil da estrutura.

Apesar dos avanços já alcançados, observa-se que ainda existe necessidade de aprimoramento das abordagens numéricas para representar de forma mais consistente os mecanismos de interação solo-estrutura e, em particular, para compreender o efeito que a presença dessa camada granular exerce sobre a resposta em termos de deslocamento lateral do sistema. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo investigar, por meio de modelagem numérica baseada no Método dos Elementos Finitos, utilizando o software PLAXIS 2D, a influência da presença de material granular adjacente à geogrelha e da variação do número de camadas de reforço no comportamento deformacional de muros de solo reforçado construídos com material coesivo. Busca-se, ainda, avaliar a contribuição desses fatores para a redução dos deslocamentos laterais e determinar a espessura de material granular a partir da qual o aumento dessa espessura não resulta em reduções relevantes dos deslocamentos laterais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Seção típica do muro reforçado

Para a realização das análises numéricas em termos de tensão e deformação, adotou-se a seção típica proposta por Meireles *et al.* (2022), conforme mostrado na Figura 1. A modelagem numérica foi realizada pelo Método dos Elementos Finitos, por meio do software PLAXIS 2D. A seção foi discretizada em 21 camadas de

solo, cada uma com 0,2 m de espessura. Para simular o processo de compactação, uma carga estática distribuída de 30 kN/m/m foi aplicada no topo e na base de cada camada durante as etapas construtivas, seguindo a metodologia proposta por Mirmoradi e Ehrlich (2014).

A seção típica, ou seja, aquela composta integralmente por material coesivo, foi discretizada em elementos triangulares de 15 nós. A discretização da malha foi realizada com refinamento local na região de interface solo-reforço e na face da estrutura, visando representar com maior precisão as deformações nessas áreas.

Tabela 1. Principais características geométricas da seção de análise.

| Descrição | Valor adotado |
|---|---|
| Altura livre do muro (m) | 4,20 |
| Inclinação da face | 1H:10V |
| Comprimento dos reforços (m) | 3,50 |
| Espaçamento vertical entre os reforços (m) | 0,40 |

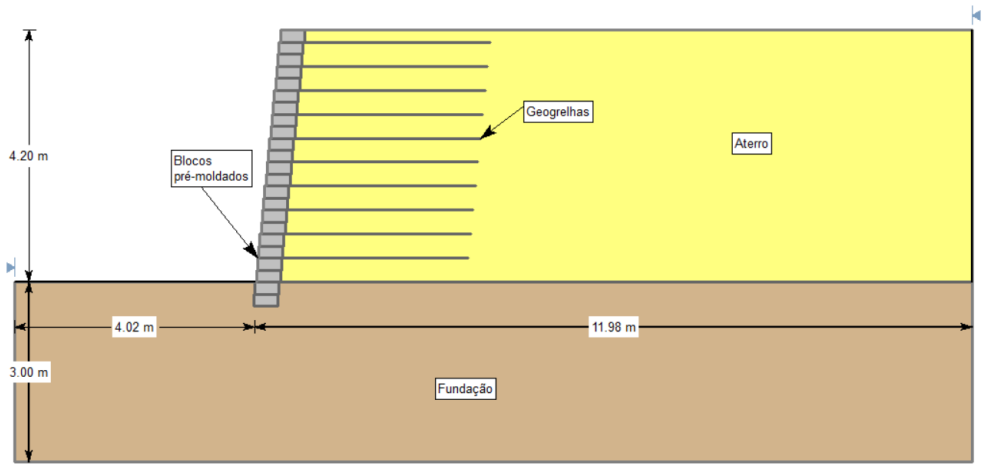



Figura 1. Seção típica utilizada na análise numérica.

## 2.2 Propriedades dos materiais

Em relação às propriedades dos materiais, o aterro consiste em um solo residual de gnaisse jovem, que é um solo tropical de grãos finos típico, conforme caracterizado integralmente por Riccio, Basso e Lopes (2014). O material granular é uma areia limpa, conforme descrito e testado por Mirmoradi e Ehrlich (2014). Para considerar os efeitos da compactação e a não linearidade, o modelo *Hardening Soil*, detalhado por Meireles *et al*. (2022), foi adotado como modelo constitutivo tanto para o aterro quanto para a areia. Além disso, o solo da fundação foi modelado como um material elástico-linear perfeitamente plástico com o critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

Para o material coesivo utilizado como aterro, adotou-se o modelo constitutivo *Hardening Soil*. Foram considerados os parâmetros $E_{50}^{ref}$ igual a 6 MPa, $E_{oed}^{ref}$ igual a 6 MPa e $E_{ur}^{ref}$ igual a 30 MPa. Nesse modelo, $E_{50}^{ref}$ representa o módulo secante correspondente a 50% da tensão desviadora última obtida em ensaio triaxial, enquanto $E_{ur}^{ref}$ corresponde ao módulo de descarregamento-recarregamento do material. Além disso, o software considera o módulo tangente obtido em ensaios edométricos ($E_{oed}^{ref}$) e o coeficiente exponencial (m) aplicado na relação entre rigidez e nível de tensão, que foi adotado igual a 0,70. Na ausência de dados experimentais específicos para a determinação independente desses parâmetros, adotou-se $E_{50}^{ref}$ igual a $E_{oed}^{ref}$, em consonância com a abordagem adotada por Meireles *et al*. (2022). O coeficiente de Poisson ($\nu$) foi igual a 0,31 e, para este material, adotou-se fator de atrito ($R_{inter}$) igual a 0,50.

O modelo *Hardening Soil* também foi considerado para o material granular adjacente à geogrelha, com os parâmetros $E_{50}^{ref}$ igual a 40 MPa, $E_{oed}^{ref}$ igual a 40 MPa e $E_{ur}^{ref}$ igual a 120 MPa, com coeficiente exponencial de 0,50 e fator de atrito de 0,70.

Os reforços geossintéticos foram modelados como materiais linearmente elásticos, assumindo-se perfeita aderência na interface solo-reforço, como simplificação de modelagem. Os elementos de reforço considerados foram geogrelhas com a rigidez isotrópica de 800 kN/m. Para os blocos de face do muro foram utilizados modelos com comportamento elástico-linear, com fator de atrito na interface solo-bloco igual a 0,30, módulo de elasticidade de 50 MPa e coeficiente de Poisson igual a 0,20. A Tabela 2 reúne todas as propriedades dos materiais utilizados na análise.

Tabela 2. Parâmetros adotados na modelagem numérica para o material coesivo, granular, blocos de face e fundação das seções de análise.

| Material | Aterro (Material Coesivo) | Material Granular | Bloco de face | Fundação |
|---|---|---|---|---|
| Modelo Constitutivo | *Hardening Soil* | *Hardening Soil* | Linear elástico | Elastoplástico |
| Peso Específico - $\gamma$ (kN/m³) | 18,80 | 20 | 25 | 20 |
| Ângulo de Atrito - $\emptyset$ (°) | 12 | 40 | - | 35 |
| Coesão (kPa) | 21 | 1 | - | 10 |
| Ângulo de Dilatância – $\psi$ (°) | 0 | 0 | - | 0 |
| $E_{50}^{ref}$ (MPa) | 6 | 40 | - | - |
| $E_{oed}^{ref}$ (MPa) | 6 | 40 | - | - |
| $E_{ur}^{ref}$ (MPa) | 30 | 120 | - | - |
| $E$ (MPa) | - | - | 50 | 50 |
| Coeficiente Exponencial - m | 0,70 | 0,50 | - | - |
| Coeficiente de Poisson - $v$ | 0,31 | 0,30 | 0,20 | 0,30 |
| Fator de atrito - $R_{inter}$ | 0,50 | 0,70 | 0,30 | - |

## 2.3 Compactação na modelagem numérica

O processo de compactação na modelagem foi realizado conforme proposto por Mirmoradi e Ehrlich (2014). Segundo o procedimento apresentado pelos autores, a compactação de cada camada é simulada por um único ciclo de carregamento e descarregamento, com a aplicação da tensão vertical induzida pela compactação ($\sigma_{zc,i}$) no topo e na base da camada. Essa abordagem tem sido empregada em outros estudos, como os trabalhos de Mirmoradi e Ehrlich (2015) e de Meireles *et al*. (2022), que relatam resultados satisfatórios em termos de resposta numérica do sistema, reforçando a adequação do método para esse tipo de análise.

## 2.4 Descrição dos cenários avaliados

As análises numéricas realizadas neste trabalho tiveram por objetivo avaliar a influência da variação do número de geogrelhas e da adoção de diferentes espessuras de camadas granulares adjacentes às geogrelhas sobre o comportamento deformacional de um muro de solo reforçado. Para isso, considerou-se inicialmente uma seção típica composta integralmente por material coesivo e reforçada com dez geogrelhas distribuídas ao longo do muro, espaçadas em 0,40 m, conforme indicado na Tabela 1 e Figura 1. Esse cenário configurou-se como cenário de referência para comparação com os demais resultados.

Posteriormente, propôs-se uma modificação na configuração do reforço, reduzindo-se o número de geogrelhas para cinco unidades e incorporando, em cada nível de reforço, uma camada granular posicionada acima e abaixo da geogrelha, de modo que o elemento de reforço permanecesse centrado no interior da camada granular. A espessura dessa camada foi variada sistematicamente, com o objetivo de identificar sua influência

no comportamento deformacional do sistema. As condições avaliadas estão sucintamente descritas na Tabela 3.

Desse modo, ao todo foram conduzidas cinco análises numéricas: uma configuração de referência com dez reforços e quatro cenários com cinco reforços associados a camadas granulares de diferentes espessuras. A comparação entre os diferentes casos analisados permitiu avaliar a influência da inserção de camadas granulares sobre os deslocamentos laterais do muro, bem como verificar em que medida esse arranjo possibilita a redução do número de geogrelhas mantendo níveis de deslocamento semelhantes aos observados na configuração de referência.

Tabela 3. Espessuras da camada granular adotadas nos cenários analisados.

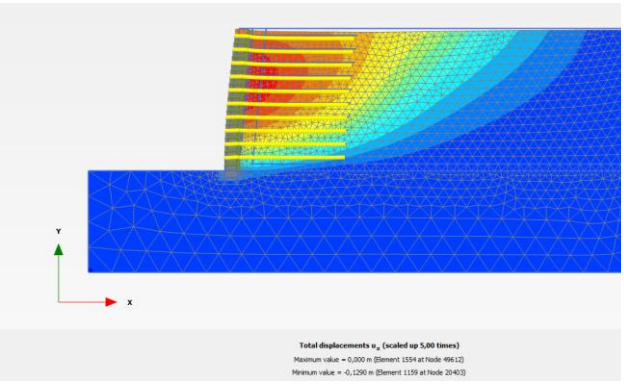
| Cenário | Espessura total de material granular (m) |
|---|---|
| 1 | 0,00 |
| 2 | 0,20 |
| 3 | 0,40 |
| 4 | 0,60 |
| 5 | 0,80 |

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

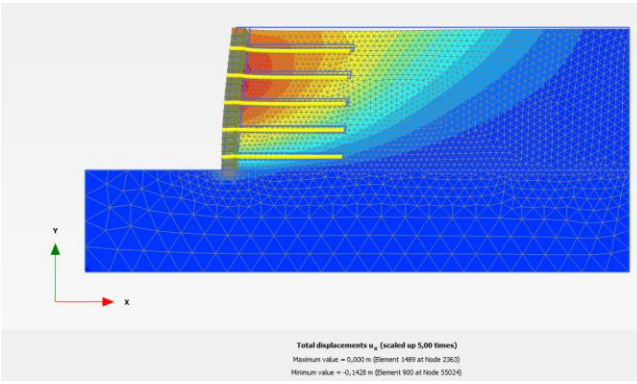
Os resultados apresentados na Figura 2 e Figura 3 demonstram que, nas condições analisadas, o aumento da espessura da camada granular ao redor da geogrelha está associado à redução dos deslocamentos laterais. Observou-se que, no cenário 2, mesmo com a inserção de uma camada granular de 0,20 m envolvendo cada geogrelha, a configuração com cinco camadas de reforço apresentou deslocamentos laterais superiores aos do cenário de referência com dez camadas. Esse resultado indica que, para a configuração analisada, a introdução da camada granular não foi suficiente para compensar a redução do número de geogrelhas, permanecendo o efeito da diminuição do reforço como o fator predominante no comportamento deformacional do muro.

A partir da espessura de 0,40 m, os resultados apresentam reduções progressivas nos deslocamentos laterais. Esse comportamento reforça a influência direta das condições de interface na redistribuição de tensões, especialmente quando o material granular passa a compor uma zona suficientemente espessa para alterar o campo de esforços ao redor da geogrelha.

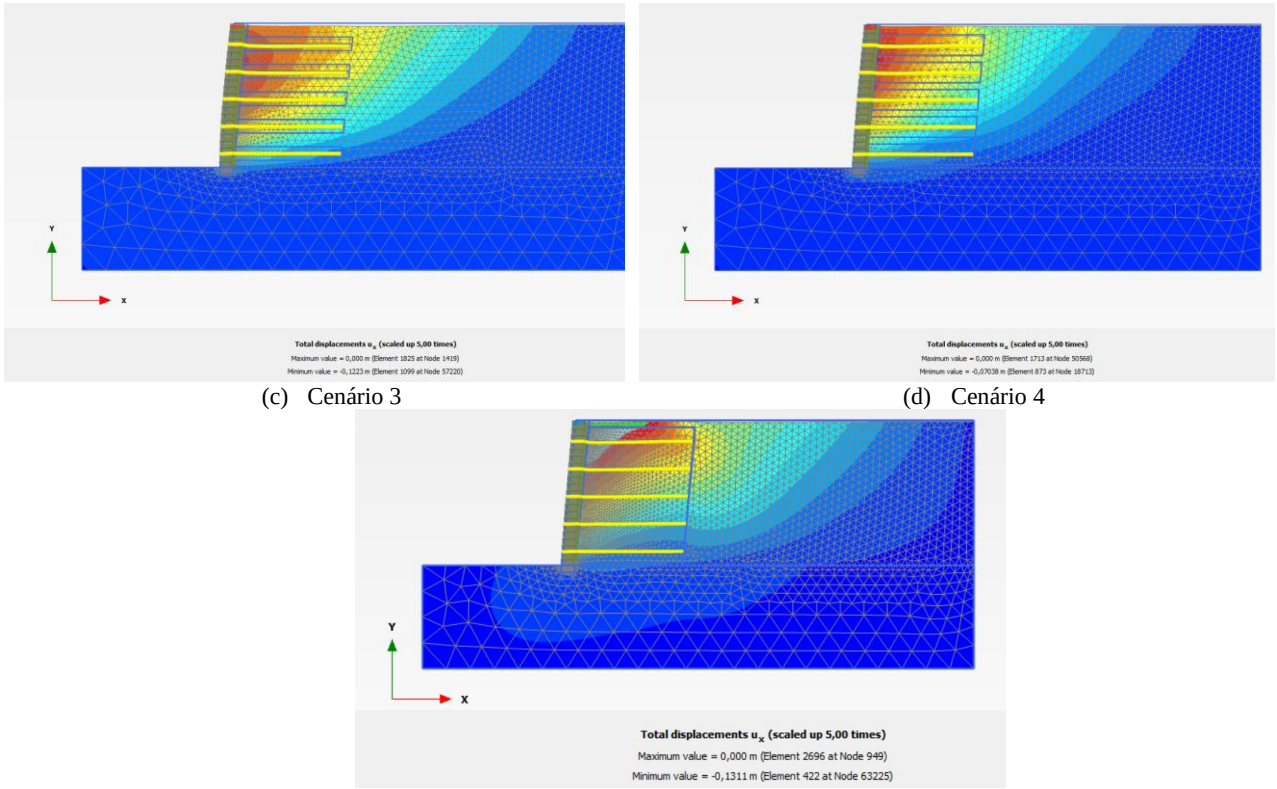
Para as espessuras de 0,60 e 0,80 m, observou-se que as curvas se tornam mais próximas, indicando que o aumento adicional da espessura da camada granular passa a produzir ganhos pouco expressivos em termos de diminuição do deslocamento lateral. Essa tendência é compatível com o observado por Mirmoradi e Ehrlich (2014), que apontam a existência de um limite prático para o efeito da melhoria regional ao redor do reforço, a partir do qual incrementos adicionais na espessura geram reduções pouco expressivas nos deslocamentos. Além disso, verificou-se que o cenário 4 apresentou deslocamentos ligeiramente menores que o cenário 5, sobretudo nas regiões intermediária e superior do muro, comportamento coerente com os mecanismos de mobilização de tração no reforço discutidos por Mirmoradi e Ehrlich (2013).



(a) Cenário 1



(b) Cenário 2




(c) Cenário 3 (d) Cenário 4

(e) Cenário 5

Figura 2. Deslocamento horizontal (*Ux*) para as diferentes espessuras de camada granular avaliadas.

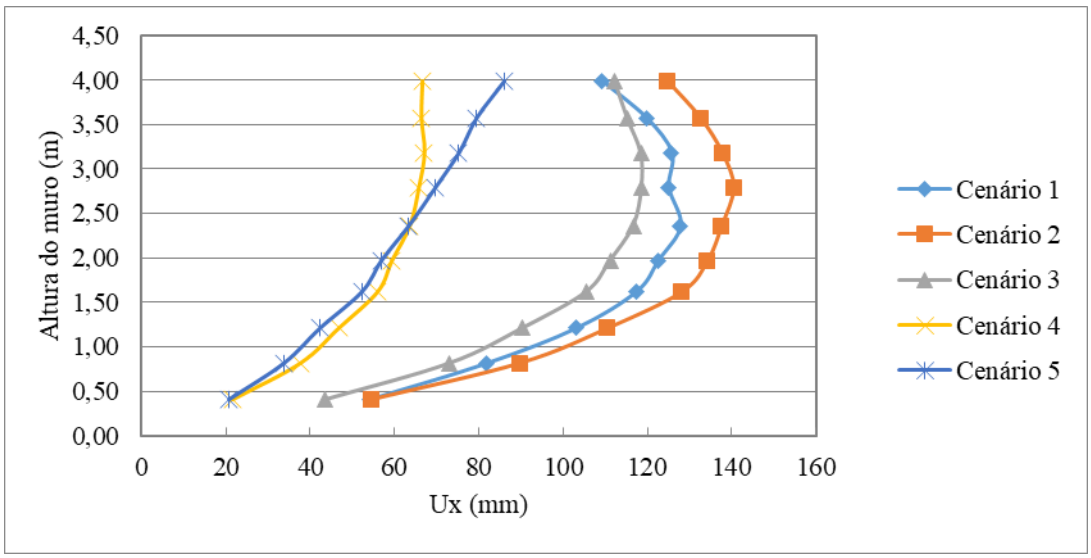



Figura 3. Comparação das curvas de deslocamento lateral nos diferentes cenários avaliados.

## 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos possibilitam inferir que, nas condições analisadas, a introdução de uma camada granular adjacente à geogrelha contribui para a redução dos deslocamentos laterais do muro, mesmo quando se utiliza um solo coesivo como material de aterro. Destaca-se, contudo, que essa melhoria não se manifesta de forma imediata. Embora a adoção da camada granular tenha como finalidade reduzir os deslocamentos do muro, inclusive possibilitando a diminuição do número de reforços, a espessura de 0,20 m (cenário 2) apresentou desempenho inferior ao cenário de referência, resultando em deslocamentos superiores aos

observados no cenário 1. Tal comportamento indica a existência de uma espessura mínima eficaz, abaixo da qual o material granular não é capaz de compensar a redução do número de geogrelhas. Isso sugere que, nessa condição, a camada ainda não promove alterações suficientemente significativas no campo de tensões nem no mecanismo de interação solo–reforço.

A partir de 0,40 m, os benefícios passam a se manifestar de forma mais consistente, com reduções progressivas dos deslocamentos laterais. Entre os cenários avaliados, a espessura total de 0,60 m, distribuída em 0,30 m acima e 0,30 m abaixo da geogrelha, revelou melhor desempenho em termos de deslocamentos laterais, pois apresentou comportamento deformacional próximo ao observado para a espessura de 0,80 m. Além disso, considerando que a configuração com 0,80 m já se aproxima de um muro praticamente constituído por material granular, a solução com 0,60 m mostrou-se tecnicamente eficiente, ao mesmo tempo em que preserva a utilização predominante do solo coesivo disponível *in loco*, possibilita a redução do número de reforços e mantém desempenho satisfatório.

Diante disso, os resultados indicam que a adoção de uma camada granular intermediária, com espessura próxima a 0,60 m, representa uma alternativa viável do ponto de vista técnico. Em contrapartida, camadas muito finas, como a de 0,20 m, não se mostraram eficazes, o que sugere que espessuras abaixo desse limite não se mostraram eficazes nas condições analisadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, Mahmood Reza; ARJOMAND, Mohammad Ali. *Pullout tests conducted on clay reinforced with geogrid encapsulated in thin layers of sand*. Geotextiles and Geomembranes, v. 29, n. 6, p. 588–595, 2011.

ABDI, Mahmood Reza; SADRNEJAD, S. A.; ARJOMAND, M. A. *Strength enhancement of clay by encapsulating geogrids in thin layers of sand*. Geotextiles and Geomembranes, v. 27, n. 4, p. 447–455, 2009.

BATHURST, R. J.; EZZEIN, F. M. *Geogrid pullout load–strain behaviour and modelling using a transparent granular soil*. Geosynthetics International, v. 23, n. 4, p. 271–286, 2016.

BERG, R. R.; CHRISTOPHER, B.; SAMTANI, N. C. *Design of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes*. Washington: Federal Highway Administration, 2009.

CHEN, J.; ZHANG, W.; XUE, J. *Zoning of reinforcement forces in geosynthetic reinforced cohesionless soil slopes*. Geosynthetics International, v. 24, n. 6, p. 565–574, 2017.

EHRLICH, M.; MIRMORADI, S. H.; SARAMAGO, R. P. *Evaluation of the effect of compaction on the behavior of geosynthetic-reinforced soil walls*, 2012.

EHRLICH, M.; MIRMORADI, S. H. *Evaluation of the effects of facing stiffness and toe resistance on the behavior of GRS walls*. Geotextiles and Geomembranes, v. 40, p. 28–36, 2013.

EHRLICH, M.; MITCHELL, J. K. *Working stress design method for reinforced soil walls*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, v. 120, n. 4, p. 625–645, 1994.

ELIAS, V.; HITTI, M.; KASTRO, J. *Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes: design and construction guidelines*. Washington: Federal Highway Administration (FHWA), 2001.

FARRAG, K. *Application of geogrids in cohesive soils*. Geotextiles and Geomembranes, v. 22, n. 4, p. 239–257, 2004.

HATAMI, K.; BATHURST, R. J. *Development and verification of a numerical model for the analysis of geosynthetic-reinforced soil segmental walls under working stress conditions*. Canadian Geotechnical Journal, v. 42, n. 4, p. 1066–1085, 2005.

JEWELL, R. A. *Soil reinforcement with geotextiles*. London: CIRIA/Butterworth-Heinemann, 1996.

KOERNER, R. M. *Designing with geosynthetics*. 6. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2012.

LOPES, M. L.; LOPES, M. S. *Influence of geosynthetic characteristics on the interface behaviour with soils.* Geotextiles and Geomembranes, v. 38, p. 1–15, 2013.

MEIRELES, L. C.; RICCIO FILHO, M. V.; PITANGA, H. N.; FERRAZ, R. L.; SILVA, T. O.; DIAS NETO, S. L. *Numerical evaluation of the influence of compaction and soil strength parameters on GRSW*. Soils and Rocks, v. 46, e202304732, 2022.

MIRMORADI, S. H.; EHRLICH, M.; DIEGUEZ, C. *Evaluation of the combined effect of toe resistance and facing inclination on the behavior of GRS walls*. Geotextiles and Geomembranes, v. 44, n. 3, p. 287–294, 2016.

MIRMORADI, S. H.; EHRLICH, M. *Experimental evaluation of the effect of compaction near facing on the behavior of GRS walls*. Geotextiles and Geomembranes, v. 46, n. 5, p. 566–574, 2018b.

MIRMORADI, S. H.; EHRLICH, M. *Numerical simulation of compaction-induced stress for the analysis of RS walls under working conditions*. Geotextiles and Geomembranes, v. 46, n. 3, p. 354–365, 2018a.

MIRMORADI, S. H.; EHRLICH, M. *Modeling of the compaction-induced stress on reinforced soil walls*. Geotextiles and Geomembranes, v. 43, n. 1, p. 82–88, 2015.

MIRMORADI, S. M.; EHRLICH, M. *Load transfer mechanisms in reinforced soil walls*. Geotextiles and Geomembranes, v. 37, p. 1–13, 2013.

MIRMORADI, S. M.; EHRLICH, M. *Numerical simulation of compaction-induced stresses in GRS walls.* Geotextiles and Geomembranes, v. 42, n. 5, p. 399–409, 2014.

MUTHUKUMARAN, A. E.; ILAMPARUTHI, K. *Laboratory studies on geotextile filters as used in geotextile tube dewatering*. Geotextiles and Geomembranes, v. 24, n. 4, p. 210–219, 2006.

PALMEIRA, E. M. *Soil-geosynthetic interaction: modelling and analysis*. Geosynthetics International, v. 11, n. 4, p. 273–300, 2004.

PALMEIRA, E. M.; ANTUNES, L. *Application of pullout tests to investigate the interaction between geogrids and cohesive soils*. Geotextiles and Geomembranes, v. 28, n. 4, p. 257–271, 2010.

RICCIO, M.; EHRLICH, M.; DIAS, D. *Field monitoring and analyses of the response of a block-faced geogrid wall using fine-grained tropical soils*. Geotextiles and Geomembranes, v. 42, n. 2, p. 127–138, 2014.

RICCIO, M. V.; BASSO, P.; LOPES, R. M. *Numerical evaluation of the behavior of reinforced soil walls subjected to compaction*. Soils and Rocks, v. 37, n. 3, p. 219–232, 2014.

SARAMAGO, R. P. *Study of the influence of compaction on the behavior of reinforced soil walls using physical models.* 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

YANG, X. *Pullout and interface behaviour of geogrids in cohesive soils*. Geotextiles and Geomembranes, v. 35, p. 1–10, 2012.

YANG, X.; CHEN, J.; GUO, L. *Interface strength and deformation characteristics of geogrids embedded in cohesive soil*. Engineering Geology, v. 106, n. 1, p. 40–47, 2009.

ZORNBERG, J. G.; MITCHELL, J. K. *Reinforced soil structures with poorly draining backfills*. Geotechnical Special Publication, ASCE, n. 44, 1994.