

ENSAIOS DE ARRANCAMENTO DE UM GRAMPO CONVENCIONAL E UM TIRANTE COM BARRA ALTERNATIVA

Ângelo Henrique Cruz Oliveira², Eduardo Souza Cândido³, Elvécio Gomes de Oliveira Júnior⁴, José Carlos Santos Júnior⁵, Marcos Alves da Silva⁶, Paulo Mendes de Oliveira⁷, Ana Carolina Nascimento de Barros Arêdes⁸

Resumo: *A técnica de cortina atirantada, aliada ao uso de material reutilizável, conceitua uma nova modelagem dentro da Engenharia Civil para contenção de taludes devido às vantagens de execução, economia e segurança. A oportunidade de reutilizar um material em desuso na construção civil despertou a curiosidade de aplicá-lo em uma obra mista, bem como compará-lo a um modelo já existente de barra convencional, uma vez que seu custo é 85% inferior ao da barra convencional de aço CA-50. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o atrito lateral no tirante com barra alternativa e no grampo com barra convencional desenvolvido pela interação solo-tirante/grampo em solo argiloso. Para isso, realizou-se ensaios de arrancamento em um grampo e um tirante, ambos com 7 m de comprimento ancorados e 1 reinjeção. Com base nos resultados obtidos, observou-se que a resistência ao arrancamento (qs) do tirante é 500% superior à resistência ao arrancamento do grampo. Assim, pode-se concluir com base no ganho de resistência que é válido o reaproveitamento de barras alternativas em tirantes e que esta se apresenta com uma solução econômica, ambiental e estruturalmente viável.*

Palavras-chave: *Ensaio de arrancamento, solo grampeado, cortina atirantada*

²Engenheiro Civil – FACULDADE ÚNICA. E-mail: angelo.cruz.oliveira@hotmail.com

³Doutorando em Engenharia Civil – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. E-mail: eduardo.candido@ufv.br

⁴Engenheiro Civil – FACULDADE ÚNICA. E-mail: elvecjunior@hotmail.com

⁵Engenheiro Civil – FACULDADE ÚNICA. E-mail: marcosilvaunipac@gmail.com

⁶Engenheiro Civil – FACULDADE ÚNICA. E-mail: rxjunior@hotmail.com

⁷Engenheiro Civil – FACULDADE ÚNICA. E-mail: paulomoo@hotmail.com

⁸ Mestranda em Engenharia Civil – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. E-mail: ana.aredes@ufv.br

Introdução

A técnica de cortina atirantada, quando aliada ao uso de material reutilizável, proporciona uma nova alternativa para contenção de taludes, apresentando vantagens de execução, economia e segurança. A oportunidade de reutilizar um material descartado pela indústria de estrutura metálica despertou a curiosidade de aplicá-lo em uma obra mista e compará-lo a um modelo já existente de barra, uma vez que seu custo é 85% inferior ao da barra convencional de aço CA-50. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o atrito lateral (interação solo-estrutura) em um tirante, produzido com barra alternativa, e no grampo, com barra convencional, em solo argiloso.

Material e Métodos

O estudo experimental foi realizado em um talude com altura de aproximadamente 12 m, localizado na cidade de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. A fim de comparar a resistência ao arrancamento (q_s) e estudar o comportamento tensão-deformação do tirante em relação ao grampo, foram realizados ensaios de arrancamento em um tirante e um grampo.

Os furos com 100 mm de diâmetro e 7 metros de comprimento ancorados foram executados com o auxílio de uma perfuratriz com circulação de água.

O grampo foi preparado com barra de aço CA-50 com diâmetro de 16 mm e o tirante, com barra alternativa de aço com diâmetro de 22 mm, ambos os comprimentos de 8 m, sendo 1 m de folga medido da superfície para a realização dos ensaios. Para a centralização das barras foram instalados tubos de PVC espaçados a cada 1 m, sendo fixados com arame recozido.

Ao longo das duas barras de aço foi fixado um tubo de PVC com diâmetro de 25 mm, sendo nestes feitos furos (válvulas de injeção) com espaçamentos de 1 m. Estas válvulas são previstas para o processo de reinjeção, para formação do bulbo de ancoragem.

A calda de cimento (CP III-40-RS), com relação água-cimento de aproximadamente 0,7, foi injetada de forma ascendente nos furos com auxílio de uma bomba 1cv até seu preenchimento. Após 24 horas do preenchimento completo do furo com a calda de cimento, foram realizadas as reinjeções no grampo e no tirante por meio da injeção de calda sob pressão por 5 min.

Para realização dos ensaios de arrancamento fez-se a preparação

da superfície do terreno e o aparato (Figura 1) utilizado era composto por peças de madeira, placa de aço de reação, macaco hidráulico vazado com capacidade 50 toneladas, peça para agarre da barra metálica, suporte de apoio dos extensômetros, extensômetros mecânicos, braço com articulações para ajuste da posição do extensômetro e barra fixa para movimentação lateral e posicionamento dos braços articulados com os extensômetros .



Figura 1 – Esquema de Montagem

O arrancamento foi realizado em estágios, sendo cada um correspondente a um acréscimo de carga aplicado, durante o qual foram realizadas as leituras dos extensômetros para os tempos 0, 15, 30 s, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min e 30 min. Após a leitura relativa ao tempo de 30 min, realizou-se a verificação quanto à estabilização das leituras de deslocamento (Equação 1). Caso esta condição fosse atingida, caracterizava-se o fim do estágio, caso contrário, prosseguiam as leituras para os tempos de 1 h, 2 h, 4 h, dobrando-se o valor até obter a estabilização. Em que representa a leitura realizada em cada um dos intervalos de tempo.

$$\frac{l_i - l_{i-1}}{\sum_{l=0}^i l} \times 100 \leq 5\% \quad (1)$$

Ao fim de cada estágio, o procedimento era refeito aplicando um novo

carregamento e repetia-se o ciclo de leituras. O processo foi reproduzido até o rompimento do atrito lateral entre o grampo/tirante e o solo, identificado pela não estabilização da carga aplicada relacionada com grandes deslocamentos.

Resultados e Discussão

No tirante a primeira carga aplicada foi de 5,48 kN, e posteriormente aplicou-se acréscimos de carga de 13,8 kN. Foram executados 15 estágios de força até a ruptura, alcançando uma carga máxima de tração suportada de 199,04 kN e tensão de resistência ao arrancamento de 90,51 kPa. O deslocamento da cabeça do tirante na ruptura foi de 3,87 mm (Figura. 2a).

No grampo a primeira carga aplicada foi de 5,48 KN, e posteriormente aplicou-se acréscimos de carga de 13,8 kN. Foram executados 3 estágios de força até a ruptura obtendo-se uma carga máxima de tração de 33,14 kN e tensão de resistência ao arrancamento de 11,72 kPa. O deslocamento da cabeça do tirante na ruptura foi de 6,6 mm (Figura 2b).

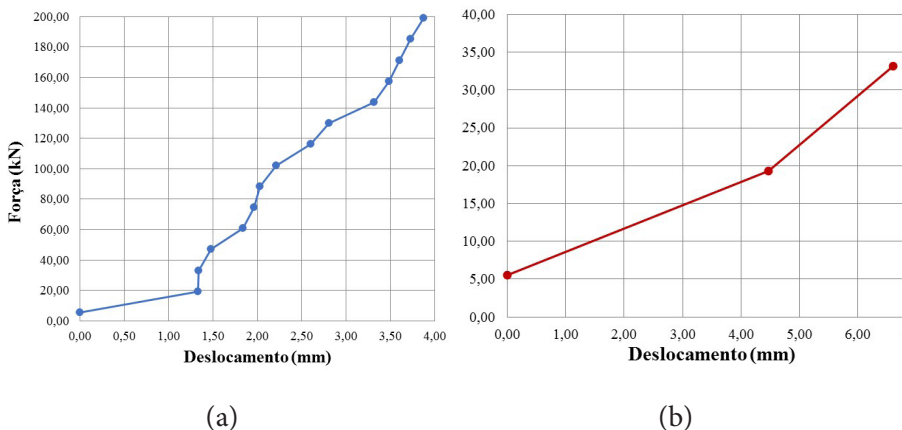


Figura 2 – (a) Força *versus* Deslocamento para o tirante; (b) Força *versus* Deslocamento para o grampo.

Com base nas informações acima, pode-se observar que a resistência ao arrancamento no tirante foi 500% maior que o do grampo, o que era de se esperar devido à pretensão aplicada ao tirante e da diferença entre os diâmetros das barras. Quanto à resistência ao arrancamento (Tabela 1), alguns autores, tais como Springer (2006), Ortigão e Palmeira (1997) e Lazarte et al. (2003) realizaram ensaios de arrancamento de grampos em solos similares e mostraram que a resistência média ao arrancamento seria de no mínimo 20

kPa. Já para o tirante, Ostermayer (1974) obteve resultados dentro da faixa esperada (90 a 200 kPa). Sendo assim, o uso da barra alternativa não limitou a resistência ao arrancamento prevista para a inclusão executada.

Tabela 1 – Resultados de q_s (kPa) obtidos nos ensaios de arrancamento

Inclusões	q_s (kPa)
Tirante	90,51
Grampo	11,72

Conclusões

A resistência do tirante se apresentou muito superior à do grampo, mostrando que essa estrutura suporta esforços maiores a menores deslocamentos. A barra alternativa atendeu aos critérios de resistências esperados, podendo ser utilizada na execução de tirantes; Proporcionando uma solução econômica, ambiental e estruturalmente viável.

Referências Bibliográficas

SPRINGER, F. O. **Ensaio de arrancamento de grampos em solo residual de gnaise**. Orientadores: Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão e Anna Laura L. S. Nunes. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil. 310 p., 2006.

ORTIGÃO, J. A. R.; PALMEIRA, E. M. **Experiência com solo grampeado no Brasil – 1970 a 1993**. Solos e Rochas, ABMS, vol. 16, p. 291-304, 1997.

OSTERMAYER, M. **Construction Carrying Behavior and Creep Characteristics os Ground Anchor**. Conference on Diaphragm Wall and Anchorages, Institution os Civil Engineers os London, 141-151, 1974.

LAZARTE, C.A.; ELIAS, V.R.; ESPINOZA, D.; SABATINI, P.J. **Geotechnical Engineering Circular No 7, Soil Nail Walls**. Federal Highway Administration, Office of Tech. Application, Report No FHWA01IF-03-017, 2003.