

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Álise da Influência de Raízes da Gramínea Elefante em Solo Argiloso Através de Ensaios de Cisalhamento Direto

Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá

Discente em Engenharia Civil, Unijuí, Ijuí, Brasil, vinicius.maica98@gmail.com

Gabrieli Guterres de Jesus

Discente em Engenharia Civil, Unijuí, Ijuí, Brasil, gabrieli.jesus@sou.unijui.edu.br

Bianca Milena Girardi

Engenheira Civil, Unijuí, Ijuí, Brasil, bianca.girardi@sou.unijui.edu.br

Angela Lassen

Discente em Engenharia Civil, Unijuí, Ijuí, Brasil, angela.lassen@sou.unijui.edu.br

André Luiz Böck

Docente em Engenharia Civil, Unijuí, Ijuí, Brasil, andre.bock@sou.unijui.edu.br

RESUMO: Este trabalho possui como objetivo principal analisar a influência que raízes da gramínea Elefante podem proporcionar a um solo argiloso. A metodologia consiste em extrair amostras com e sem raízes de moldes de PVC onde foram plantadas as mudas e, a partir disso, realizar os ensaios de cisalhamento direto. Com os dados encontrados no ensaio, é possível gerar as envoltórias de resistência das amostras e então analisar os parâmetros de coesão e ângulo de atrito interno do solo. Tendo em vista que as médias da coesão para amostras com raízes e sem são, respectivamente, 35,54 kPa e 28,81 kPa, as raízes aumentaram a coesão do solo em 23,26%. Em relação ao ângulo de atrito, 53,57° e 51,87° na devida ordem para amostras com e sem raízes, a colaboração das raízes aumentou em 3,28% o ângulo de atrito do solo. Dessa forma, é notória a capacidade de melhoramento que a vegetação pode proporcionar ao solo e, no caso da gramínea Elefante, pode-se dizer que possui potencial para ser utilizada como melhoramento do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioengenharia, Proteção superficial, Vegetação.

ABSTRACT: The main aim of the present research is analyse the influence that Elefante grass roots can provide to clayey soils. The methodology consisting of extract the samples with and without roots from PVC molds where the grasses were planted and, from that, were made the direct shear tests. After taked the data from the tests, it is possible to build the resistance wrap from the samples and then analyse the cohesion and friction angle of the soil parameters. In view of that, the cohesion arithmetic average to samples with and without roots are, respectively, 35.54 kPa and 28.81 kPa. The roots increased the cohesion soil in 23.26%. In relation of the friction angle, the arithmetic averages are 53.57° and 51.87° respectively to samples with and without roots, the roots collaboration increase in 3.28% the soil friction angle. In this way, it is notorious the increasing capacity that the vegetation can provide to the soil and, about the Elefante grass, it is able to say this grass has potential to be used to soil improvement.

KEYWORDS: Bioengineering, Surface protection, Vegetation.

1 Introdução

Há séculos a bioengenharia é uma técnica utilizada com o objetivo de controlar complicações, em taludes e margens de rios, originadas pela erosão. É uma metodologia que emprega elementos inertes com elementos biológicos, assim como aço, concreto e fibras sintéticas em conjunto com a vegetação. Dessa forma, as raízes de algumas espécies de plantas são capazes de auxiliar na contenção e proteção do solo e, ainda, melhorar a capacidade de drenagem do material (COUTO *et al*, 2010).



Gray e Sotir (1996) expõem que as raízes podem possuir características de elementos receptores de tensões, dessa forma, auxiliam no acréscimo da resistência ao cisalhamento do solo. Pereira *et al* (2006) complementam ao dizer que a resistência que as raízes proporcionam ao solo está ligada a concentração de fibras radiculares de pequeno diâmetro e à profundidade que elas alcançam, ou seja, um grande volume de raízes de pequeno diâmetro é mais eficiente que raízes de diâmetros maiores.

Com base nisso, esta pesquisa busca verificar se a gramínea Elefante possui propriedades para ser utilizada em locais com ocorrência de erosão e deslizamentos, a fim de melhorar as condições do solo. Para isso, serão analisados ensaios de cisalhamento direto de amostras com e sem raízes, com finalidade de encontrar as respectivas envoltórias de resistência.

2 Metodologia

A metodologia desta pesquisa consiste em, inicialmente, realizar a preparação dos moldes de PVC que são responsáveis por receber o plantio das mudas. Em seguida, ocorre o plantio das mudas da gramínea Elefante nos moldes e, por fim, a execução dos ensaios de cisalhamento direto.

2.1 Preparação dos moldes

Para os moldes, utilizaram-se canos de PVC com 1 m de altura e 100 mm de diâmetro. Em cada um desses elementos foi introduzida uma camada de 5 cm de areia no fundo, visando auxiliar na drenagem da água, acima desse material foi adicionado 90 cm de solo, deixando apenas 5 cm superficiais onde seriam posicionadas as mudas. Tendo em vista que os moldes utilizados possuem dimensões não convencionais para compactação, utilizou-se uma metodologia de compactação calculada com a fórmula abaixo, onde “E” é a energia de compactação, “W” é o peso do soquete, “h” é a altura de queda, “N” é o número de camadas e “n” é o número de golpes do soquete por camada (SANTOS, 2008).

$$E = \frac{W.h.N.n}{\text{Volume do molde}} \quad (1)$$

Sabendo-se que as raízes carecem de um espaço mínimo entre os grãos de solo para se desenvolverem, adotou-se uma energia de compactação com valor de 2,3 kg.cm/cm³, que corresponde a aproximadamente metade da energia Proctor Normal. Assim, com a utilização de um soquete de 4,83 kg a 50 cm de queda em 15 camadas, encontrou-se um número de 9 golpes por camada.

2.2 Plantio da gramínea

Após a compactação do solo em todos os moldes de PVC e as mudas estarem em condições de plantio, realizou-se o plantio das mudas em cada molde. Ressalta-se que foi tomado o cuidado de incluir ao menos duas mudas por molde, visando a formação de uma touceira, o que facilita o desenvolvimento da planta e garante um maior volume de raízes.

2.3 Ensaios de cisalhamento direto

O ensaio de cisalhamento, conforme Craig (2004), ocorre a partir da aplicação de uma tensão normal (N) conhecida, que é aplicada no topo de um conjunto composto por: caixa de cisalhamento; placa metálica com ranhuras; pedra porosa; amostra; papel filtro acima e abaixo da amostra; placa de carregamento. A partir disso, busca-se encontrar o valor da tensão cisalhante (T) aplicada, o deslocamento horizontal (ΔL) e a deformação vertical (Δh). A partir destes dados, adquiridos com o ensaio de cisalhamento direto, é possível traçar uma ilustração gráfica (HEAD, 1994). A figura abaixo (modificada de CRAIG, 2004) demonstra um esquema com os componentes da caixa de cisalhamento.

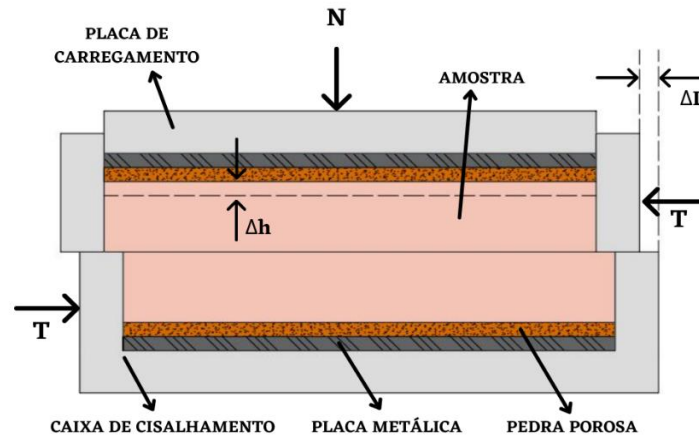


Figura 1. Esquema do conjunto caixa de cisalhamento.

Ao decorrer dessa pesquisa, realizaram-se 24 ensaios de cisalhamento direto, 12 para amostras com raízes da graminea Elefante e 12 para amostras apenas com solo, sem raízes. As tensões normais aplicadas foram de 30, 60, 100 e 200 kPa, sendo distribuídas em quatro ensaios, uma com cada tensão normal, para três camadas em profundidades distintas, bem como esboça a Figura 2 (Autoria própria, 2021). As envoltórias de resistência apresentadas no decorrer do trabalho foram feitas analisando-se uma camada por vez para cada tipologia de amostra, pelo fato de as camadas mais superficiais possuírem mais raízes que as camadas mais profundas.

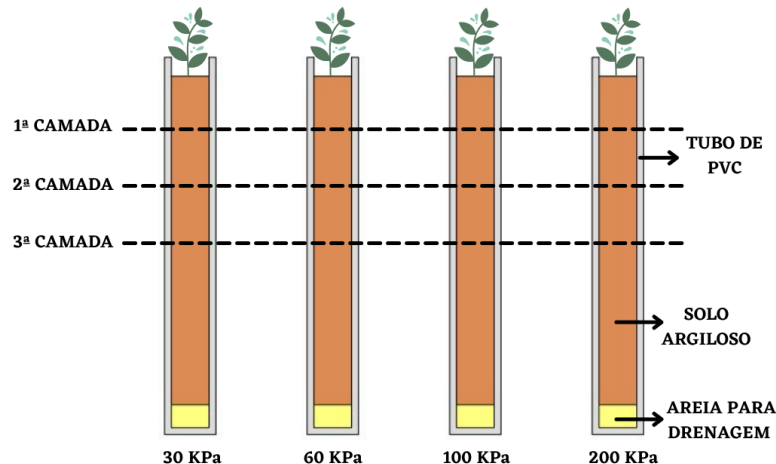


Figura 2. Esquema da metodologia de execução dos ensaios.

Referente à extração das amostras, inicialmente realiza-se o corte do tubo para inserção do anel extrator metálico e posteriormente à retirada e limpeza da amostra, faz-se a transferência para a caixa de cisalhamento. A partir disso, dá-se início ao ensaio de cisalhamento direto com amostra submersa, pelo fato de as amostras apresentarem diferentes umidades, buscando-se deixar o ambiente o mais semelhante possível de uma amostra para outra. A Figura 3a (Autoria própria, 2021) apresenta a cravação do anel extrator e a Figura 3b demonstra uma das amostras após o processo de cisalhamento.

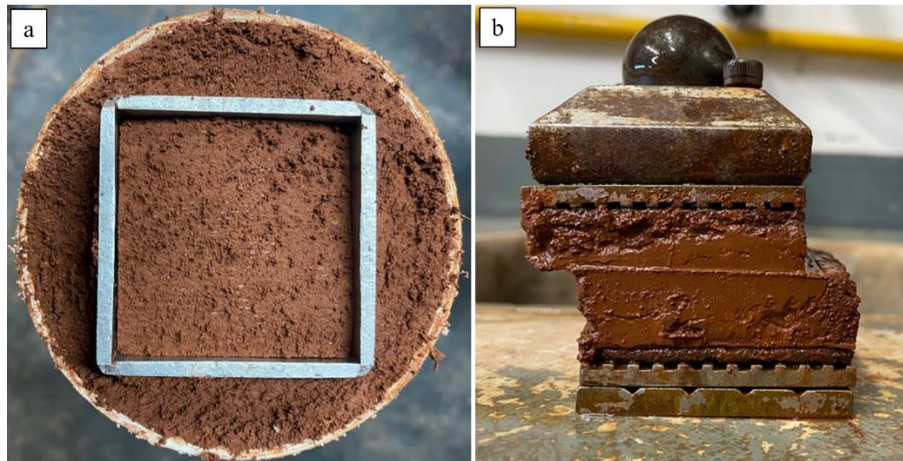


Figura 3. Inserção do anel extrator e amostra após cisalhamento.

3 Resultados e discussões

A partir dos 24 ensaios executados, 6 para cada tensão normal aplicada, foi possível obter as curvas “Tensão cisalhante x Deslocamento horizontal”, apresentadas na Figura 4 (Autoria própria, 2021) e Figura 5 (Autoria própria, 2021), respectivamente, para 30 e 200 kPa.

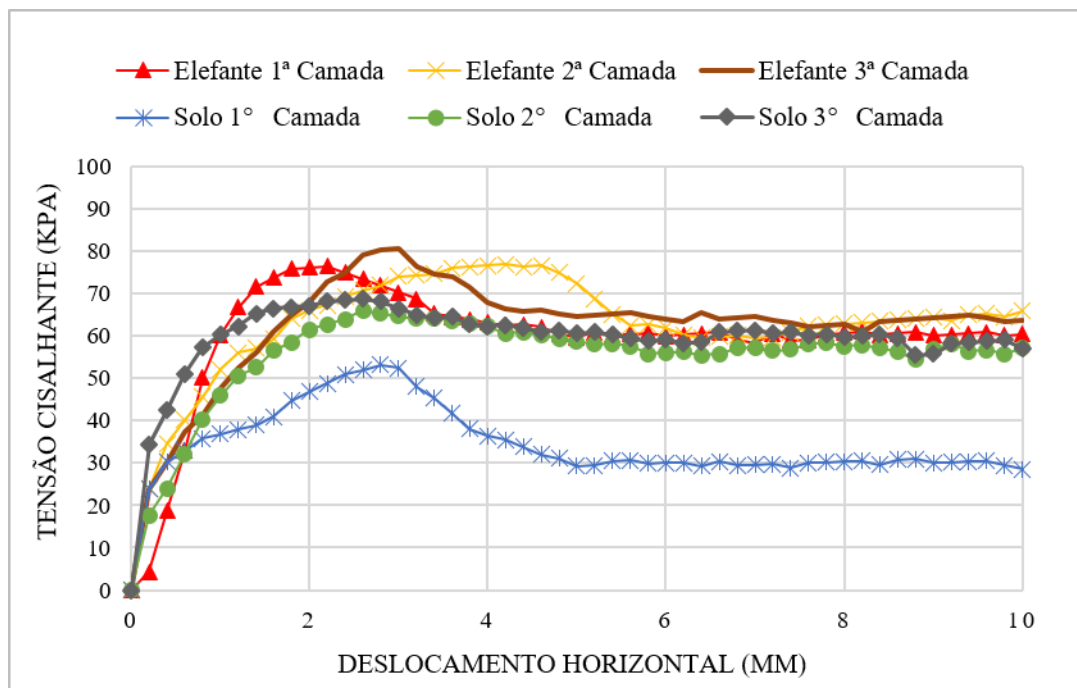


Figura 4. Tensão cisalhante x Deformação horizontal com 30 kPa.

Ao se analisar o gráfico de Tensão x Deformação com 30 kPa, pode-se notar que a amostra com solo da 1ª camada apresentou o pior desempenho. Em relação aos picos das amostras, num geral, ficaram entre 60 e 80 kPa, todas com comportamento semelhante, alterando apenas o momento de pico. Quanto ao gráfico para ensaios com 200 kPa, verifica-se que o comportamento das curvas foi muito semelhante, com picos entre 250 e 350 kPa, no entanto, destaca-se que as amostras com raízes, desde os 5 mm de deslocamento, mantiveram-se sempre acima das amostras sem raízes, o que caracteriza a necessidade de maior tensão cisalhante para a ocorrência do deslocamento horizontal da amostra.

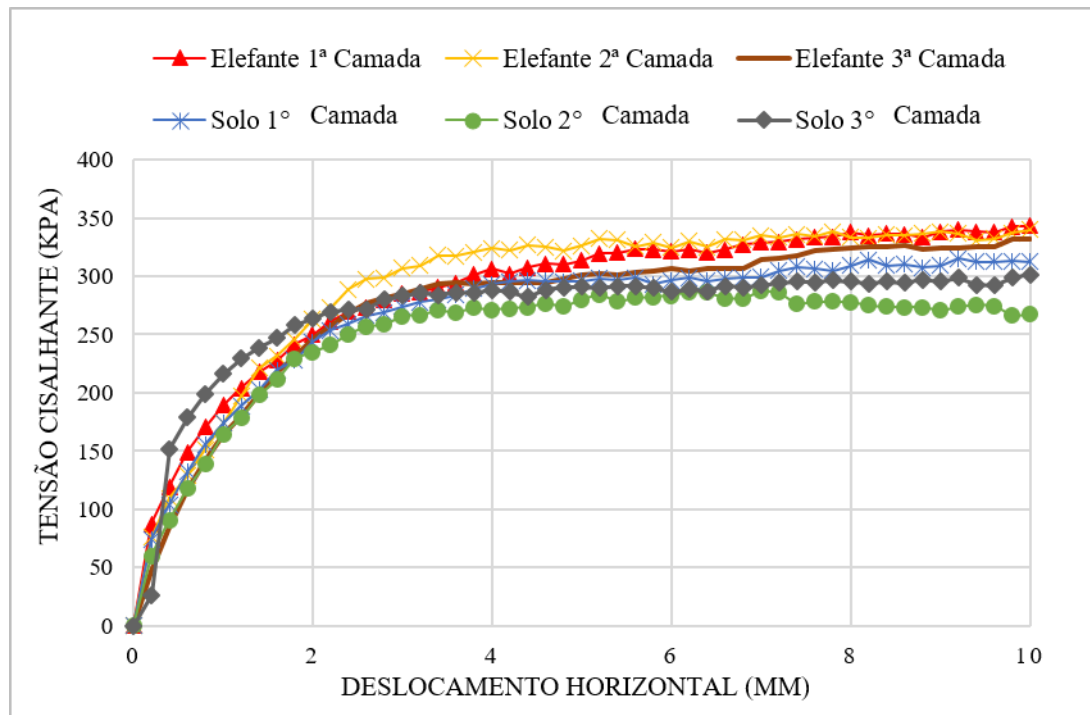


Figura 5. Tensão cisalhante x Deformação horizontal com 200 kPa.

A partir dos gráficos gerados com os ensaios, foi possível realizar a análise do ponto de pico para a ruptura e então gerar a envoltória de resistência para cada amostra, como apresenta a Figura 6 (Autoria própria, 2021). Assim, com os valores das menores e maiores tensões para cada envoltória (que são os picos dos gráficos de tensão x deformação com 30 e 200 kPa), pode-se encontrar os valores para coesão e ângulo de atrito.

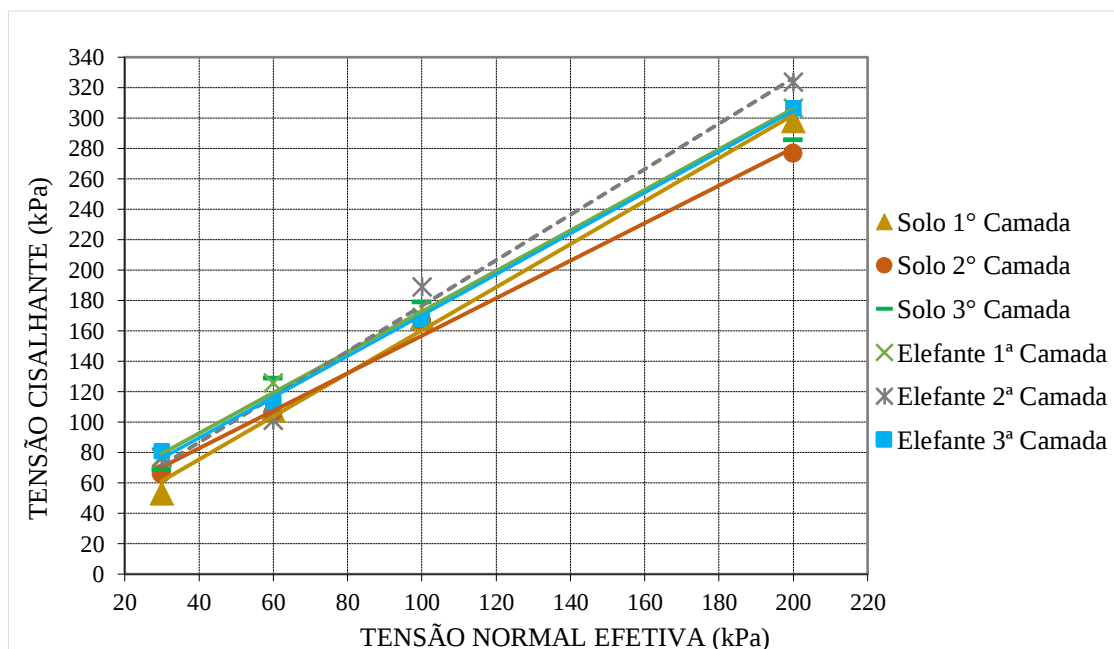


Figura 6. Envoltória de resistência das amostras ensaiadas.



Dessa forma, encontraram-se os valores para os parâmetros de ângulo de atrito interno dos grãos e coesão, demonstrados na Tabela 1. E, com base nisso, apresentam-se os gráficos de barra para coesão e ângulo de atrito, respectivamente na Figura 7 (Autoria própria, 2021) e Figura 8 (Autoria própria, 2021).

Tabela 1. Dados dos parâmetros de resistência.

Amostra	Ângulo de atrito (Graus)	Coesão (kPa)
Solo 1° Cam.	55,22	9,98
Solo 2° Cam.	51,09	28,81
Solo 3° Cam.	51,87	30,55
Elefante 1ª Cam.	53,57	35,54
Elefante 2ª Cam.	55,45	33,35
Elefante 3ª Cam.	53,01	40,77

Quanto à coesão, nota-se que todas as amostras com raízes apresentam valores superiores às amostras apenas com solo, constatando-se o benefício que as raízes são capazes de gerar. Além disso, compararam-se as médias aritméticas das amostras com raízes em relação às amostras sem raízes, respectivamente com valores de 35,54 kPa e 28,81 kPa. Assim, de forma geral, a utilização de raízes da gramínea Elefante proporciona uma melhoria de 23,26% à coesão do solo.

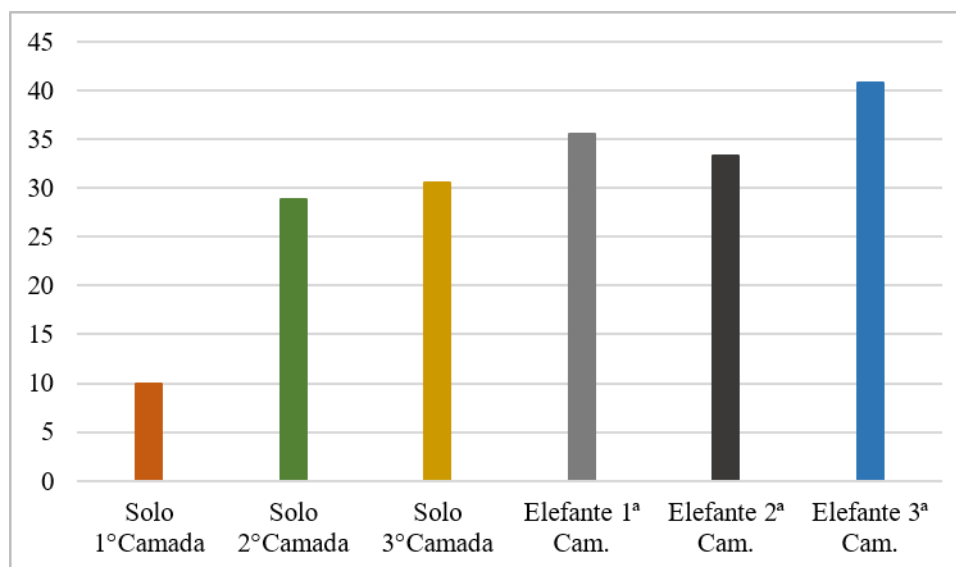


Figura 7. Gráfico de barras para o parâmetro de coesão.

Em relação ao ângulo de atrito, percebe-se que a variação entre as amostras foi pequena, ficando entre 50° e 55°, na maior parte. Ao se comparar as médias aritméticas para esse parâmetro, sabendo que se obtiveram 53,57° para amostras com raízes e 51,87° para amostras sem raízes, é possível dizer que as raízes propiciam um aumento de 3,28% no parâmetro do ângulo de atrito. Assim, apesar de não ser um aumento tão significativo, deve-se considerar que as raízes são elementos frágeis que poderiam diminuir o ângulo de atrito do solo, no entanto, conforme os resultados, isso não ocorre.

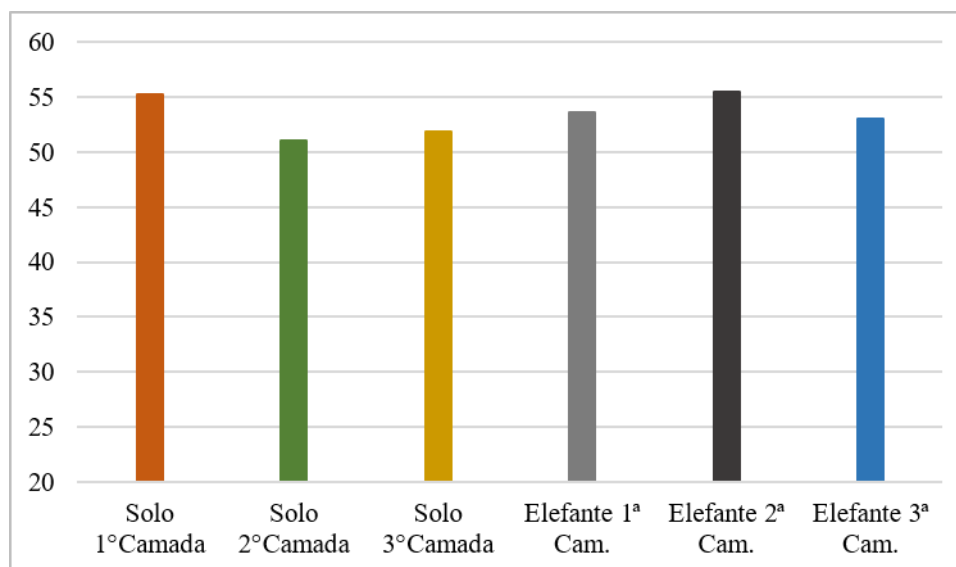


Figura 8. Gráfico de barras para o parâmetro de ângulo de atrito.

4 Considerações Finais

Esta pesquisa buscava verificar a influência que as raízes da gramínea Elefante promovem a um solo com características argilosas, através de ensaios de cisalhamento direto.

Dessa forma, com base nos gráficos de “Tensão cisalhante x Deslocamento horizontal”, percebe-se que as amostras com raízes apresentaram picos mais altos que os picos das curvas de amostras apenas com solo, demonstrando necessidade de uma tensão cisalhante maior para romper a amostra. Ademais, através das envoltórias de resistência e da Tabela 1, foi possível notar que todas as amostras com raízes obtiveram valores de coesão superiores às amostras sem raízes e, quanto ao ângulo de atrito, as amostras com raízes apresentaram uma média pouco superior às amostras sem raízes.

Com isso, ressalta-se que as raízes possuem propriedades que auxiliam o solo a desenvolver melhorias nos parâmetros analisados na resistência ao cisalhamento. Por fim, no caso da gramínea Elefante, é necessário realizar maiores verificações para certificar os benefícios que essa tipologia de planta realmente proporciona ao solo, entretanto, pode-se afirmar que ela possui potencial para ser utilizado com fins de melhoramento do solo.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas que auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho. Ao Laboratório de Engenharia Civil da Unijuí por disponibilizar o local para os ensaios. Ao MEC-SESu pela oportunidade de participar do grupo de Pesquisa e Educação Tutorial – PET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Couto, L. et al. *Técnicas de bioengenharia para vegetação de taludes no Brasil*. Boletim Técnico CBCN, Viçosa, n.1, 2010.
- Craig, R. F. *Craig's Soil Mechanics*. Formerly Department of Civil Engineering. University of Dundee, UK. 7. ed. 2004. Spon Press.
- Gray, D. H., Sotir, R. B. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: A practical guide for erosion control*. New York, Jhon Wiley & Sons, 1996.
- Head, K. H. *Manual of Soil Laboratory Testing – Volume 2: Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests*. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons Inc. 1994.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Pereira, A. R. *Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão*. Belo Horizonte, MG: FAPI, 2006.

Santos, J. A. *Obras geotécnicas: Compactação, elementos teóricos*. Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, mestrado em Engenharia Civil, 2008.