

Estudo de um solo com reforçado de fibras de polipropileno

Study of a soil with reinforced polypropylene fibers

RESUMO

Leandro Alves Ferreira

leandroferreira@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Ronaldo Luiz dos Santos Izzo

ronaldoizzo.utfpr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Érico Rafael da Silva

herico.rafael@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Jair de Jesús Arrieta Baldovino

yaderbal@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

O interesse em obter um solo com maior resistência a compressão e ao cisalhamento é cada vez maior na Construção Civil. Em geral o solo, quando devidamente compactado, apresenta boa resistência à compressão e ao cisalhamento. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do solo mediante a adição de fibras de polipropileno com comprimento de 24,0 mm em teores de 0,25%, 0,50% e 0,75%. Foi caracterizado as propriedades físicas do solo, peso específico e umidade ótima para então moldar 24 corpos de prova avaliando sua resistência a compressão simples. Observou-se um aumento significativo na resistência para adição de 0,25% de fibra, similar à de 0,75% e superior ao teor de 0,50%. O aumento da ductilidade também foi notado, auxiliando assim a resistência ao cisalhamento das amostras quando comparadas ao solo natural.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Reforçado. Fibra de Polipropileno. Resistência Mecânica.

ABSTRACT

The interest in obtaining a soil with greater resistance to compression and shear is increasing in construction. Usually, when the soil has been properly compacted, it presents good resistance to compressive and shear stress. The main goal of this project is to evaluate the soil behavior by adding 24.0 mm long polypropylene fibers in 0.25%, 0.50% and 0.75% contents. The Soil physical properties, specific weight and optimum moisture were identified to shape 24 molds and evaluate their simple compressive strength. There was a significant increase in the resistance to the addition of 0.25% fiber, similar to 0.75% and higher than 0.50%. Increased ductility was also noted, thus aiding the resistance to shear of samples when compared to natural soil.

KEYWORDS: Reinforced soil. Polypropylene fiber. Mechanical resistance.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A melhoria do comportamento mecânico dos solos pode ser obtida adicionando vários tipos de materiais a ele, sendo o mais comum o reforço com cimento. Entretanto, o custo ambiental que tal melhoria se efetive, incorre de maneira a não representar uma solução sustentável, devido a sua geração de CO₂.

De vários materiais disponíveis, pesquisou-se a contribuição que a adição de fibras sintéticas pode fornecer ao solo. Sua adição implica e uma melhoria da resistência ao cisalhamento do solo e pode ainda melhorar sua ductilidade e a tenacidade da matriz pesquisada.

A variedade de fibras disponíveis no mercado traz ainda um amplo campo de pesquisa, pois os resultados de resistência são sensivelmente afetados de acordo com a textura e comprimento da fibra utilizada.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a melhoria de resistência do solo devido a adição de fibras de polipropileno de 24 mm de comprimento em três diferentes teores.

COMPORTAMENTO DE SOLO REFORÇADOS COM FIBRAS

Reforçar um solo significa incrementá-lo com materiais que aumente sua resistência e durabilidade, além de diminuir a compressibilidade e permeabilidade. A inclusão desses materiais em materiais compósitos o assegura alta rigidez quando bem caracterizado seus parâmetros de melhoria.

Segundo Kézdi (1979), os métodos de estabilização são classificados de acordo com a sua finalidade, dentre os principais métodos, tem destaque a estabilização mecânica, física e química.

Técnicas de reforço utilizando fibras passaram a ser cada vez mais estudadas, aplicadas tanto em solos quanto em compósito cimentício na elaboração de argamassas e concretos (MASSONE; NAZAR, 2018), mas para obter bons resultados é essencial o conhecimento das propriedades mecânicas e químicas do material a ser empregado e de que maneira se dará essa combinação (PALACIOS, 2012).

Até certo ponto, o aumento do comprimento da fibra aumenta a resistência ao cisalhamento das areias tal como o aumento do teor utilizado. Após determinado limite, esses efeitos não são mais observados. Para Wei (2018), o comprimento ótimo é cerca de 30 a 40% do diâmetro da amostra.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com solo coletado na cidade de Curitiba, na Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5171 no bairro Cidade Industrial, local que se encontrava em processo de escavação para a construção de um edifício, o que contribuiu para a retirada do solo do material, seguindo os procedimentos da NBR 9604 (ABNT, 2016).

As fibras de polipropileno foram fornecidas por uma empresa local de Curitiba estavam dispostas no comprimento de 24 mm, densidade 0,91 g/cm³. São compostas por filamentos extremamente finos, fabricadas por processo de

extrusão. A principal indicação para esse tipo de fibra é no reforço de concretos e argamassas. Os teores de fibra adotados foram de 0,25% e 0,50% e 0,75% em relação ao peso de solo seco.

Para definir as características do solo, foram realizados ensaios de granulometria, NBR 7181 (ABNT, 2016), Limites de Atterberg NBR 7180 (ABNT, 1984) e NBR 6459 (ABNT, 2017) e o ensaio de compactação (Figura 1.a), NBR 7182 (ABNT, 2016), seguindo os procedimentos descritos em suas respectivas normas técnicas. O molde utilizado possibilitou criar corpos de prova com dimensões de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

No total, foram moldados 24 corpos de provas (CPs), sendo 6 para cada teor de fibra mais o solo natural. Após a moldagem, os CPs foram embalados em plástico filme para que mantivessem a umidade desejada e armazenados em câmara úmida por período mínimo de 72 horas.

Figura 1 – (a) Ensaio de Compactação e (b) Ensaio de Compressão Simples com Adição de Fibras de Polipropileno



Fonte: Autoria Própria.

Foram realizados ensaios de caracterização, conforme mencionado anteriormente e também ensaio de resistência à compressão simples que fornece dados de resistência à compressão do solo. O corpo de prova é disposto na prensa, conforme Figura 1b, em seguida é iniciado o teste até que a ruptura ou deformação desejada seja atingida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados provenientes da caracterização física do solo, estão dispostos na Tabela 1.

Segundo Triângulo Textural do USDA, o solo recebe a classificação de Franco argilosa. Durante o processo de caracterização do material não foi observada a presença de matéria orgânica.

Tabela 1 – Propriedades Físicas do Solo

Propriedade	Valor
Argila (diâmetro < 0,002 mm)	34,0 %
Areia (diâmetro de 0,02 - 0,2-2,0 mm)	24,0 %
Silte (diâmetro de 0,002 - 0,02 mm)	41,0 %
Limite de Liquidez	30,0 %
Limite de Plasticidade	24,0 %
Índice de Plasticidade	6,0 %
Peso específico	2,32 (g/cm ³)

Fonte: Autoria Própria.

Ao realizar o ensaio de compactação (Figura 01.a) foi obtido o peso específico seco do solo natural e do solo com fibra em cada teor, além da umidade ótima respectiva, conforme Tabela 02.

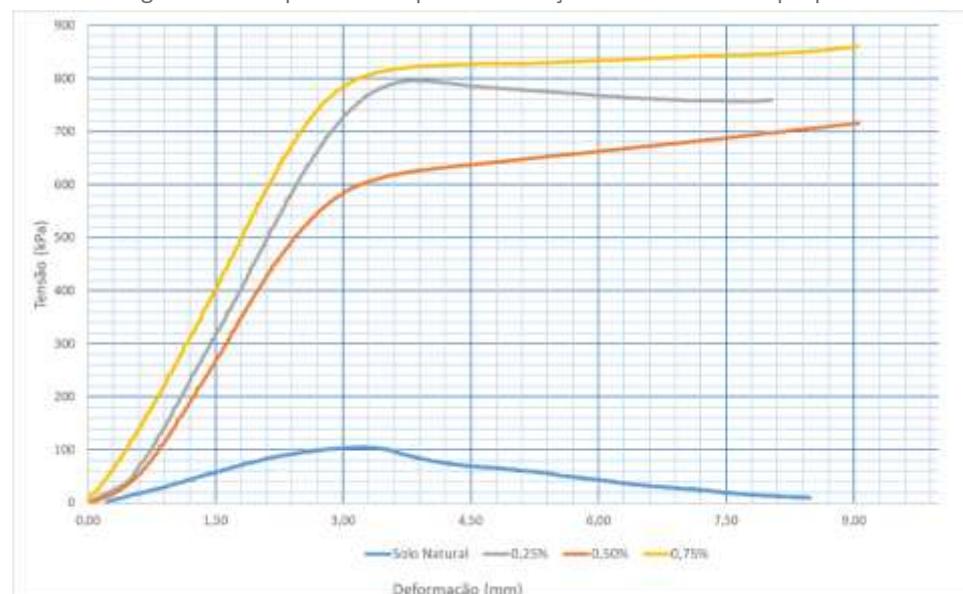
Tabela 2 – Peso específico e umidade ótima

Solo	Peso Específico (g/cm ³)	Umidade Ótima
Natural	1,485	26,6 %
Solo + 0,25% Fibra	1,480	26,0 %
Solo + 0,50% Fibra	1,478	24,2 %
Solo + 0,75% Fibra	1,420	22,1 %

Fonte: Autoria Própria.

O ensaio de compressão axial do solo revelou que a adição de fibras foi importante para o ganho de resistência do solo reforçado. Através das curvas de resistência da Figura 2, pode-se observar que a adição de fibra de Polipropileno forneceu grandes ganhos ao compósito.

Figura 2 – Compressão Simples com Adição de Fibras de Polipropileno



Fonte: Autoria Própria.

Para as fibras de polipropileno, o pico de resistência à compressão atingido foi de 810 kPa para o teor de 0,75% e 798,46 kPa para o teor de 0,25%. Para um teor de 0,50% de fibra, foi constatado um pico de 615 kPa, menor que os outros teores. O solo sem reforço tinha como resistência um pico de 112 kPa, esse baixo valor deve-se a compressão ser realizada não na umidade ótima, devido a umidade residual do solo. Observou-se que em relação ao solo natural, a resistência foi muito elevada. Além disso, os corpos de prova com teor de 0,25% de fibra atingiram a deformação de 10,1 mm sem que houvesse a queda de resistência. Em ambos teores foi observado que, a ductilidade das amostras foi melhorada favorecendo a resistência perante a tensão de cisalhamento.

A adição de fibras ao solo mostrou-se uma solução relevante na garantia de melhoria de resistência do solo. Com relação ao teor de fibras, em geral, houve melhorias significantes quando o teor de fibras passou de 0,25% para 0,75%. Resultados melhores poderiam ser obtidos se mais corpos de provas fosse submetido ao ensaio a fim de comparar o comportamento da resistência perante a diferença dos teores. Outro cuidado adicional deve ser a manutenção da umidade ótima na compressão simples, atentando-se a umidade do ambiente.

Ressaltamos que quanto maior o teor de fibras, mais difícil é a homogeneização do compósito, o que poderá resultar na formação de falhas e baixa aderência do solo a fibra. A umidade ótima do solo interfere diretamente nesta homogeneização dificultando muito este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ronaldo Izzo pela orientação neste trabalho e todo o apoio dedicado, aos mestrandos Érico Rafael, Jair Baldovino e Alexandre Cardoso pelo valioso auxílio, UTFPR *Câmpus* Curitiba e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de Iniciação Científica que possibilitou dedicar-me a este trabalho.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459: Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR 7180: Solo—Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

BOSZCZOWSKI, R. B., SANCHEZ, P. F. e LAZARIM, T. P. (2010). **Melhoramento e Tratamento de Solo Argiloso com uso de Poliuretano Rígido Para Aplicação em Reforços de Fundações**. B.Sc. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. 2010.

KEZDI A. (1979), **Stabilized Earth Roads**, 1 ed., Elsevier Scientific Publish Company, Amsterdam, NL, 327 p.

MASSONE, L.M. e NAZAR, F. (2018) **Analytical and experimental evaluation of the use of fibers as partial reinforcement in shotcrete for tunnels in Chile**. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 77, p. 13–25, Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088677981730809X?via%3Dihub#f0015>>. Acesso em: 21 maio. 2018.

PALACIOS, M.A.P. (2012) **Comportamento de uma Areia Reforçada com Fibras de Polipropileno Submetida a Ensaios Triaxiais de Extensão**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica do Rio de Janeiro, 101 p.

WEI, Li et al. (2018) Mechanical properties of soil reinforced with both lime and four kinds of fiber, Construction and Building Materials, Vol., 172, p. 300–308. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818307530?via%3Dihub>>. Acesso em: 2 out. 2018.