

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

# Comportamento Mecânico de uma Areia Aluvionar Reforçada com Fibras Poliméricas

Camilla Maria Torres Pinto

Mestra em engenharia civil, UFBA, Salvador, Brasil, [c.camillamaria@gmail.com](mailto:c.camillamaria@gmail.com)

Sandro Lemos Machado

Docente, UFBA, Salvador, Brasil, [smachado@ufba.br](mailto:smachado@ufba.br)

**RESUMO:** O presente artigo avalia como a inclusão de fibras poliméricas atua na melhoria da resistência ao cisalhamento de uma areia aluvionar. Para isso, foram executados ensaios triaxiais do tipo consolidado drenado (CID) na areia natural e nos compósitos areia/fibra, estes nos teores de 0,5% e 1,0% de fibra e comprimentos de 12,5 mm, 25 mm e 51 mm, em duplicata, com tensões confinantes de 50, 100, 200 e 300 kPa, além de alguns ensaios triaxiais com trajetórias de tensão diferentes da convencional. O reforço com fibras promoveu alterações significativas no comportamento mecânico da areia. Foi verificado principalmente o aumento de resistência ao cisalhamento do solo e identificados os principais fatores que influenciaram a interação areia/fibra: tensões confinantes, comprimento e teor de fibras, os quais aumentam a resistência do solo quanto maiores forem, até um certo limite. O teor de fibra de 1,0% foi definido como limitante para utilização do compósito em campo, sem comprometer sua trabalhabilidade. Obteve-se como mistura ótima o compósito com teor de fibras  $P_f = 1,0\%$  e comprimento  $L = 51$  mm, o qual proporcionou uma melhoria na resistência, com aparecimento de 15,9 kPa na coesão e acréscimo de  $11,2^\circ$  no ângulo de atrito da areia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comportamento Tensão-Deformação; Solos Reforçados; Ensaio Triaxiais; Interação Solo/Fibra.

**ABSTRACT:** This article evaluates how the inclusion of polymeric fibers improves the shear strength of an alluvial sand. For this, triaxial tests of the drained consolidated type (CID) were performed on natural sand and on the sand/fiber composites, these at 0.5% and 1.0% fiber contents and lengths of 12.5 mm, 25 mm and 51 mm, in duplicate, with confining tensions of 50, 100, 200 and 300 kPa, in addition to some triaxial tests with tension paths different from the conventional one. Fiber reinforcement promoted significant changes in the mechanical behavior of the sand. The increase in shear strength of the soil was mainly verified and the main factors that influenced the sand/fiber interaction were identified: confining stresses, length and fiber content, which increase the strength of the soil the greater they are, up to a certain limit. The fiber content of 1.0% was defined as limiting the use of the composite in the field, without compromising its workability. The optimal mixture was obtained with the composite with fiber content  $P_f = 1.0\%$  and length  $L = 51$  mm, which provided an improvement in strength, with appearance of 15.9 kPa in cohesion and an increase of  $11.2^\circ$  in angle of friction of the sand.

**KEYWORDS:** Stress-strain behaviour; Reinforced soils; Triaxial tests; Soil/fiber interaction.

## 1 Introdução

Raramente, em seu estado natural, um solo apresenta as propriedades de engenharia necessárias para utilização em obras civis e geotécnicas. Para suprir estas deficiências, diversas técnicas de estabilização de solos são empregadas, com a finalidade de melhorar as propriedades mecânicas originais do material e garantir o atendimento aos requisitos mínimos necessários para sua aplicação. Uma das técnicas mais pesquisadas nas últimas décadas consiste na adição de fibras ao solo natural, formando compósitos com maior resistência ao cisalhamento e à tração.

Este novo material, denominado solo reforçado com fibras (SRF) pode ser uma alternativa técnica e econômica viável se comparada aos gastos com exploração de jazidas localizadas a distâncias longas de



transporte. O desenvolvimento destes materiais alternativos tem grande relevância para a construção civil e a geotecnia, pela capacidade que estas áreas têm de utilizá-los em grandes quantidades (DONATO, 2007).

Amplamente pesquisado, é consenso no meio científico que o melhoramento ou alteração das propriedades mecânicas dos solos reforçados com fibras depende das características das fibras, do solo, da tensão de confinamento e do modo de carregamento, e que o maior potencial dos materiais compósitos fibrosos está no estado pós-pico, onde as fibras contribuem de forma mais efetiva na resistência do material, aumentando assim a sua capacidade de absorção de energia (SILVEIRA, 2018). Análises realizadas por Machado et. al. (2022) mostraram que a distribuição do tamanho de grão do solo e o comprimento das fibras desempenham papéis fundamentais na melhoria da resistência ao cisalhamento do solo através do reforço por fibras. Destaca-se que boa parte das pesquisas sobre interação solo/fibra utilizaram como matriz a areia, e concordam que para este tipo de solo os incrementos de performance mecânica em função do seu reforço com fibras são consideráveis (MACHADO et. al., 2022; MANDOLINI, A.; DIAMBRA, A.; IBRAIM, E., 2019; SILVEIRA, 2018; GRAY; OHASHI, 1983).

Apesar de sólidos resultados experimentais envolvendo a melhoria na resistência dos solos, a tecnologia de reforçar os solos com fibras ainda não foi adotada decisivamente pela indústria, principalmente devido à falta de programas experimentais consistentes que avaliem o desempenho dos compósitos formados, o que requer o entendimento do mecanismo de interação entre o solo e as inclusões, o desenvolvimento de modelagem constitutiva para o material e a validação em escala real, incluindo o desenvolvimento de ferramentas mecânicas e econômicas para grandes escalas de mistura e processos de fabricação (DIAMBRA; IBRAIM; WOOD MUIR, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho busca contribuir com a literatura de SRF ao propor a investigação e avaliação do comportamento mecânico de uma areia aluvionar reforçada com fibras poliméricas. Busca-se estudar, especificamente, o comportamento mecânico da areia natural e misturada aos diferentes teores e comprimentos de fibras, analisar as alterações realizadas nas propriedades mecânicas do solo pela inclusão das fibras, além dos fatores que influenciam na interação areia/fibra.

## 2 Programa Experimental

### 2.1 Materiais

O solo utilizado nesta pesquisa é oriundo da cidade de Maragogipe-BA, caracterizado como uma areia aluvionar/lavada, de granulometria média (Figura 1). O material foi adquirido na loja de materiais de construção Simol Simões Oliveira Materiais de Construção, na cidade de Cruz das Almas-BA. A escolha do solo fundamentou-se nos resultados de pesquisas anteriores, em que os solos com predominância das frações areia e pedregulho apresentaram melhor interação com as fibras e consequentemente maior incremento na resistência ao cisalhamento.



Figura 1. Areia aluvionar



As fibras de polipropileno foram fornecidas pela empresa VIAPOL e são constituídas de copolímero virgem, uma mistura de polipropileno e polietileno. A Tabela 1 apresenta as propriedades das fibras empregadas. Além do comprimento original de fábrica, de 51 mm, as fibras foram utilizadas nos comprimentos de 25 mm e 12,5 mm. Para obtenção destes comprimentos, as fibras foram cortadas, usando-se tesouras amoladas. Embora sejam fornecidas agrupadas em lâminas, as fibras tiveram os seus filamentos desembaraçados para utilização nos compósitos solo/fibra, de forma a garantir o diâmetro original, ficando com o aspecto solto, como na Figura 2 a. Devido ao diâmetro único, o índice de aspecto variou apenas em função do comprimento da fibra, de acordo com as amostras. Neste caso, quanto maior o comprimento da fibra, maior o índice de aspecto, vide Tabela 2.

Tabela 1. Propriedades da fibra.

| Material               | Módulo de Elasticidade (GPa) | Resistência à tração (MPa) | Densidade (g.cm <sup>-3</sup> ) | Comprimento (mm) | Diâmetro (mm) |
|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------|---------------|
| Copolímero 100% virgem | 5                            | 620 - 680                  | 0,91                            | 51               | 0,51          |

Tabela 2: Índice de aspecto.

| Comprimento da fibra [L] (mm) | Diâmetro (mm) | Índice de aspecto |
|-------------------------------|---------------|-------------------|
| 12,5                          | 0,51          | 24,5              |
| 25                            | 0,51          | 49                |
| 51                            | 0,51          | 100               |



a) Comprimento original 51 mm.

b) Comprimentos utilizados.

Figura 2. Fibras e comprimentos utilizados.

## 2.2 Métodos

O desenvolvimento do programa experimental foi realizado no Laboratório de Geotecnia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. Para a caracterização geotécnica da areia foram realizados ensaios de granulometria, conforme a NBR 7181 (ABNT, 1984), ensaio para determinação da massa específica dos sólidos - NBR 6508 (ABNT, 1984) -, e ensaios de determinação dos índices de vazio máximo e mínimo de solos não coesivos, utilizando as NBR 12004 (ABNT, 1990) e NBR 12051 (ABNT, 1991), respectivamente.

Para os ensaios de permeabilidade e resistência, foram confeccionados corpos de prova de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Foram moldados CPs com o solo natural, permitindo a caracterização mecânica da areia, e da areia com diferentes teores e comprimentos de fibra, o que permitiu avaliar a interação e influência das fibras nas propriedades mecânicas do solo. Todos os corpos de prova foram moldados com uma densidade relativa de 60%, de forma a garantir o mesmo índice de vazios inicial às amostras. Para o caso dos compósitos, as fibras foram consideradas como parte dos sólidos, conforme Diambra et al. (2010).

Na Tabela 3 encontram-se descritas a composição final dos materiais utilizados, sendo Pf o teor de fibras e L, o comprimento.



Tabela 3. Composição dos materiais utilizados.

| Solo            | $P_f$ (%) | L (mm) | Compósitos             |
|-----------------|-----------|--------|------------------------|
| Areia aluvionar | 0         | 0      | -                      |
| Areia aluvionar | 0,50      | 25     | AP <sub>f</sub> 05L25  |
| Areia aluvionar | 0,50      | 51     | AP <sub>f</sub> 05L51  |
| Areia aluvionar | 1,00      | 12,5   | AP <sub>f</sub> 1L12,5 |
| Areia aluvionar | 1,00      | 25     | AP <sub>f</sub> 1L25   |
| Areia aluvionar | 1,00      | 51     | AP <sub>f</sub> 1L51   |

As misturas areia/fibra foram realizadas manualmente, com adição de água na composição para facilitar a aderência entre as fibras e o solo (moist tamping technique, recomendada por Diambra et al. (2010)). Nas misturas utilizando os comprimentos de 12,5 mm e 25 foi adicionada água no teor 1%, enquanto que nas misturas contendo comprimento maior de fibra (51 mm), adicionou-se 2% de água. As fibras foram distribuídas e misturadas de forma pretensamente aleatória no solo visando a simular situações práticas de utilização do solo reforçado em campo.

O processo de montagem dos corpos de prova ocorreu utilizando-se um molde metálico bipartido parafusado à base da câmara triaxial, devido à falta de coesão da areia. Foi utilizada também uma bomba de vácuo durante todo o processo de montagem, para garantir a integridade dos CPs, como ilustrado na Figura 3.

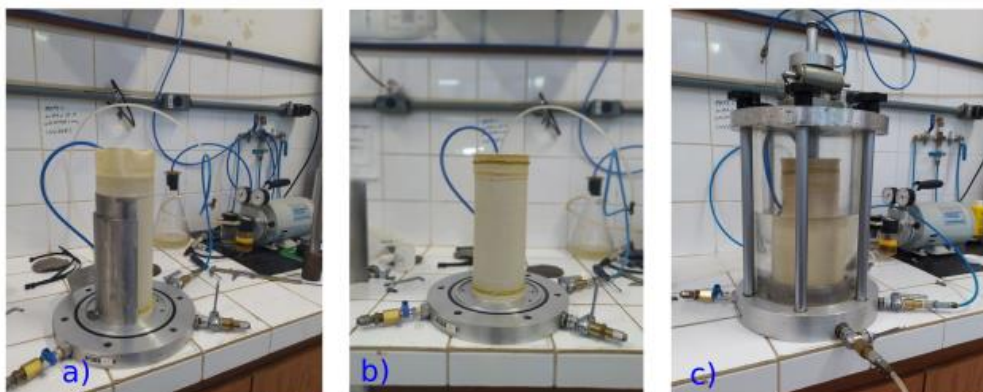


Figura 3. Processo de montagem dos CPs.

Em sequência à montagem dos corpos de prova, foram realizados os ensaios de permeabilidade a carga constante (NBR 13292/1995), utilizando-se a etapa de saturação por fluxo, já na prensa triaxial. Os ensaios de permeabilidade serviram também como controle de qualidade para as amostras, visto que o parâmetro é sensível à mudanças no índice de vazios do solo. O corpo de prova foi mantido a uma pressão confinante de 30kPa, mantendo-se a sua integridade, enquanto a amostra foi percolada pelo fluxo de água. A percolação ocorreu no sentido base-topo, de forma a facilitar a saída do ar intersticial.

Os ensaios triaxiais realizados foram do tipo consolidado isotropicamente drenado (CID), usando um sistema servo-controlado com aquisição de dados do Laboratório de Geotecnia Ambiental. O procedimento do ensaio triaxial consistiu em saturar os corpos de prova por contrapressão (parâmetro B de Skempton superior a 0,90), e em seguida foram submetidos a tensões confinantes efetivas de 50, 100, 200 e 300 kPa, seguindo as etapas de adensamento isotrópico e cisalhamento com deformação controlada. Foram realizados também ensaios para as trajetórias de tensão de -3, 1,5 e 10, com tensão confinante de 100 kPa.

### 3 Resultados e Análises

#### 3.1 Caracterização geotécnica

Na Tabela 4 estão sumarizados os dados obtidos através dos ensaios de caracterização geotécnica. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos solos (SUCS), o solo em estudo é classificado com uma areia mal graduada (SP).



Tabela 4. Índices físicos do solo

| Massa específica dos sólidos ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) | Índices de vazios máximo ( $e_{\text{max}}$ ) | Índice de vazios mínimo ( $e_{\text{min}}$ ) | Coefficiente de uniformidade ( $C_u$ ) | $D_{50}$ (mm) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|
| 2,65                                                | 0,79                                          | 0,52                                         | 2,24                                   | 0,83          |

Quanto à permeabilidade, a areia apresentou um coeficiente de permeabilidade de  $3,93 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$ , sendo classificada como um solo de alta permeabilidade, em conformidade com a faixa de valores de condutividade hidráulica para areias de granulometria média. Resultados semelhantes foram encontrados para os compósitos de areia reforçada. Dessa forma, observa-se que a adição das fibras não alterou a permeabilidade do solo, considerando-se as diversas composições, o que é resultado da manutenção do índice de vazios do solo constante.

### 3.2 Comportamento Tensão-Deformação

O comportamento mecânico da areia pura pode ser observado na Figura 4, que ilustra o gráfico tensão-deformação contendo os quatro confinantes de ensaio (50, 100, 200 e 300 kPa). Nota-se que quanto maior o confinamento, maior a resistência do solo, atestando o esperado em relação a resistência de areias. O solo apresentou pico de resistência, ainda que de forma sutil para algumas amostras. Tal comportamento pode ser associado à compactidade da areia, definida pela densidade relativa de 60%, ou seja, comportamento típico das areias no estado denso. Quanto à variação volumétrica, a areia aluvionar, como esperado, apresenta redução da dilatância com o aumento da confinante, apesar de ter expandido mesmo para as maiores tensões confinantes empregadas, indicando que o seu índice de vazios se encontrava abaixo do índice de vazios crítico mesmo para a tensão de 300 kPa (observar a linha de estados críticos da areia em Pinto, 2021).

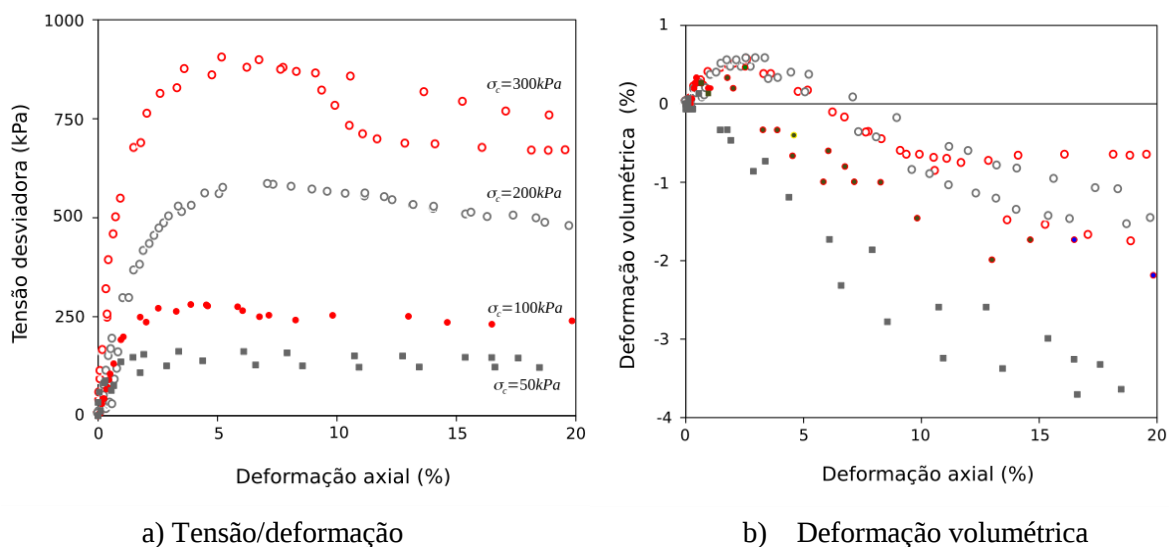


Figura 4. Comportamento mecânico da areia aluvionar.

As curvas dos ensaios convencionais de compressão triaxial para os compósitos em comparação com a areia sem reforço estão expostas nas Figuras 5 e 6. Os gráficos estão separados nos teores de 0,5% e 1,0%, respectivamente. Considerando o teor de 0,5% (Figura 5), houve incremento de resistência para os dois comprimentos testados neste teor, 25 mm e 51 mm. Comparando-os, houve maior acréscimo de resistência à areia, para o maior comprimento de fibra, o que está condizente com os dados de literatura com relação à influência do comprimento ou índice de aspecto das fibras na resistência ao cisalhamento dos compósitos. Foi observado que com aproximadamente 10% de deformação o solo ainda apresentou resistência crescente, com o acréscimo da fibra. As amostras que não deram pico, apresentam a resistência crescendo até 15% de deformação. Para a areia pura, a tensão máxima foi atingida com aproximadamente 7% de deformação.



Nota-se que para as tensões menores (50 e 100 kPa), o aumento na resistência da areia é mínimo, comparado às tensões maiores (200 e 100 kPa). Percebeu-se ainda que para os compósitos que apresentaram resistência de pico, como por exemplo, a curva referente à tensão de 300 kPa (Figura 4 a), a inclusão da fibra diminui consideravelmente a perda da resistência pós pico, apresentando valores de resistência residual superior à da areia sem reforço.

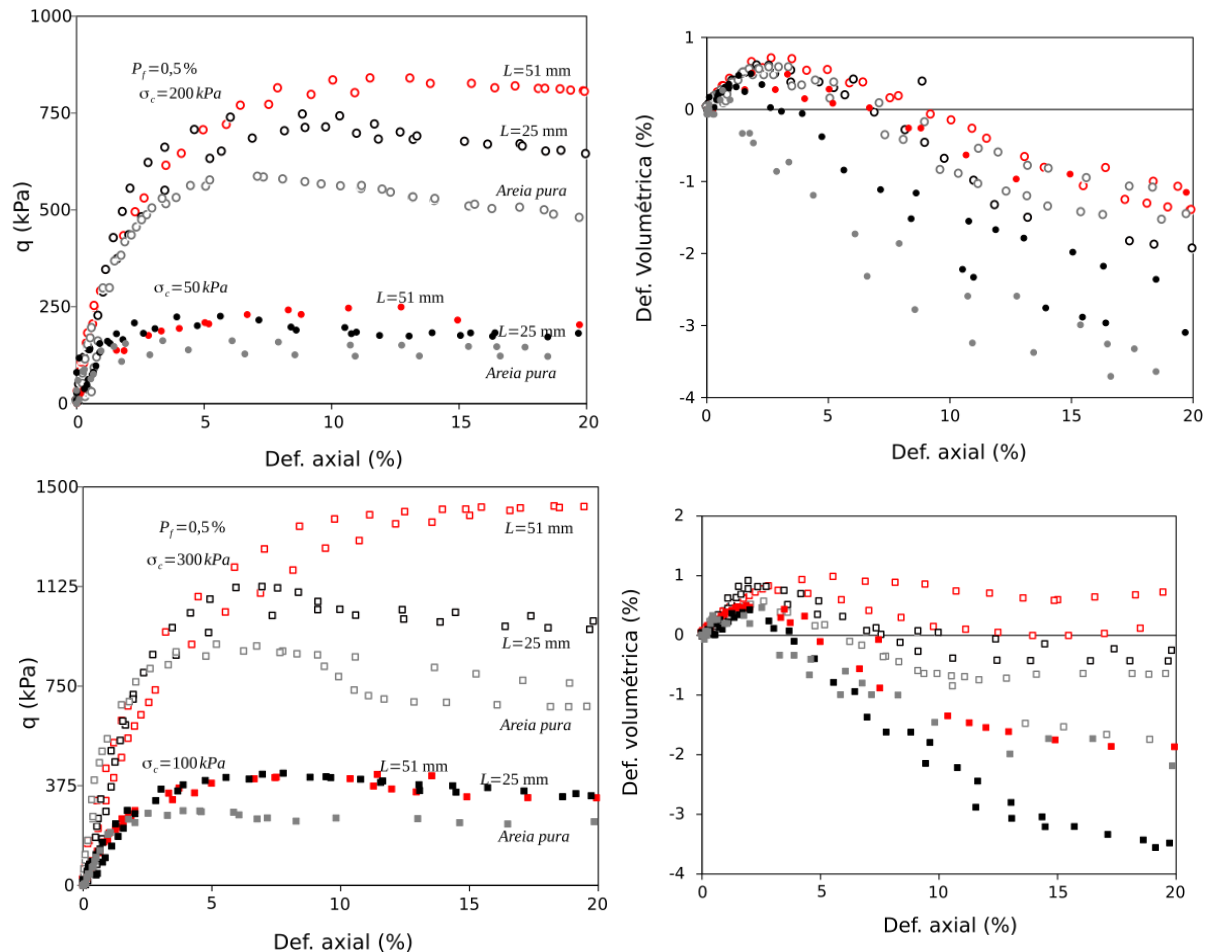


Figura 5. Comportamento mecânico da areia aluvionar e compósito  $P_f = 0,5\%$ : Tensão/ deformação para as confinantes de a) 50 e 200 kPa; c) 100 e 300 kPa; Deformação volumétrica para as confinantes b) 50 e 200 kPa; d) 100 e 300 kPa.

Analisando-se os resultados para  $P_f = 1,0\%$  (Figura 6), verifica-se que todos os compósitos apresentaram resistência superior à areia pura. No entanto, para o comprimento de 12,5 mm da fibra, o ganho de resistência ao cisalhamento do compósito com relação à areia pura foi bastante limitado. O mesmo pode ser verificado para contribuições na diminuição da variação volumétrica, inexistentes para este tamanho de fibra. Tais resultados atestam que, para comprimentos pequenos, há pouca mobilização da fibra quando solicitada e que na prática os comprimentos de fibra a serem adotados, para o caso destes compósitos, devem se situar próximos a 50 mm. Valores de comprimento de fibras muito superiores a 50 mm, contudo, podem apresentar problemas na trabalhabilidade e homogeneidade do composto em aplicações práticas. Para o compósito contendo fibra no comprimento de 51 mm, não houve comportamento de pico bem definido. Foi observado acréscimo de tensão desviadora mesmo para deformações altas, acima de 15% (Figura 6a). Para os compósitos, verificou-se também a tendência de diminuição da resistência pós-pico com a inclusão do reforço (Figura 6c).

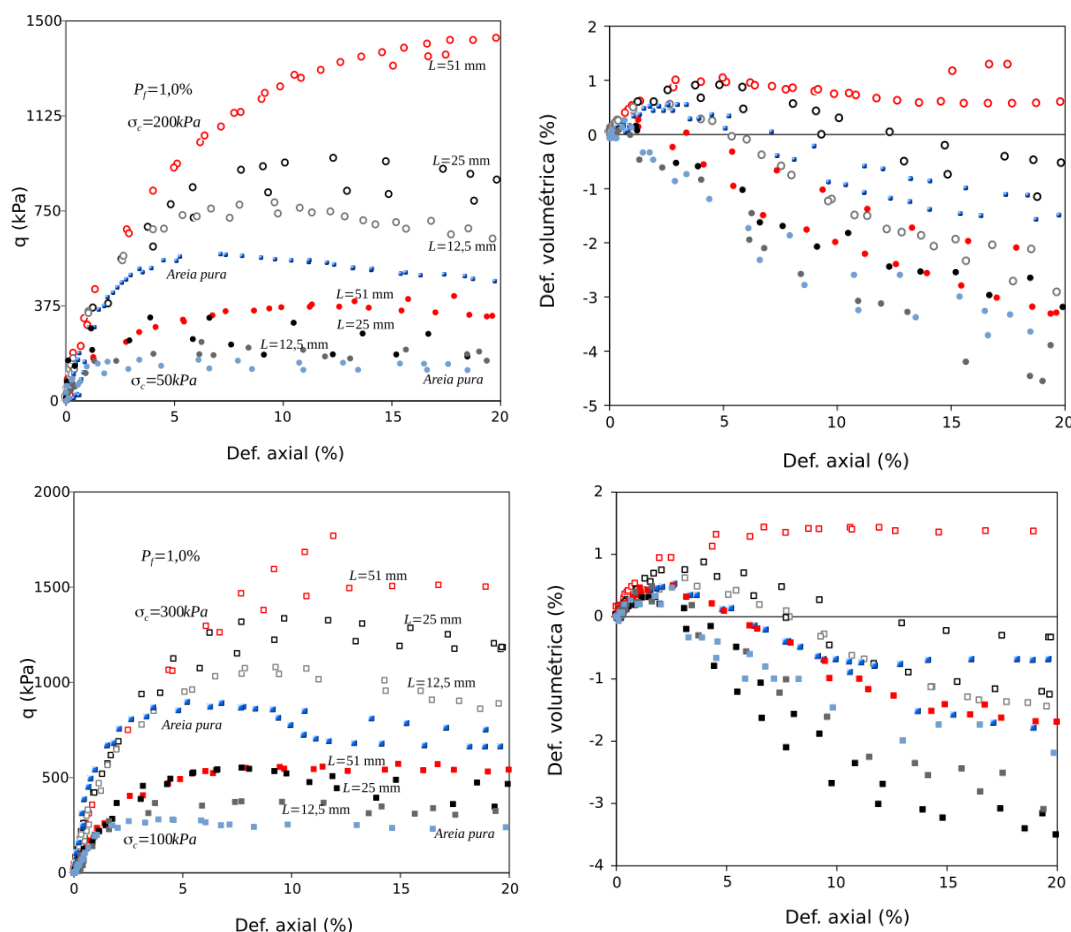


Figura 6. Comportamento mecânico da areia aluvionar e compósito  $P_f = 1,0\%$ : Tensão/ deformação para as confinantes de a) 50 e 200 kPa; c) 100 e 300 kPa; Deformação volumétrica para as confinantes b) 50 e 200 kPa; d) 100 e 300 kPa.

De forma geral, o compósito que apresentou o melhor desempenho em termos de resistência foi composto com os maiores teores e comprimentos de fibra utilizados:  $P_f = 1,0\%$  e  $L = 51$  mm. O compósito apresentou um acréscimo de resistência médio de 119,14% à areia aluvionar. No entanto, vale ressaltar a existência de um teor limite de fibra a partir do qual a trabalhabilidade do material é afetada, tornando sua utilização inviável. Nesta pesquisa, não foi possível a execução dos testes com teor de 1,5% de fibra por este motivo. Foi verificada a falta de aderência areia/fibra e dificuldade de moldar o material.

Em relação aos parâmetros de resistência ao cisalhamento, tanto a coesão quanto o ângulo de atrito foram afetados pelo reforço. Em geral, os acréscimos maiores aconteceram no intercepto coesivo, passando de 0 a 19,5 kPa para o compósito contendo  $P_f = 1,0\%$  e  $L = 25$  mm. O ângulo de atrito aumentou em até 11,2° ( $P_f = 1,0\%$  e  $L = 51$  mm). Foram observadas alterações no comportamento volumétrico do solo com adição das fibras. Para as tensões maiores, houve diminuição da dilatação da areia. Para o comprimento de 51 mm e tensão confinante de 300 kPa, observou-se um comportamento compressivo, reduzindo o volume do material. De forma geral, a variação volumétrica foi mais afetada pelo comprimento que pelo teor de fibra. Assim como para resistência, o compósito que apresentou melhores valores de redução da deformação volumétrica foi  $P_f = 1,0\%$  e  $L = 51$  mm.

Para as trajetórias de tensão fora da convencional não foram encontrados ganhos de resistência com a inclusão das fibras. Já a rigidez inicial da areia sofreu influência das fibras, diminuindo com a inclusão. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de as fibras somente serem mobilizadas para valores de deformações cisalhantes acima de 5-10% (MACHADO; CARVALHO; VILAR, 2022; DIAMBRA et. al., 2010) e pelo processo de compactação das amostras, considerando as fibras como parte dos sólidos e mantendo-se o índice de vazios das amostras, o que conduz a uma redução da densidade seca e da quantidade de partículas sólidas empregada.



#### 4 Conclusões

As propriedades mecânicas da areia aluvionar foram altamente influenciadas pela inclusão das fibras poliméricas em sua matriz, formando-se um novo material geotécnico, no qual a maior contribuição fornecida pelas fibras ocorreu no incremento da resistência ao cisalhamento. O SRF apresentou comportamento elastoplástico de endurecimento nas misturas analisadas, aumentando a resistência constantemente com a deformação axial.

Todos os compósitos de areia reforçada apresentaram incremento na resistência, sendo que, o compósito com melhor resultado foi o formado pelos maiores teores e comprimentos de fibra utilizados neste trabalho:  $P_f = 1,0\%$  e  $L = 51$  mm, o qual apresentou aproximadamente duas vezes o valor da resistência inicial. Ressalta-se a mobilização do ângulo de atrito e da coesão com a inclusão do reforço, dentre os quais os maiores acréscimos aconteceram no intercepto coesivo.

Em relação ao comportamento volumétrico, principalmente para as tensões maiores, o SRF apresentou diminuição da dilatância da areia, sendo este comportamento mais expressivo para o  $L = 51$  mm e tensão confinante de 300 kPa. Assim como na resistência, o compósito que apresentou melhores valores de redução da deformação volumétrica foi o que conteve  $P_f = 1,0\%$  e  $L = 51$  mm. A rigidez inicial da areia também sofreu influência do reforço, apresentando diminuição com adição das fibras, devido principalmente à alteração na estrutura do solo e ao mecanismo de mobilização das fibras, a qual é solicitada a partir de uma determinada deformação cisalhante: 5-10%.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 6458 - Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica aparente e da absorção de água. [S.l.], 1984. 6 p. 32
- ABNT. NBR 12004 - Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos. 1990. 6 p. 32
- ABNT. NBR 12051 - Determinação do índice de vazios mínimo de solos não-coesivos. [S.l.], 1991. 14 p. 32
- DIAMBRA, A. et al. Fibre reinforced sands: Experiments and modelling. *Geotextiles and Geomembranes*, Elsevier Ltd, v. 28, n. 3, p. 238–250, 2010. ISSN 02661144.
- DIAMBRA, A.; IBRAIM, E.; Wood Muir, D. Fibre reinforced sands: from experiments to modelling and beyond. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, v. 37, n. 13, p. 2427–2455, 2013.
- DONATO, M. Medidas Diretas de Tensão em Solo Reforçado com Fibras de Polipropileno. 146 p. Tese (Doutorado), 2007.
- GRAY, D. H.; OHASHI, H. Mechanics of Fiber Reinforcement in Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, v. 109, n. 3, p. 335–353, 1983. ISSN 0029-4527.
- MACHADO, S. L.; CARVALHO, M. F.; VILAR, O. M. Constitutive Model for Municipal Solid Waste. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 128, n. 11, p. 940 – 951, 2002. ISSN 1090-0241.
- MACHADO, S. L. et al. Development of an Empirical Model to Capture Fiber Reinforcement Effect on Shear Strength of Soils. *Arabian Journal for Science and Engineering*, Springer Berlin Heidelberg, 2022. ISSN 21914281.
- MANDOLINI, A.; DIAMBRA, A.; IBRAIM, E. Strength anisotropy of fibre-reinforced sands under multiaxial loading. *Geotechnique*, v. 69, n. 3, p. 203 – 216, 2019. ISSN 17517656.
- PINTO, C. M. T. Estudo do comportamento mecânico de uma areia aluvionar reforçada com fibras. 84 p. Dissertação de Mestrado, 2021.
- SILVEIRA, M. V. Análise do Comportamento Mecânico e da Durabilidade em Compósitos de Areia Reforçada com Fibras Naturais de Curauá e Sisal. 148 p. Tese (Doutorado), 2018.