

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**GABRIELA DE OLIVEIRA GOMES**  
**JÉSSICA MARTINS RAMOS**

**INFLUÊNCIA DA FIBRA DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES  
MECÂNICAS DO SOLO LATERÍTICO**

Jaraguá - 2019

**GABRIELA DE OLIVEIRA GOMES**  
**JÉSSICA MARTINS RAMOS**

**INFLUÊNCIA DA FIBRA DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES  
MECÂNICAS DO SOLO LATERÍTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à banca examinadora do curso de  
Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de  
Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção do  
título de Engenheiro Civil.

Orientador(a):  
**Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Jéssica Nayara Dias**

**GABRIELA DE OLIVEIRA GOMES**  
**JÉSSICA MARTINS RAMOS**

**INFLUÊNCIA DA FIBRA DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES  
MECÂNICAS DO SOLO LATERÍTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de  
201\_\_, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

---

Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Jéssica Nayara Dias  
- Orientador -

---

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano  
- Membro Interno -

---

Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Luana Silva Lopes  
- Membro Externo -

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
<b>2.1 Solo laterítico</b> .....	6
<b>2.2 Fibra de polipropileno</b> .....	7
<b>2.3 Compósito de solo-fibra</b> .....	8
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	8
<b>3.1 Materiais</b> .....	8
<b>3.2 Métodos</b> .....	9
3.2.1 Preparação do solo e do solo-fibra .....	10
3.2.2 Ensaio de compactação .....	10
3.3.3 Ensaio de compressão .....	11
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
<b>4.1 Propriedades físicas do solo e da fibra</b> .....	12
<b>4.2 Ensaio de compressão</b> .....	13
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	15
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	15

# INFLUÊNCIA DA FIBRA DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO SOLO LATERÍTICO

Gabriela de Oliveira Gomes<sup>1</sup>

Jéssica Martins Ramos<sup>2</sup>

Jéssica Nayara Dias<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente artigo aborda as características técnicas e discorre sobre a análise comparativa de um solo laterítico e o seu compósito de solo-fibra. O solo na construção civil é um dos materiais mais importantes, uma vez que desempenha a função de alicerce, necessitando de características ideais para exercer sua função. O objetivo da comparação apresentada neste artigo é conferir as propriedades mecânicas do solo laterítico quando adicionado a fibra de polipropileno. Para tanto, foram adotados dois tipos de materiais: o solo *in natura* e o compósito de solo-fibra. O solo analisado foi retirado de jazida natural às margens da GO 230, no km 13, na localidade de Itapuranga-GO e a fibra de polipropileno doada pela empresa NP Nova Plast. Para a obtenção dos dados apresentados no trabalho foram realizados ensaios laboratoriais, de acordo com as principais normas brasileiras regulamentadoras. Após a análise desses indicadores percebeu-se que as propriedades do solo laterítico com o acréscimo da fibra de polipropileno foram elevadas no quesito resistência.

**PALAVRA-CHAVE:** Solos tropicais; Fibra; Compósito.

---

<sup>1</sup>Acadêmica do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaragua. E-mail: bilegabriela@gmail.com

<sup>2</sup>Acadêmica do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaragua. E-mail: jessicamart.jm44@gmail.com

<sup>3</sup>Mestre em Integridade de Materiais da Engenharia pela Universidade de Brasília (UNB). E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Na atual situação econômica e ambiental, o mercado da engenharia civil busca soluções que utilizem materiais de baixo custo, menor impacto ambiental e que tenham maior durabilidade, precisando de pouco ou nenhum tratamento de reparo.

Um exemplo de material usado em grande escala na engenharia civil é o solo. O solo desempenha papéis importantes nas construções, na maioria das vezes sendo o alicerce. Em razão de sua utilidade, o solo deve obter grande capacidade de suporte. Por ser um material natural o solo é complexo e instável, em consequência deste fato, as vezes seus parâmetros não alcançam o que os projetos exigem (GRAY, 1983).

Uma alternativa que visa elevar os parâmetros do solo, proporcionando ao material carente maiores propriedades, é a adição, ao mesmo, de materiais que aumentem sua capacidade de suporte e resistência. Atualmente o material mais utilizado são as fibras, que podem ser naturais ou sintéticas. Ambas as fibras mostram resultados positivos, mas a sintética, em especial a fibra de polipropileno, se destaca por seus atributos no quesito resistência serem altos, tendo maior ductibilidade se comparado a qualquer fibra natural (CASAGRANDE, 2001; AHMAD; BATENI; AZMI; 2009).

O polipropileno é um material plástico classificado como termoplástico, que de acordo com Harada (2004) possui ductilidade com uma curva tensão x deformação que tem um grande patamar de escoamento, permitindo o material ser mais tenaz. As fibras do polipropileno possuem as mesmas propriedades de resistência do material, e podem ser aplicadas com eficiência na técnica de compósitos com solo-fibra.

O compósito de solo-fibra estudado tem por composição um solo expressivo no Brasil, o solo laterítico. Este solo tropical pode ser encontrado facilmente na superfície, por se tratar de um solo bem drenado, o que favorece sua utilização (PINTO, 2006). Uma das características deste solo é que quando compactado suas propriedades mecânicas são elevadas. Isso ocorre devido a sua cimentação natural.

As propriedades do solo laterítico com a adição de fibra de polipropileno poderia aumentar ainda mais sua produtividade, e amenizar as suas propriedades variáveis quando não compactado. Gray (1983) e Jiang (2010), preveem que com a adição da fibra de polipropileno ao solo é criado um material com propriedades e características específicas, obtendo um parâmetro adequado para a aplicação.

Com base no exposto, é possível observar que um compósito de solo-fibra pode trazer inúmeros benefícios, tais como: viabilidade econômica, devido ao aproveitamento do solo local, evitando gastos com deslocamento; viabilidade técnica, diminuindo o tempo e serviço na busca por outros solos adequados; e sustentabilidade, já que evitaria a exploração de novas jazidas para empréstimo.

As adaptações de solos, reforçando-os, têm sido muito investigadas nos últimos anos, o que se deve a necessidade de aprimorar seus atributos característicos realizando a adição de materiais resistentes. O uso de um solo reforçado chama cada vez mais atenção na engenharia dos solos e os estudos nessa área auxiliam o uso na prática.

De modo a comprovar a eficácia, viabilidade e estabilidade do compósito de solo-fibra, o objetivo principal do presente artigo foi a obtenção, através de ensaios laboratoriais, das propriedades físicas do solo laterítico, da fibra e da junção de ambos. Uma comparação dos resultados do solo *in natura* com os resultados com o acréscimo da fibra é apresentada ao longo do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Solo laterítico

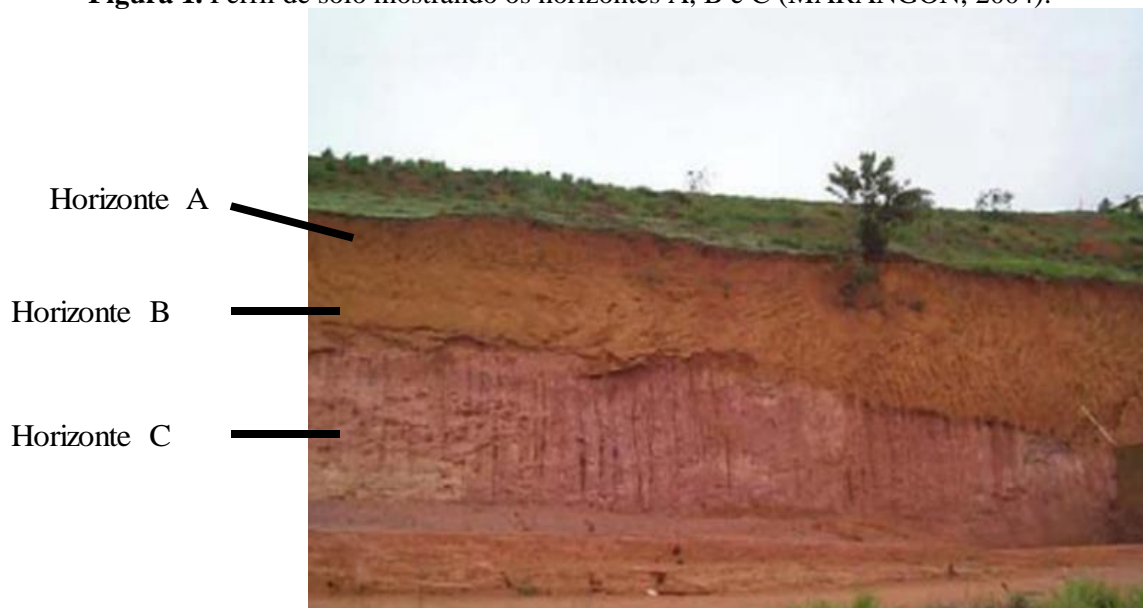
Por definição, solo é a decomposição das rochas que constituíam a crosta terrestre. Cada solo sofre um tipo de decomposição, sendo estas físicas ou químicas. Segundo Pinto (2006), o solo pode ser classificado por sua origem e decomposição, sendo esta última função do processo de intemperismo que cada solo sofre. O intemperismo é o processo de desintegração da rocha, podendo ser classificado como físico ou químico. O processo de intemperismo físico é aquele em que ocorre a desintegração da rocha, o que pode ser ocasionado por crescimento de raízes de plantas, congelamento de água, variação da temperatura, entre outros. Já o intemperismo químico é a decomposição da rocha através de processos químicos, como a dissolução das rochas pela água, oxidação e redução (BODÓ; JONES, 2017).

Um grupo de solos que sofre grande intemperização, e é encontrado em grande proporção no território brasileiro, são os solos tropicais. Esse tipo de solo possui características peculiares, e é comum em locais de clima tropical úmido, estando suas características diretamente ligadas a esse processo de intemperismo (BALBO, 2017).

Um exemplo de solo tropical é o solo laterítico, que possui grande cimentação natural devido ao seu processo de intemperismo, esse solo sofre ainda outro processo conhecido como laterização. Segundo o sistema MUNSELL (1981) no processo de laterização há um enriquecimento no solo de óxido hidratado de ferro ou alumínio e a permanência da caolinita como argilo-mineral predominante e quase exclusivo, proporcionando a estes solos a coloração marcante: vermelho, amarelo, marrom e alaranjado.

O Comitê de Solos Tropicais da Associação Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações (ISSMEF), define solo laterítico como aquele que pertence ao horizonte “A” (Figura 1) que é a camada mineral com enriquecimento de matéria orgânica e “B” (Figura 1) onde apresenta máxima expressão de cor, e possui material deslocado.

**Figura 1.** Perfil de solo mostrando os horizontes A, B e C (MARANGON, 2004).



Devido a sua cimentação natural e seu processo de laterização, o solo laterítico possui grande resistência quando compactado (PINTO, 2006). Seu nome “laterítico” vem do latim, onde later significa tijolo e ito significa material pétreo (VILLIBOR et al, 2009).

Para analisar o solo laterítico é necessário estabelecer alguns critérios que não são estabelecidos nas determinações de solos comuns, por exemplo, a análise da cor e composição mineralógica. Essas observações são essenciais pelo fato de as classificações tradicionais não caracterizarem os solos tropicais de forma eficaz.

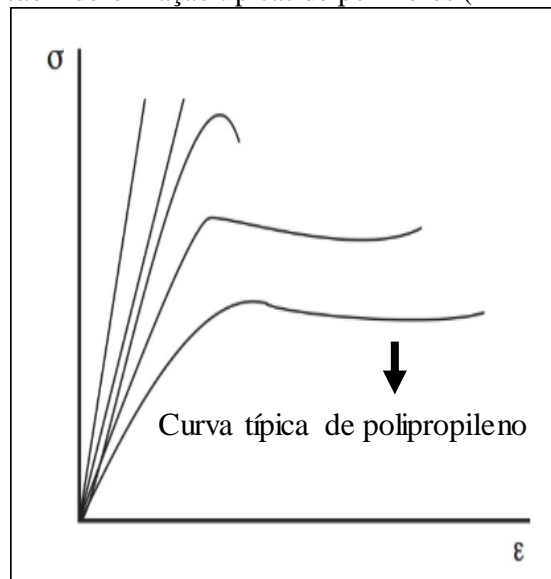
Tipicamente esse tipo de solo apresenta-se, na natureza, de forma não saturado, com índice de vazios elevados, conseqüentemente com uma pequena capacidade de suporte, porém podendo ser restaurado por meio da compactação. Após compactado pode apresentar contração se o teor de umidade diminuir, mas não apresenta expansão na presença de água (PINTO, 2006). Caso mesmo após a compactação não haja uma elevação nas propriedades deste solo, faz-se necessário a utilização de reforços, onde busca-se sanar essa deficiência.

## 2.2 Fibra de polipropileno

O Polipropileno é um polímero de hidrocarboneto, termoplástico de resistência mecânica alta, com a cor branca opaca (NUNES; SANTOS, 2015). Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos, e são classificados conforme sua propriedade térmica, física e química.

Segundo Almeida e Souza (2015) as propriedades mecânicas do polipropileno estão relacionadas as suas ligações atômicas, que influenciam diretamente na curva tensão x deformação, fazendo-o ter um comportamento de elasticidade alto. Quando um material tem comportamento elástico alto, ele é classificado como dúctil. Um material dúctil é aquele que pode ser alongado sem se romper, e obtêm uma curva conforme a apresentada na Figura 2, que possui um patamar de escoamento. Este patamar de escoamento é quando o material demonstra que está entrando em colapso e não rompe de imediato (HIBBELER, 2012).

**Figura 2.** Curva tensão x deformação típicas de polímeros (ALMEIDA; SOUZA, 2015).



O polipropileno possui baixo custo de aquisição e é o mais versátil dentre os polímeros. Segundo Strapasson (2004), o material é normalmente utilizado em brinquedos, embalagens, peças automotivas, pisos tipo carpete, sendo utilizado também de forma estrutural em cadeiras e mesas (ALMEIDA; SOUZA, 2015). Por ser um material termoplástico – feito a partir de aquecimento/resfriamento sem a perda das características – ele pode estar em lugares de temperaturas alta, o que não prejudica sua resistência (NUNES; SANTOS, 2015; HARADA, 2004).

A partir do polipropileno é criada a fibra desse material. A fibra de polipropileno possui todas as características do material, e sua forma facilita a aplicabilidade em outros



materiais. Atualmente vê-se grande utilização das fibras para elevar a resistência dos materiais da engenharia civil, como o concreto e solo.

### 2.3 Compósito de solo-fibra

Um compósito é a junção de elementos que tem por objetivo a melhora de um determinado material. O compósito deve possuir no mínimo dois materiais, um em maior quantidade (material principal), e outro em menor quantidade (material secundário). Na maioria das vezes o material principal aquele que precisa de algum reforço, e o material secundário é aquele que reforça (NETO; PARDINI, 2018).

O compósito de solo-fibra é um material que tem por composição o solo em maior quantidade e as fibras em menor quantidade. A utilização de compósitos na engenharia civil é recorrente no concreto, entretanto em reforços do solo é muito pouca (GRAY, 1986). Ainda que seja baixa a utilização de solo-fibra, estudos na área analisam-no positivamente. Existem vários tipos de fibras, tanto sintéticas quanto naturais, que podem ser aplicadas em solos para a criação de um compósito. Gray (1983) analisou os efeitos de um compósito de solo arenoso com adição de fibras sintéticas e naturais, e comprovou a eficácia desse material em ambos os casos.

As fibras de modo geral possuem uma vantagem de diminuir os vazios do solo e garantir uma junção de maior resistência. Barbosa, Filho e Ghavami, (1996) analisam a diminuição dos vazios do solo e relatam a maior ductibilidade em um solo com a adição de fibra de coco e sisal para criação de casas de adobe.

Specht (2000), Casagrande (2005) e Jiang, Cai e Liu (2010), mostram a aplicabilidade de fibra de polipropileno em solos e apontam que a presença de fibra poderia contribuir efetivamente para a melhoria da força e estabilidade do solo, proporcionando um novo material geotécnico reforçado com características próprias.

O uso de compósitos de solo-fibra, independentemente do tipo de fibra, tem se mostrado com um desempenho é elevado. Contudo, nos estudos que comparam compósitos com fibras sintéticas e fibras naturais, as fibras sintéticas mostram maior estabilidade mecânica. A fibra de polipropileno se destaca ainda mais em um compósito por aumentar, além da resistência, a ductibilidade do material principal (AHMAD; BATENI; AZMI; 2009).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi realizado um programa experimental com o objetivo investigar e identificar a influência da fibra de polipropileno em um solo tropical: o laterítico. Foram comparados dois tipos de amostras: com o solo laterítico *in natura* compactado e com seu compósito adicionado de fibra de polipropileno. Foram confeccionados 12 corpos de prova, sendo 6 para cada tipo de amostra, com umidades variadas.

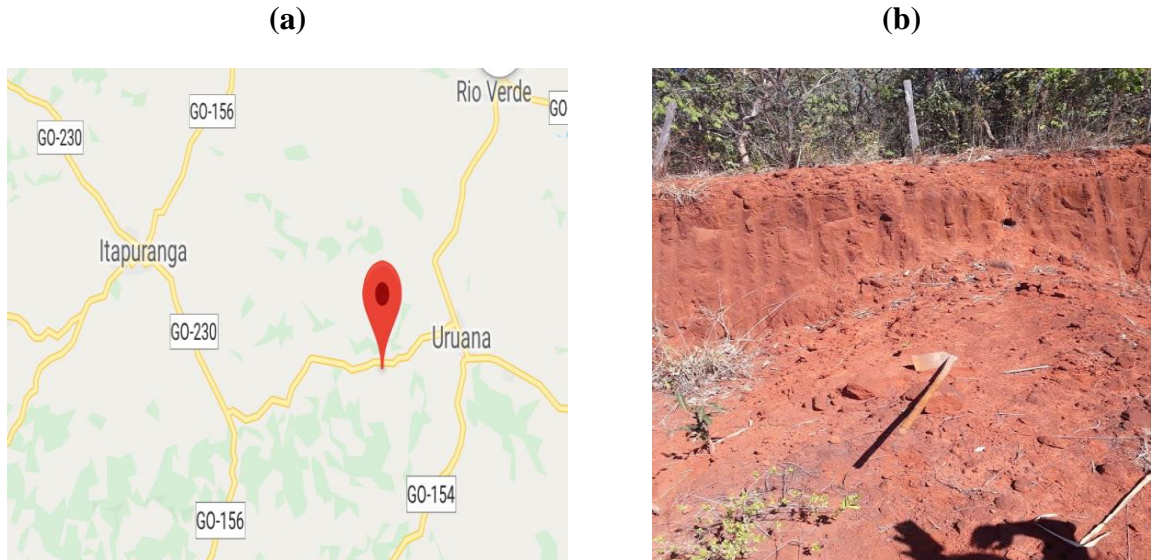
Este estudo foi realizado seguindo as especificações e parâmetros estabelecidos pelas principais normas regulamentadoras brasileiras: NBR 6457 (ABNT, 1986), que trata da preparação dos solos; NBR 7182 (ABNT, 1986) que especifica os procedimentos para o ensaio de compactação; e NBR 12770 (ABNT, 1992) para determinação da resistência à compressão não confinada.

### 3.1 Materiais

Para análise, os seguintes materiais foram utilizados: um solo tropical (solo laterítico), e a fibra de polipropileno. O solo é utilizado no seu estado natural e no compósito juntamente com a fibra.

O solo utilizado na pesquisa é uma areia argilosa, de baixa plasticidade. A jazida de retirada do solo está situada às margens da GO 230, no km 13, na localidade de Itapuranga-GO (Figura 3.a), o local de retirada é um talude, como pode-se observar na Figura 3.b. Este solo específico foi escolhido devido a existência de pesquisas de caracterização deste solo feitas por Gomes; Ramos e Domingos (2019).

**Figura 3.** Localização e coleta do solo laterítico: (a) local de retirada da amostra *in loco* (b) (Google Earth, Arquivo Pessoal, 2019).



A fibra de polipropileno (Figura 4) foi cedida pela empresa NP-Nova Plast LTDA. Uma empresa da cidade de São Paulo que é referência na fabricação de fibras sintéticas para aplicabilidade na engenharia civil.

**Figura 4.** Fibra de polipropileno (Arquivo Próprio, 2019).



### 3.2 Métodos

Visando cumprir os objetivos do presente artigo, foram executados os ensaios necessários para a verificação da estabilidade do solo. Todos os ensaios foram embasados nas normas regulamentadoras brasileiras: NBR 6457 (ABNT, 1986) preparação do solo, NBR 7182 (ABNT, 1986) ensaio de compactação e NBR 12770 (ABNT, 1992) determinação da resistência à compressão não confinada. Os laboratórios utilizados foram da Faculdade Evangélica de

Jaraguá e Faculdade Evangélica de Ceres com o auxílio dos técnicos Rafael Costa Álvares de Pina e Isabela Latier Mendes da Silva, respectivamente.

### 3.2.1 Preparação do solo e do solo-fibra

Para executar ambos os ensaios, foram seguidas as prescrições da NBR 6457 (ABNT, 1986). O solo que estava no seu estado natural retirado da jazida, foi levado para o laboratório, destorroado e peneirado, seco ao ar e armazenado em saco plástico. Para o compósito de solo-fibra, foram adicionadas fibras de polipropileno que foram distribuídas e homogeneizadas aleatoriamente no solo.

**Figura 5.** Solo laterítico (a) e solo laterítico com adição de fibra de polipropileno (b) (Arquivo Próprio, 2019).



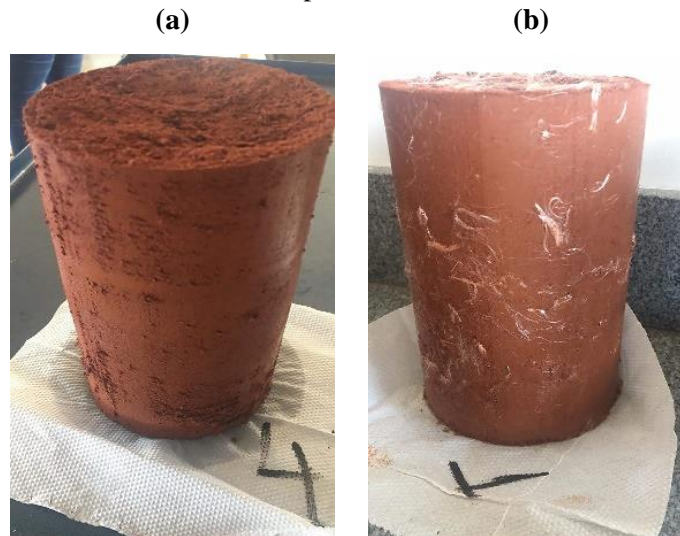
### 3.2.2 Ensaio de compactação

O ensaio de compactação mede a densidade máxima do solo, mostrando o comportamento do mesmo com o seu índice de vazios reduzido, aumentando o peso específico aparente do material. Este ensaio mostra em qual umidade o solo terá maior desempenho quando compactado. Este baseia-se em compactar uma amostra de solo dentro de um recipiente cilíndrico, com 3 camadas golpeadas sucessivamente por um soquete caindo a 30,5 cm de altura.

Os corpos de prova utilizados no ensaio de compressão foram executados através dos materiais que consistem na norma de compactação. Conforme a NBR 7182 (ABNT, 1986) que regulamenta esse ensaio, foi utilizado um cilindro de 1000 cm<sup>3</sup>, com um soquete de energia normal que possui 2,5 quilogramas, e o extrator de corpo de prova que constitui de um sistema hidráulico que retira o corpo de prova após compactado sem estragos.

O soquete utilizado na preparação dos corpos de provas foi o de energia normal, pois a amostra passa integralmente na peneira de 4,8mm, como descrito no item 4.4 da norma referida. A energia foi normal com 3 camadas de solo atingidos por 26 golpes cada uma, como prescrito na norma no item 4.1.

**Figura 6.** Corpos de prova, do solo laterítico puro (a) e adição de fibra de polipropileno (b) (Arquivo Próprio, 2019).



### 3.3.3 Ensaio de compressão

O ensaio de compressão foi baseado na NBR 12770 (ABNT, 1992). Este ensaio consiste em comprimir um corpo de prova até a sua ruptura, mostrando a carga máxima que este é capaz de resistir. A prensa utilizada foi a prensa de concreto manual digital – 100 T. (I-3001-C), da marca Contenco. Esta apresenta os valores de carga máxima suportada nos corpos de provas em tonelada força.

A norma determina que seja realizado um ensaio a compressão simples, onde o material seja submetido a um carregamento crescente até que ocorra a formação de trincas (Figura 7) que comprometam a resistência do mesmo. Os valores obtidos são mostrados em forma de gráfico para apresentar as curvas de maneira que facilite a visualização das maiores forças.

**Figura 7.** Corpo de prova na prensa de compressão (Arquivo Próprio, 2019).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

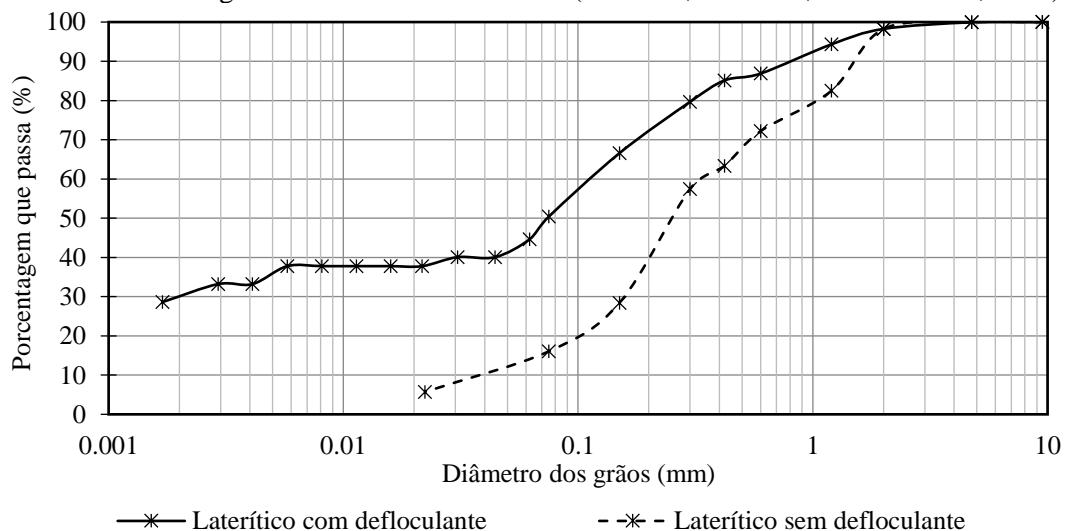
### 4.1 Propriedades físicas do solo e da fibra

Gomes, Ramos e Domingos (2019) determinaram as principais características físicas do solo laterítico em seu trabalho, os resultados obtidos pelas autoras são utilizados neste artigo como base para análise dos resultados.

O Gráfico 1 apresenta a curva de granulometria obtida por Gomes, Ramos e Domingos (2019) para este solo. O solo laterítico foi classificado com e sem o uso de defloculante (reagente adicionado para evitar a sedimentação rápida e diminuir a quantidade de água requerida), respectivamente, como uma areia argilosa e areia siltosa. É possível notar que a curva com o uso de defloculante foi mais eficiente, revelando uma maior porcentagem de partículas argilosa (27,76%) na granulometria do solo. As autoras justificam a diferença da curva com o uso de defloculante devido a cimentação natural que o solo laterítico possui.

A tabela 1 apresenta as propriedades físicas encontradas para o solo laterítico. Nesta tabela é possível analisar os Limites de Atterberg do solo e os resultados da curva de compactação. Através desses resultados, classifica-se o solo como laterítico como um A-4 pelo método HRB, segundo Gomes, Ramos e Domingos (2019).

**Gráfico 1.** Curva granulométrica solo laterítico (GOMES; RAMOS; DOMINGOS, 2019).



**Tabela 1.** Características físicas do solo (GOMES; RAMOS; DOMINGOS, 2019).

Propriedades	Resultados
Limite de liquidez (LL)	32,68%
Limite de plasticidade (LP)	27,81%
Índice de plasticidade (IP)	4,88%
Densidade máxima ( $\gamma_d$ ) - Proctor Normal	15,80KN/m <sup>2</sup>
Umidade ótima ( $\omega_{ot}$ ) - Proctor Normal	19,23 %

Pela classificação da SUCS, o solo foi designado como silte de baixa compressibilidade (ML), mesmo o solo laterítico apresentado uma fração que passa na peneira de 0,075 mm predominante de argila. Este resultado ocorre pela fragilidade da carta de plasticidade de Casagrande, onde não é possível distinguir o solo laterítico do não laterítico. Conforme explicado por Nogami e Villibor (1994), o solo laterítico possui características peculiares que as classificações tradicionais não conseguem diferir.

Os resultados do ensaio de compactação mostram um resultado típico de solo argiloso e possui uma densidade máxima favorável para aplicações compactados.

As características físicas da fibra, mostradas na Tabela 2, foram disponibilizadas pela empresa NP Nova Plast, que cedeu as fibras para a análise, a empresa executa os ensaios necessários para a verificação de eficácia.

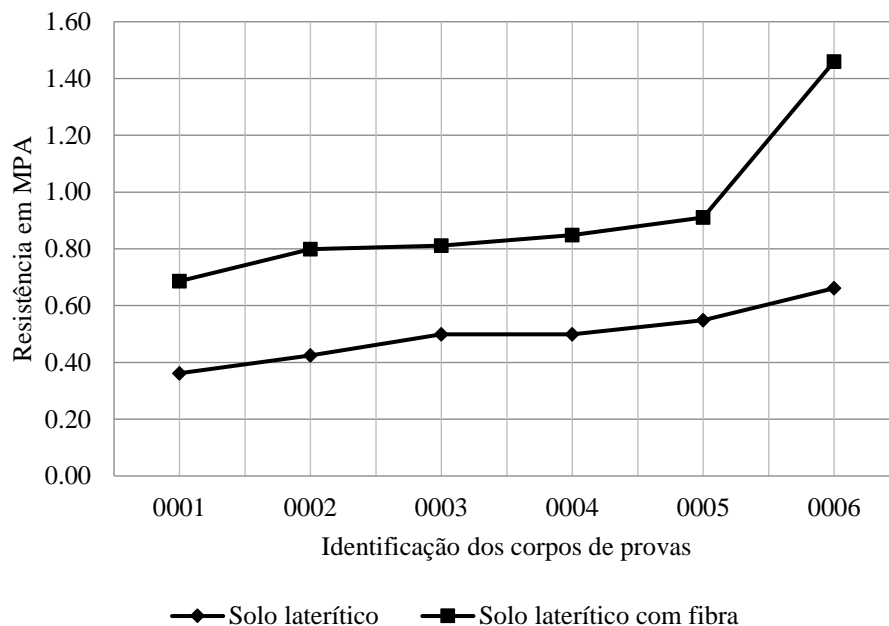
**Tabela 2.** Características da fibra de polipropileno (NP Nova Plast, 2019).

Características	Valores
Massa específica	0,905 g/cm <sup>3</sup>
Resistência a tração	32 MPa
Alongamento de ruptura	28%
Módulo de flexão	150 MPa

## 4.2 Ensaio de compressão

O Gráfico 2 apresenta os resultados após o ensaio de compressão. A curva do compósito de solo-fibra se mostra com valores de resistência superiores ao do solo puro, conforme pode ser observado. É nítido que a presença da fibra de polipropileno no solo contribuiu para a elevação dos parâmetros de força. Os valores adquiridos na curva do compósito foram 2 vezes superiores aqueles obtidos na curva do solo puro.

**Gráfico 2** - Curva de resistência solo laterítico e do compósito de solo-fibra (Arquivo Próprio, 2019).



Em ambas as curvas o corpo de prova que apontou resistência de pico foram os preparados com a umidade ótima de compactação dada pelas autoras Gomes, Ramos e Domingos (2019) redigido na Tabela 1.

Os corpos de provas após serem submetidos ao ensaio de compressão, Figura 8, obtiveram comportamentos diferentes. O solo puro se mostrou com grandes fraturas que se dissociaram do restante, enquanto o corpo de prova com a inclusão de fibras sofreu apenas pequenas trincas, pois estas impediram seu colapso.

**Figura 8.** Corpos de prova após o ensaio de compressão (Arquivo Próprio, 2019).



O material composto somente de solo não possui um escoamento que prevê a sua ruptura, ele se rompe de imediato. Já o compósito de solo-fibra mostra as trincas indicando onde pode ocorrer as fraturas. Quando os corpos de prova foram golpeados por uma marreta, o solo puro se fragmentou em vários pedaços. Enquanto o compósito de solo-fibra se manteve homogêneo, por ter obtido maior coesão com a inclusão da fibra de polipropileno, mostrando maior ductibilidade, conforme pode ser observado na Figura 9.

**Figura 9.** Corpos de prova fragmentados (Arquivo Próprio, 2019).



A Figura 10 detalha o modo como a fibra de polipropileno pode atribuir tenacidade ao solo. Esta consegue aderir ao mesmo de forma que sejam um material de diferentes fases, mas que tenham comportamento de homogeneidade, impedindo a dispersão que o solo poderia sofrer com a atuação de forças. A fibra de polipropileno age como um ligante entre as partículas do solo, diminuindo seu índice de vazios, e proporcionando ao material mais aderência.

Gray (1983, 1986) também mostra que a inclusão de fibras sintéticas no solo contribuiu efetivamente para o ganho de resistência mecânica. Ahamad, Bateni e Azmi (2009) obtiveram valores próximos ao do presente artigo, a resistência obtida variou de 200 a 700 kPa.

**Figura 10.** Detalhamento do corpo de prova fragmentado (Arquivo Próprio, 2019).



## 5 CONCLUSÕES

A partir dos ensaios e estudos bibliográficos do compósito de solo-fibra, foi possível concluir que:

- A fibra de polipropileno elevou os parâmetros do solo, de forma a garantir um material com maior coesão e aderência.
- A diferença de resistência do solo puro e com a adição de fibra de polipropileno é de mais de 2 vezes.
- Os corpos de provas com maiores resistências de pico foram obtidos com a umidade ótima de compactação. Esse fato ocorre devido ao solo estar com seu índice de vazios reduzidos.
- O solo estabilizado com fibra de polipropileno pode ser utilizado em diversas obras no âmbito da construção civil, muros de arrimo, contenção de barragens, camadas do pavimento entre outro.
- A utilização de fibras pode ser efetuada em outros tipos de solo que são menos coesos já que uma das suas vantagens foi o aumento da aderência. Diminuindo então a exploração de novas jazidas, quando os solos não atenderem os parâmetros das normas regulamentadoras.

Este trabalho foi realizado com o intuito de proporcionar um melhoramento das propriedades mecânicas de um solo laterítico com a adição das fibras de polipropileno, embasado nos resultados obtidos neste estudo, por meio dos ensaios mostraram que com a presença da fibra pôde reduzir a magnitude das trincas quando comparado com o solo sem reforço. Fator que comprova a eficácia da aplicação da fibra de polipropileno ao solo no quesito resistência.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, F. BATENI, B. AZMI, M. Performace evaluation of silty and reinforced with fibres. **Geotextil and Geomembranes**, 2009.

ALMEIDA, G. S., & SOUZA, W. B. **Engenharia dos polímeros tipos de aditivos, propriedades e aplicações**. São Paulo: Editora Érica, 2015.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457. **Amostras de Solo: Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização**. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_. NBR 7182. **Solo- Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. NBR 12770. **Solo Coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1992.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

BARBOSA, N. P., TOLEDO FILHO, R. D., GHAVAMI, K. **Construção em terra crua**. Materiais de construção não convencionais. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. João Pessoa, 1996.

BODÓ, B., JONES, C. **Introdução à Mecânica dos Solos**. Rio de Janeiro: ITC, 2017.

CASAGRANDE, M. D. T. **Estudo do comportamento de um solo reforçado com fibra de polipropileno visando o uso como base de fundações superficiais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

CASAGRANDE, M. D. T. **Provas de Carga em Placa de Ring Shear em uma Areia Reforçada com Fibras de Polipropileno**. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. SEFE V. São Paulo, 2005.

GHAVAMI, K., FILHO, R., BARBOSA N. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. **Cement and Concrete Composites**, 1999.

GOMES, G. de O., RAMOS, J. M., DOMINGOS, V. H. Caracterização de solos Lateríticos e Saprolíticos para Pavimentação de Baixo Custo. **ETIS Journal Of Engineering Technology, Innovation And Sustainability**, 2019.

GRAY ,D.,OHASHI,H. Mechanics of fiber reinforcement in sand. **Journal Geotechnics Engineering**, 1983.

GRAY ,D.,REFEAIT,T. Behavior of fabric- versus fiber-reinforced sand. **Journal Geotechnics Engineering**. 1986.

HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos: Projetos e princípios básicos**. São Paulo: Artliber, 2004.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7ª Edição. São Paulo: Pearson, 2012.

ISSMFE, Committee on Tropical Soils of ISSMFE. **Peculiarities of Geotechnical Behaviour of Tropical Lateritic and Saprolitic Soils**. Progress Report– Erosion. ABMS. São Paulo, 1995.

JIANG, H., CAI, Y., & LIU, J. Engineering Properties of Soils Reinforced by Short Discrete Polypropylene Fiber. **Journal of Materials**, 2010.

MARANGON, M. **Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Transportes e Geotecnia. Minas Gerais, 2004.

MUNSELL, Albert Henry. **A Color Notation**. Baltimore; Maryland: Macbeth, A division of Kollmorgen Coporation, 1981.

NETO, F., PARDINI, L. **Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2018.

NOGAMI, J. S., VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. Associação Brasileira de Pavimentação. Reunião Anual de Pavimetação. São Paulo, 1994.

NUNES, E., SANTOS, L. **Termoplásticos, Estruturas, Propriedade e Aplicações**. São Paulo:, Editora Érica 2015.

PINTO, C. D. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SPETCH, L. P. **Comportamento de Misturas Solo-Cimento-Fibra Submetidas a Carregamento Estáticos de Dinâmicos Visando a Pavimentação**. Dissertação (Mestrado de Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

STRAPASSON, R. **Valorização do Polipropileno Através de Sua Mistura e Reciclagem**. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Mecânica)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

TRINDADE, T. P. et al. **Estudos Laboratoriais do Comportamento de um Solo Residual Arenoso Reforçado com Fibras de Polipropileno, Visando à Aplicação em Estradas Florestais**. R. Árvore. São Paulo, 2006.

VILLIBOR, D. F. et al. **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas**. São Paulo, 2009.