

# XVI ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

Universidade de Fortaleza  
17 a 20 de outubro de 2016

## Avaliação de Reforço em Camadas Granulares de Pavimentos Rodoviários com Aplicação de Geogrelha

Ítalo de Lima Pereira <sup>1\*</sup> (IC), Fernando Feitosa Monteiro <sup>2</sup>(PG), Leila Maria Coelho de Carvalho <sup>3</sup> (IC), Marcos Fábio Porto de Aguiar <sup>4</sup>(PQ), Francisco Heber Lacerda de Oliveira <sup>5</sup> (PQ)

*1 Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE*

*2 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Geotecnia), Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza-CE*

*3 Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE*

*4 Professor de Graduação em Engenharia Civil, Instituto Federal do Ceará, Fortaleza-CE*

*5 Professor de Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE.*

heberoliveira@unifor.br

*Palavras-chave: Índice de Suporte Califórnia. Pavimentos Rodoviários. Geossintéticos.*

### Resumo

Diante da necessidade de obter maiores resistências em solos de baixo ISC (Índice de Suporte Califórnia), menores expansões e otimizar a construção do pavimento flexíveis no âmbito nacional, é necessário levar em consideração o uso da geogrelha como reforço que proporcionem melhoria em solos com baixa capacidade de suporte, os quais são menos propícios para a pavimentação e amenização de patologia. O pavimento rodoviário, dentre várias características, deve fornecer um meio seguro, confortável e econômico para o transporte de cargas e pessoas. Nesse contexto, realizou-se um estudo com o objetivo de mostrar o comportamento mecânico da camada de solo reforçado com geogrelha. Nos ensaios reportados neste trabalho, o solo utilizado apresenta características adequadas para camadas de sub-base. Foram realizados Ensaio de Caracterização, Compactação e ISC. Os resultados obtidos do solo reforçado apresentaram comportamentos mecânicos melhores que os sem reforço, levando em conta a distribuição de tensão

### Introdução

#### Aplicação de Geossintéticos em Obras Rodoviárias

Em 1926, houve o primeiro reforço de pavimentação em estradas nos Estados Unidos da América, com a aplicação de geotêxteis em obras de engenharia. O geotêxtil utilizado não tinha evidentemente as propriedades existentes nos produtos que encontram-se nos mercados hoje em dia. Com a recorrência deste polímero em obras, sugeriram, entre a década de 40 e 60, técnicas de fabricação do geotêxteis (LADEIRA, 1995).

A utilização de geossintéticos como reforço em obras rodoviárias vem crescendo bastante e, com isso, viabilizando a aplicação de solos de baixo suporte na pavimentação. Há várias funções que os geossintéticos podem oferecer, mas é no reforço que o papel da interação solo-inclusão assume maior importância (LADEIRA, 1995). As interações entre as interfaces solo-reforço são favoráveis quando construídas adequadamente, exercendo maior eficiência na transferência de tensões do solo para reforço, que são necessárias para o funcionamento do conjunto na estrutura (FERREIRA, 2007). A inclusão de materiais geossintéticos como reforço nas camadas de infraestrutura rodoviária apresenta-se como uma alternativa viável frente a soluções, como substituição de camadas de solo mole e capacidade de suporte baixa (PIMENTEL, 2007). Nos países desenvolvidos, os geossintéticos são relevantes em grande parte das

pesquisas bem consolidadas, mas não necessariamente se aplicam esses materiais em solos tropicais, como presente no Brasil (OLIVEIRA, 2013).

O reforço estrutural do pavimento pode ter desempenho distinto quando aplicado em determinadas camadas ou solos. A geogrelha pode ser utilizada para realizar estabilização do subleito e reforço da base, misturada ao solo em pavimentos flexíveis. O projeto do pavimento é tipicamente pré-determinado com o valor da resistência do solo do subleito e a diversidade de combinações com geossintéticos para estradas e aeroportos, favorecendo mecanicamente a distribuição das tensões (USACE, 2002).

### **Índice de Suporte Califórnia**

No ensaio de ISC, é medida a resistência à penetração de uma amostra saturada compactada, segundo o método de Proctor. Portanto, para esse fim, é colocado um pistão com seção transversal de 49,6 mm de diâmetro, o qual penetra na amostra a uma velocidade de 1,27 mm/mim. O ensaio é composto por três etapas: compactação do corpo de prova, dispor o corpo de prova em imersão para obtenção da curva de expansão e a medida da resistência à penetração (ABNT, 1987). Aquisição da curva de expansão: após a compactação, o corpo de prova é imerso totalmente na água por quatro dias, em que ocorre a leitura desse período a cada 24 horas. Para a leitura da resistência à penetração, é realizado o ensaio de penetração no corpo de prova em que um pistão de 49,6mm de diâmetro penetra na amostra logo após o mesmo ser retirado da condição submersa na água. As leituras de penetração de 0,63; 1,25; 5,00; 7,50; 12,5 mm, correspondem aos tempos de leituras determinados e aos valores de carga, ao se multiplicar às leituras efetuadas pela constante do anel de penetração.

### **Metodologia**

A metodologia utilizada na composição deste trabalho iniciou-se a partir de uma revisão bibliográfica feita a partir de livros, manuais e normas técnicas. Para analisar o comportamento da geogrelha no solo, realizou-se ensaios com corpos de provas com o solo reforçado e sem reforço, utilizando o geossintético. Verificase o ISC do solo com o reforço e a análise de distribuição de tensão para obter aumento de vida útil do pavimento reforçado. Realizam-se, ensaios para caracterização do solo. O solo ensaiado foi localizado em Itaitinga/CE, na profundidade de 4 metros do terreno natural. A pesquisa busca analisar o benefício da geogrelha como reforço e o solo sem reforço

### **Resultados e Discussão**

A jazida está localizada próxima à Rodovia Anel Viário de Fortaleza-CE, no Bairro Pedras. A jazida se encontra nas coordenadas: Latitude 3°52'43"S e Longitude 38°32'20"O. As localizações estão representadas na Figura 1. Cerca de 200kg do material foi retirado com o auxílio de uma pá, a uma profundidade de 4m, para a realização dos ensaios, conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 1:** Localização da jazida da coleta



**Figura 2:** Escavação do local da amostra

Foram executados ensaios de caracterização do solo com o objetivo de obter os parâmetros dos solos tais como os limites de Atterberg e a dimensão dos grãos que compõem o solo e classificá-los. A Tabela 1 apresenta um resumo dos ensaios de caracterização do solo estudado no trabalho. Na classificação TRB (Transportation Research Board), o solo é qualificado como A-2-4, que é um solo com pedregulhos ou areia argilosa. Na classificação do SUCS (Sistema Unificado de Classificação), o solo é qualificado como SC (Areno-Argiloso).

**Tabela 1:** Ensaios de Caracterização

Análise Granulométrica					LL	IP
Pedregulho	Areia Grossa	Areia Médias	Areia Fina	Silte e Argila		
31,47%	6,59%	11,25%	20,81%	29,88%	30,80%	7,00%

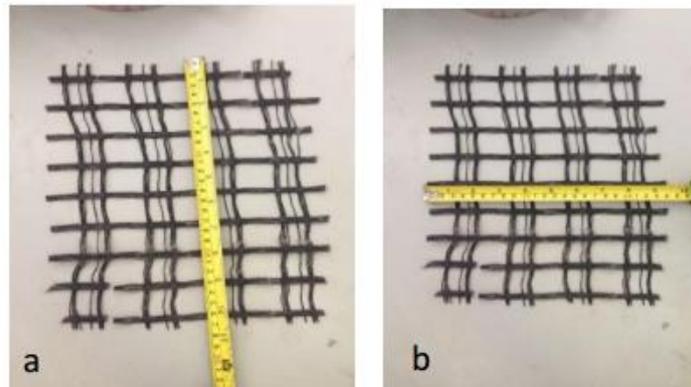
A Geogrelha WG 40S (Figura 3) é uma geogrelha tecida, produzida a partir de filamentos de poliéster de alta tenacidade que, com baixos valores de alongamento, mobilizam elevadas resistências à tração. São

especialmente indicadas para a construção de estruturas de contenção em solo reforçado, reforço de aterros sobre solos moles, reforço de base de pavimentos, entre outras aplicações (MACCAFERRI, 2014).



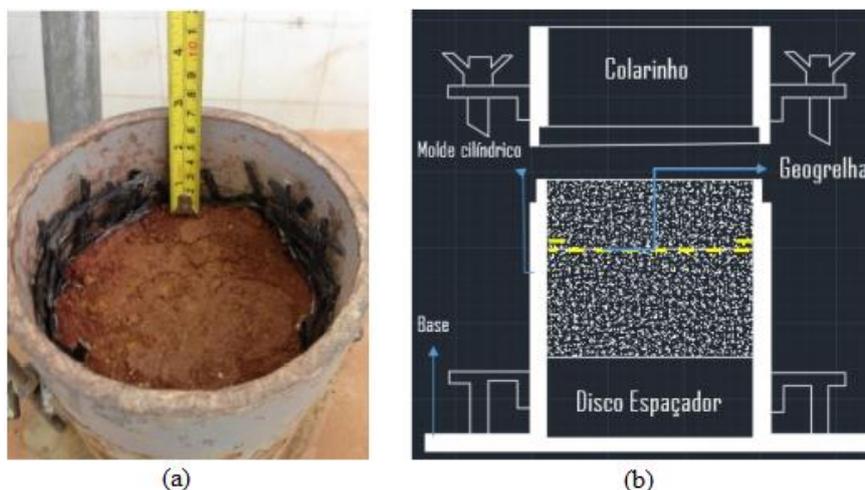
**Figura 3:** Geogrelha WG 40S

Para a inclusão da geogrelha no interior do cilindro de ISC, realizou o corte considerando 25,7cm na transversal e 23,7cm na longitudinal, visto na Figura 4.



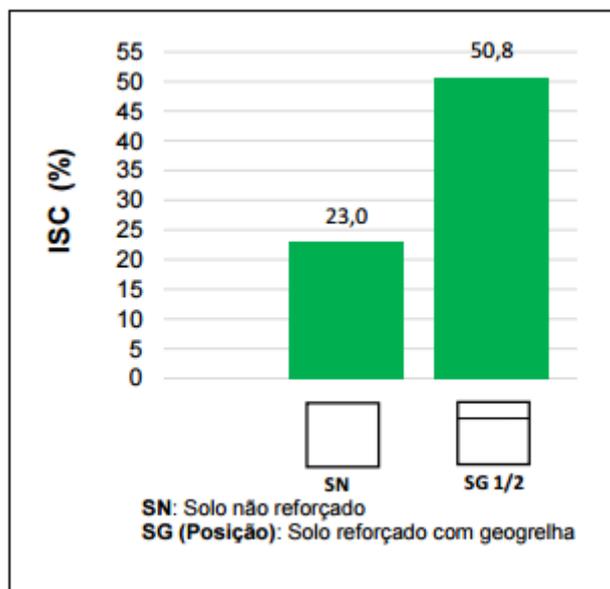
**Figura 4:** Corte do geossintético: a) Corte transversal da malha, b) Corte longitudinal da malha

O reforço foi ancorado em toda a circunferência em dois segmentos de 3 cm de traspasse, de maneira que permitisse maior aderência na interface da camada subsequente da execução na compactação. A Figura 5a ilustra o esquema de ancoragem adotado no ensaio de ISC. Na primeira camada, o molde foi preenchido com solo e compactado (soquete grande de 4,5 kg e 26 golpes) na umidade ótima, na interface da camada 1 e 2 com aplicação do reforço (geogrelha), conforme Figura 5b.



**Figura 5:** Esquema de ancoragem no ensaio de ISC

Todos os ensaios de ISC foram executados na energia intermediária com 26 golpes. No laboratório, o solo foi homogeneizado e quarteado para a realização dos ensaios, no qual executou dois corpos de prova e calculou a média dos valores. O ensaio foi realizado com o solo sem reforço em que obteve um ISC de 23% e expansão de 0,27%; parâmetros que permitem a utilização na camada de sub-base de acordo com o DNIT (2010). Já o solo reforçado, apresentou um ISC de 50,8 e expansão de 0,25%. Na Figura 6, estão apresentados os ensaios do solo sem reforço (SN) e reforçado na posição 1/2 (SG 1/2).



**Figura 6:** Valores médios de ISC para solo reforçado com geogrelha

Depois de retirados os corpos de prova do cilindro e executado o corte na seção do reforço, mediu-se diretamente a largura da área deformada, devido à aplicação das cargas ao longo do ensaio. Com a camada de solo e o diâmetro do pistão (Prensa do ISC), verificou-se uma maior distribuição da tensão na deformação no solo, causada pelo ensaio de ISC. Pode-se observar que os ângulos de espraiamento obtidos nos ensaios com reforço foram consideravelmente maiores que os obtidos no ensaio sem reforço. A Figura 7 ilustra o corte na seção do reforço (SG1/2) do corpo de prova obtido após o ensaio de ISC realizado.



**Figura 7:** Corte da seção de reforço no corpo de prova (SG 1/2)

## Conclusão

Para os ensaios de ISC realizados com a aplicação de geogrelha como reforço notou-se um considerável acréscimo do suporte de carga do solo, aumentando em mais de 120% o valor do ISC do solo não reforçado (SN). Além de distribuir melhor as tensões no solo com a geogrelha, esse fator está correlacionado com o aumento da vida útil do pavimento. O solo sem reforço apresentou resultados consideravelmente inferiores, sob o ponto de vista da capacidade de suporte ao carregamento nos ensaios de ISC realizados, em comparação com o ensaio reforçado com geogrelha. Nos ensaios (ISC), o solo sem reforço registrou o valor de ISC igual a 23% e expansão de 0,27%, enquanto que, no melhor resultado, o solo reforçado com geogrelha atingiu 50,8% de ISC e a expansão de 0,25% na posição 1/2. No ensaio sem reforço (SN), o solo obteve um ângulo de ruptura menor, enquanto que, no ensaio com a geogrelha, as tensões no solo obtiveram maiores distribuições das cargas, aumentando a capacidade de suporte do solo. A distribuição da tensão no solo foi observada no corte do corpo de prova na seção de inclusão do reforço. Ou seja, no final dos ensaios, o solo reforçado apresentou maior área de bacia de deformações formadas.

## Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas 9895. Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro – RJ, 1987.
- DNIT. Solos: Pavimentação, sub-base estabilizada granulometricamente. Ministério dos transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, 2010.
- FERREIRA, J. A. Z. Estudo de reforço de pavimentos com ensaios de arrancamento em equipamento de pequenas dimensões. 112p. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- LADEIRA, M.A.S.A. Estudo dos fenômenos da interação solo-geossintético através de ensaios de arranque. Dissertação para Mestrado em Engenharia Civil na F.E.U.P, Porto, 1995
- MACCAFERRI. Critérios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos: Manual Técnico. São Paulo: Maccaferri do Brasil, 2014.
- OLIVEIRA, Lorena Alves de. Uso de geossintéticos como reforço em estradas não pavimentadas. Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade estadual de Goiás, Goiás, 2013.
- PIMENTEL, K.C.A. Estradas não-pavimentadas e ferrovias reforçadas com geossintéticos. 2007. 293p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- USACE. Use Of Geogrids In Pavement Construction. 2002.

## Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pela a bolsa de <sup>2</sup>