

Análise da propagação de trincas em misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos mediante o processamento digital de imagens

Suzana Barbosa Chaves da Silva, suzana.bcsilva@gmail.com

Jaime Rafael Obando Ante, jaimeobando@unicauca.edu.co

Centro Universitário de Brasília (Brasil)

Universidad del Cauca (Colombia)

O transporte rodoviário brasileiro possui uma imensa importância no âmbito socioeconômico, porém não encontra respaldo na precária condição de sua malha rodoviária. Nesse contexto, a reabilitação do pavimento é essencial para que o mesmo desempenhe adequadamente as funções para as quais foi projetado. O presente trabalho analisa a propagação de trincas em revestimentos asfálticos, sem e com a utilização de geossintéticos, e foi dividido em duas etapas: processamento das imagens, obtidas a partir de ensaios realizados sob modelos físicos, e obtenção da equação da velocidade de trincamento característica. Os corpos de prova utilizados foram separados em dois grupos (trinca induzida em condições de flexão ou cisalhamento). Com a análise dessas imagens, foram obtidos três parâmetros (área, altura e perímetro), permitindo a análise de gráficos e a obtenção da velocidade de trincamento. Como resultado da análise, a utilização de geossintéticos sugere que os pavimentos reforçados apresentam uma melhora no comportamento mecânico.

Palabras clave: Reflexão de trincas, misturas asfáltica, geossintéticos, velocidade de trincamento.

In Brazil, road transportation has a tremendous importance in the socioeconomic context, which, however, does not find support in the precarious physical condition of the country's road network. In this context, the rehabilitation of the pavement is essential for it to perform adequately the functions for which it is designed. This study analyzes the propagation of cracks in asphaltic coatings, with and without the use of geosynthetics, and was divided into two stages: image processing obtained from tests performed under physical models and generation of the equation of the characteristic crack growth. The specimens are separated into two groups according (cracks under bending or shear conditions). With the analysis of those images, three parameters were obtained (area, height and perimeter), which allowed the reading of graphs and the generation of the crack growth equation. Therefore, the results suggest that geosynthetic reinforced pavements present an improvement in the mechanical behavior.

Keywords: Reflective cracking, asphalt mixes, crack growth, geosynthetics.

El transporte por carretera brasileño posee inmensa importancia socioeconómica, pero no encuentra respaldo en la precariedad de su malla. En este sentido, la rehabilitación del pavimento es esencial para que desempeñe adecuadamente las funciones para las que está proyectado. Este trabajo analiza la propagación de grietas en revestimientos asfálticos, sin y con la utilización de geosintéticos, y está dividido en dos etapas: procesamiento de las imágenes, obtenidas a partir de ensayos realizados bajo modelos físicos, y obtención de la ecuación de la velocidad de agrietamiento característica. Las probetas utilizadas fueron separadas en dos grupos (grieta inducida en condiciones de flexión o cizallamiento). Con el análisis de esas imágenes, se obtuvieron tres parámetros (área, altura y perímetro), que permitieron la producción de gráficos para la evaluación de la velocidad de agrietamiento de cada grupo. Como resultado, la utilización de geosintéticos sugiere que los pavimentos reforzados presentan mejora en el comportamiento mecánico.

Palabras clave: Reflexión de grietas, mezclas asfálticas, geosintéticos, velocidad de agrietamiento.

Análise da propagação de trincas em misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos mediante o processamento digital de imagens

1. Introdução

O Brasil privilegia o transporte rodoviário no escoamento da produção, em detrimento aos demais modais, o qual representa cerca de 60% da carga transportada, apesar de sua malha rodoviária não estar consolidada, com apenas 12,4% de extensão pavimentada (CNT, 2015), e apresentar estado precário, com evidentes sinais de degradação, em decorrência da escassez de investimentos públicos para sua conservação (Correa e Ramos, 2010). E, embora de difícil percepção, a manutenção das rodovias é essencial para garantir a sua vida útil, expondo Akishino (Akishino, 2008) que os benefícios resultantes não são visíveis, tangíveis, visto serem concernentes à preservação, “[...]. No entanto, a manutenção não deixa de se constituir também em um investimento direto, cuja rentabilidade é perfeitamente mensurável sob a forma de: economia de combustíveis e lubrificantes; melhoria das condições de circulação dos veículos com a consequente redução de fretes; aumento do nível de segurança dos usuários.”

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) aponta que a malha rodoviária brasileira, de um modo geral, não se apresenta em boas condições, pela idade dos pavimentos e intensa solicitação de tráfego, dentre outros fatores, tendo a maioria ultrapassado a sua vida útil. (DNIT, 2006). Consideram-se, ainda, fatores das más condições das rodovias as fraturas causadas pelas rodas dos veículos e as fissuras no pavimento, aliados ao uso de materiais de baixa qualidade e desempenho, sendo perceptível a falta de manutenção ou sua realização de maneira imprópria, tornando-se necessária a reabilitação do pavimento, um dos maiores problemas encontrados por engenheiros rodoviários. (Nithin et al., 2015)

E, para essa recuperação de pavimentos deteriorados, a sobreposição com concreto asfáltico mostra-se um meio rápido e de custo-eficiente, apesar do sério problema da reflexão de fissuras na camada superior da mistura quente de asfalto (Fallah e Khodaii, 2015), também conhecida como CBUQ, defeito que se reflete acima de juntas ou trincas das camadas de revestimento antigo (de baixo para cima no recapeamento), devido à tensão de tração gerada pelo movimento originado nessas trincas. (Bernucci et al., 2008)

As soluções tradicionais de manutenção utilizam grandes quantidades de recursos minerais naturais (Fonseca, 2015), sendo salutar a existência de outras possibilidades para melhorar o desempenho desses revestimentos asfálticos, onde surge

a alternativa do uso de geossintéticos, mais eficiente para evitar a propagação de trincas em novas camadas asfálticas, com aumento da vida útil e menor consumo de recursos naturais. Antunes já apontava que, no Brasil, a utilização de geossintéticos cresceu consideravelmente nos últimos 15 anos. Bem assim Nithin et al., que mostram a existência de estudos sobre o sistema de camadas para aprimorar a performance e a vida útil dos pavimentos, destacando que o uso de geossintéticos exibe-se como uma melhor opção, pela fácil instalação e adaptação a diferentes condições climáticas. (Antunes, 2008 & Nithin et al., 2015)

Nesse contexto, este trabalho pretende apresentar uma análise da propagação de trincas em misturas asfálticas, com o emprego do sistema de camadas, por meio do uso de geossintéticos como reforço, a fim de evitar a reflexão de trincas para a nova camada do sistema.

A proposta desta pesquisa é quantificar o parâmetro de velocidade de trincamento, analisando se existe benefício e qual sua influência para atingir as características almejadas ao se utilizar o reforço em pavimentos carentes de restauração ou reabilitação. As avaliações foram realizadas com base na aplicação da equação do modelo clássico, Lei de Paris, existente na Mecânica das Fraturas. E, ao final, os resultados dos ensaios realizados com trincas induzidas em condições de flexão e de cisalhamento irão demonstrar a influência dos geossintéticos aplicados em novas camadas de pavimentação asfáltica, ao aumentar sua resistência e reduzir o fenômeno de reflexão de trincas, demonstrando que o uso de reforços com geossintéticos aumentou em mais de cinco vezes a resistência do conjunto quando comparado com o corpo de prova (CP) de referência.

2. Materiais e métodos

2.1 Geossintéticos utilizados

Para a realização dos ensaios, foram utilizados quatro tipos diferentes de reforços, três geocompostos, formados por geogrelha combinada com geotêxtil não tecido, e uma geogrelha de poliéster sem recobrimento. Todos os tipos de reforços apresentam características diferenciadas, por exemplo, dimensão da abertura, rigidez ou valor de resistência à tração, como apresentado na Tabela 1. (Obando, 2016)

Além dessas características, é importante ressaltar que so-

Tabela 1. Especificações técnicas dos geossintéticos utilizados

Denominação	Tipo de material	Resistência máxima à tração (kN/m)	Dimensão da abertura (mm)	Principal utilização
G1	Poliéster (PET)	38	36x36	Restauração de pavimentos flexíveis
G2	Polivinílico (PVA)	61	40x40	Restauração de pavimentos rígidos
G3	Poliéster (PET)	55	20x20	Reforço da base de pavimentos
G4	Polivinílico (PVA)	64	36x36	Restauração de pavimentos rígidos e flexíveis

mente o G3 não possui nenhum tipo de recobrimento, existindo somente o protetor polimérico. Para os demais, o recobrimento é feito com ligante betuminoso.

2.2 Corpos de provas elaborados

Foram elaborados 10 CPs com mistura asfáltica para os ensaios de carregamentos cíclicos, sendo eles com ou sem reforço (SR). Como o intuito era representar um pavimento asfáltico recapeado, foram realizadas duas camadas da mistura, que representam o pavimento antigo (inferior) e o revestimento novo (superior). Nos CPs onde era necessária a aplicação do geossintético, foi preciso esperar que a camada um, após a compactação, esfriasse até atingir a temperatura ambiente, para que então fosse colocado o geossintético desejado, aplicado com emulsão asfáltica, para depois começar a compactação da segunda camada.

O estado de deterioração do pavimento foi representado por

uma trinca, feita com uma serra de corte, normalmente utilizada para polir as amostras de concreto, na parte inferior do CP, para que a mesma pudesse se propagar ao longo de toda a altura, após a aplicação do carregamento. Essa trinca induzida possuía as seguintes dimensões: 4 mm de espessura, 45 mm de altura e 16 mm de profundidade. Para cada uma das condições, foi estabelecida uma posição para a indução da trinca, como apresentada abaixo na Figura 1, e explicado a seguir:

Para representar a indução por flexão, foi gerada uma trinca no centro do CP, com altura equivalente a 1/3 da camada inferior. E, para a condição de indução por cisalhamento, a trinca foi produzida na fronteira da placa de aplicação do carregamento.

2.3 Método utilizado para medição das trincas

Ao longo de todo o experimento, foram registrados todos os ensaios com o auxílio de uma câmera profissional digital, aco-

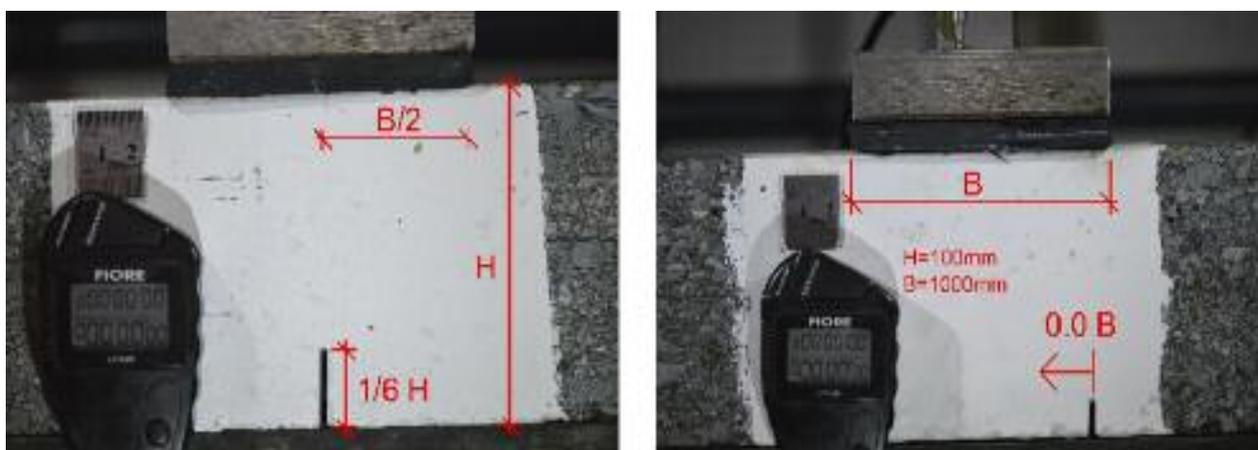


Figura 1: Trincas induzidas nos CPs, onde o primeiro quadro representa a posição de flexão e o segundo a posição de cisalhamento

Análise da propagação de trincas em misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos mediante o processamento digital de imagens

plada na frente do CP a ser ensaiado, com o intuito de permitir uma posterior análise visual da formação e propagação das trincas. Esse registro se realizou por meio de imagens capturadas com um intervalo de 02:30 min entre si, ou seja, 150 ciclos (1 segundo = 1 ciclo).

A face frontal dos CPs foi pintada de branco, com uma tinta à base de água, para possibilitar um melhor acompanhamento da evolução das trincas durante o ensaio. Os critérios usados para determinar o final do ensaio foram: (I) trinca percorrer verticalmente toda face do CP; (II) parcela da face se desprender do restante do CP; e (III) afundamento de 25 mm da superfície do CP. Após, as imagens foram analisadas no software Autodesk AutoCAD e os seguintes parâmetros foram obtidos: altura da trinca principal, área e perímetro. Sendo o último também responsável pela análise da obtenção da velocidade de trincamento característica. E os fatores utilizados para a realização do processamento das imagens são: (I) trincas com área maior ou igual a 0,005 m²; (II) dados utilizados para a montagem do gráfico com diferença de 05 min entre cada imagem. Somente nos ensaios sem geossintéticos que foram contabilizadas todas as imagens.

2.4 Ensaios realizados sobre corpos de prova

Para avaliar o comportamento da reflexão das trincas em mis-

da na base do CP conseguisse refletir para a superfície do CP. (Obando, 2016)

Os ensaios em modelos físicos reduzidos foram realizados em CPs prismáticos (48 cm de comprimento, 20 cm de largura e 10 cm de altura, divididos em duas camadas de 5 cm cada) com trincas induzidas nas condições de flexão e cisalhamento (modo I e II, respectivamente, da mecânica da fratura). Na Tabela 2, são apresentadas algumas especificações dos CPs ensaiados.

2.5 Método utilizado para obtenção da equação geral

Os dados obtidos através do processamento digital das imagens foram catalogados em planilhas no programa Excel, separadas por tipo de ensaio. Os gráficos apresentados na próxima seção foram retirados dessas planilhas, que serviu de base para toda a comparação realizada neste trabalho. Para a obtenção de uma única equação, que seja útil para todos os CPs, os dados das tabelas acima foram introduzidos no software CurveExpert Professional. Nele, os dados são modelados em um único gráfico, a partir de um modelo de regressão linear. E os gráficos e a equação gerados para cada parâmetro serão analisados e expostos também na próxima seção.

Tabela 2. Especificações dos corpos de prova dos ensaios

Condição	Tipo de Amostra	Nomenclatura	Número de ciclos	Fator de Eficiência	Critério de Parada
Flexão	SR	CP 4	10246	1,00	3
	G1	CP 9	16637	1,62	2
	G2	CP 22	15030	1,47	2
	G3	CP 27	13788	1,35	2
	G4	CP 16	17685	1,73	3
Flexão	SR	CP 7	3984	1,00	1
	G1	CP 14	7236	1,82	3
	G2	CP 25	6568	1,65	3
	G3	CP 31	8382	2,07	2
	G4	CP 19	5337	1,34	3

turas asfálticas utilizadas no recapeamento de pavimentos flexíveis, reforçadas ou não com geossintéticos, realizaram-se ensaios em dois momentos: a partir da representação da estrutura do pavimento (modelo físico), e de um ensaio de flexão em viga biapoiada. O autor Jaime retrata que o objetivo do ensaio foi obter o número de ciclos necessários para que uma trinca induzi-

3. Resultados e análise

Para estabelecer a contribuição da presença do material de reforço nos CPs, primeiramente foi analisado o número de ciclos necessários para que o ensaio fosse finalizado sem a presença do geossintético, para que então pudesse ser feita a compara-

ção entre os diferentes tipos de geogrelhas utilizadas por meio de gráficos. Em todos os casos, as trincas se manifestaram da base da camada inferior em direção à nova camada, representando o recapeamento do pavimento, sendo refletida verticalmente até atingir o reforço, no caso dele existir.

O modo como as trincas se comportaram após encontrar o geossintético e a influência dele em relação às características originais é que foram diferentes entre os cinco ensaios realizados. Os resultados obtidos e suas respectivas análises são apresentadas a seguir.

3.1 Condição de flexão

Para avaliar a contribuição estrutural das geogrelhas nos ensaios com reforço, foi calculado um fator de eficiência (F.E.), que é a razão entre o número de ciclos necessário para atingir o afundamento de 25 mm em uma viga reforçada e o número de ciclos para a viga sem reforço. Abaixo, apresenta-se a Figura 2, onde é exibido um gráfico comparativo entre os F.E., mostrados anteriormente na Tabela 2. Em seguida, a Figura 3 mostra a última imagem de cada ensaio e com isso permite uma melhor visualização do critério de parada e da maneira com que cada trinca evolui durante o acréscimo de ciclos.

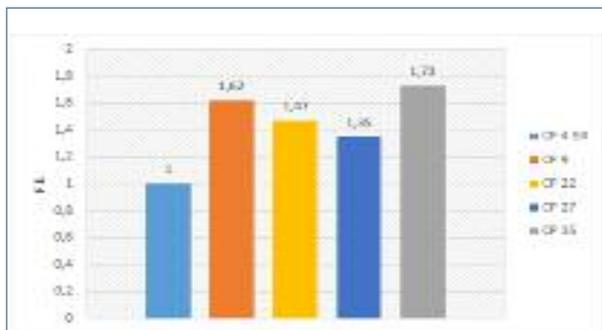


Figura 2: Gráfico comparativo do F.E. entre os CPs no ensaio de flexão



Figura 3: Esquema com a última imagem de cada ensaio de flexão

O primeiro gráfico obtido apresenta a curva, para cada ensaio realizado, correspondente ao número de ciclos versus área trincada, conforme apresentado na Figura 4. É possível observar que tanto para o ensaio sem reforço como para os ensaios reforçados com geossintéticos, a tendência das curvas foi a mesma (tendência linear), exceto no CP 22, em que sua curva apresentou uma ascensão rápida e uma finalização precoce, devido a uma parte do CP que se despreendeu de sua face.

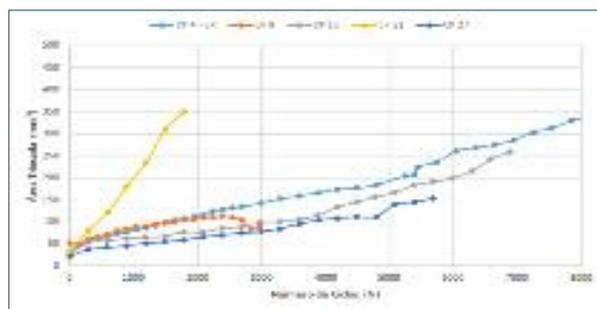


Figura 4: Comparativo entre os ensaios de flexão

É importante notar que os ensaios dos CPs reforçados se encerram antes, porém a explicação dada para esse acontecimento é que, com esse tipo de condição, o geossintético impede que se forme uma única trinca que possa percorrer toda a altura do CP. Ao invés disso, ele força o aparecimento de microfissuras. Associando a Figura 3 e a Figura 4, entende-se porque o CP SR possui maior área, sendo ele o único a possuir uma única trinca bem definida, enquanto os demais contêm várias trincas de tamanhos inferiores.

Para as curvas relativas ao número de ciclos versus altura da trinca principal, apresentado na Figura 5, apesar de possuírem um formato diferente, todos possuem a mesma tendência representando um comportamento linear, seguido por uma ascensão, repetindo o mesmo comportamento até a finalização do ensaio. Com a utilização do reforço, é perceptível a diminuição da altura com o passar dos ciclos.

Análise da propagação de trincas em misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos mediante o processamento digital de imagens

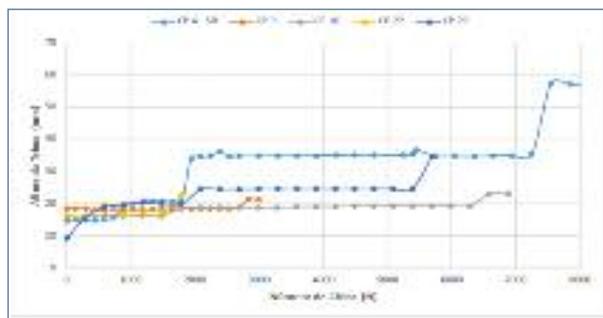


Figura 5: Comparativo entre os ensaios de flexão

Essa ascensão, evidenciada com maior força em alguns casos, é explicada pela junção de duas trincas adjacentes que, ao se tornarem somente uma, denotam uma altura maior para a trinca principal, conforme mostra a Figura 6. Com a observação dessa figura, visualiza-se a marcação da altura (linha vertical vermelha) crescendo abruptamente em apenas um intervalo das imagens.

tético impede que se forme uma única trinca que possa percorrer toda a altura do CP. Ao invés disso, ele força o aparecimento de microfissuras.

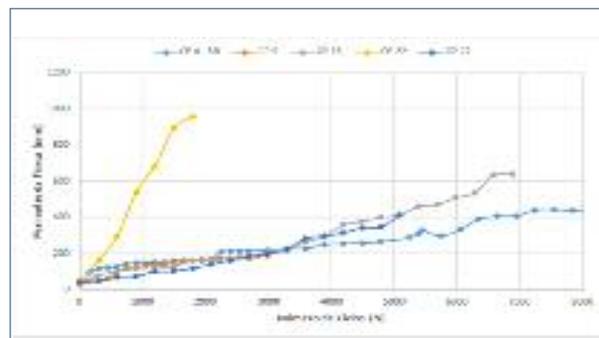


Figura 7: Comparativo entre os ensaios de flexão

3.2 Condição de cisalhamento

Nessa subseção, todos os CPs possuem trincas na condi-



Figura 6: Exemplo da ascensão da altura, antes da junção e após a junção

No último gráfico apresentado para essa condição de ensaio, as curvas são relativas ao número de ciclos versus perímetro total da trinca, de acordo com a Figura 7. E, como nos gráficos anteriores, todas as curvas apresentam tendências similares, exceto o CP 22 que possui comportamento irregular.

Mesmo com esse comportamento diferenciado, a curva proveniente desse ensaio possui uma tendência linear e um R^2 de 98%, mostrando sua confiabilidade, apesar de sair da tendência esperada. Também é importante notar que os ensaios dos CPs reforçados se encerram antes e isso ocorre porque o geossin-

ção de cisalhamento. Assim, como na condição anterior, mostra-se um gráfico comparativo, Figura 8, entre os fatores de eficiência, visando a melhor visualização desse fator. A Figura 9 mostra a última imagem de cada ensaio para a condição de cisalhamento e com isso permite um melhor entendimento das diferenças de propagação e da maneira com que cada trinca evolui durante o acréscimo de ciclos.

O primeiro gráfico obtido sobre a condição de cisalhamento apresenta as curvas referentes ao número de ciclos versus área trincada, segundo a Figura 10. Não é possível ob-

servar em nenhum dos ensaios, tendo ou não a utilização de geossintéticos como reforço, uma mesma tendência para todas das curvas.

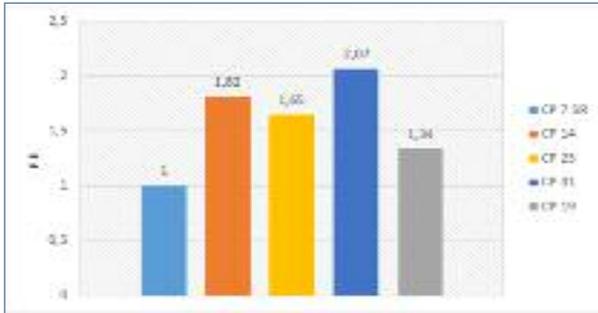


Figura 8: Fator de Eficiência entre os Corpos do Prova no Ensaio de Cisalhamento

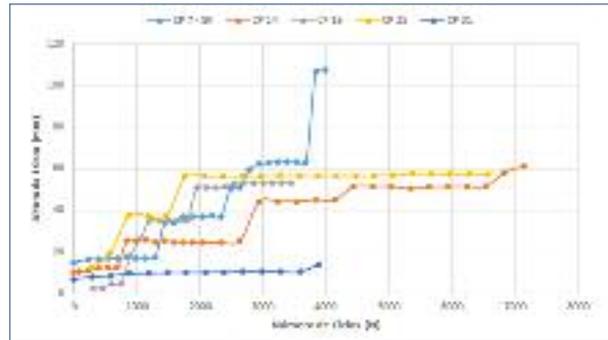


Figura 11: Comparativo entre os ensaios de cisalhamento

No último gráfico apresentado através da Figura 12, as curvas são relativas ao número de ciclos versus perímetro to-

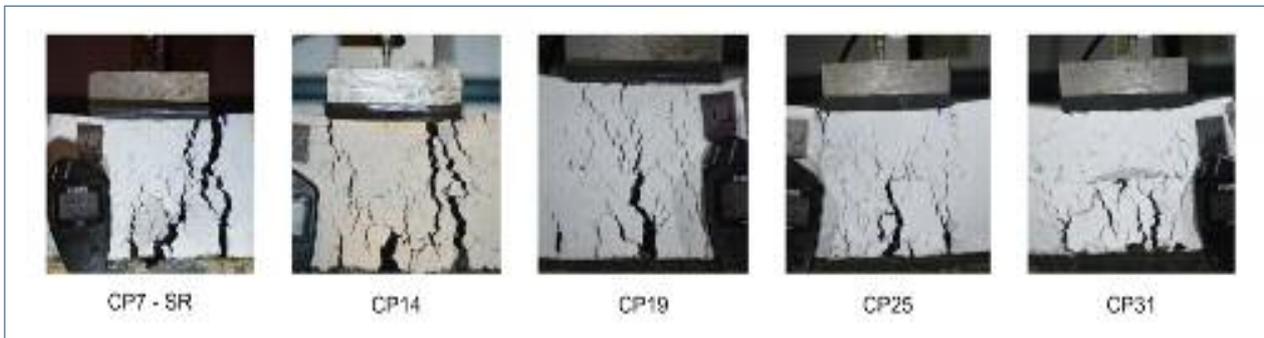


Figura 9: Esquema com a última imagem de cada ensaio de cisalhamento

O gráfico obtido a seguir apresenta as curvas relativas ao número de ciclos versus altura da trinca, conforme a Figura 11. Assim, como o gráfico para as trincas induzidas na condição de flexão, as curvas aqui presentes também possuem um patamar linear seguido por uma ascensão que, como explicado anteriormente, representa a junção de suas trincas adjacentes.

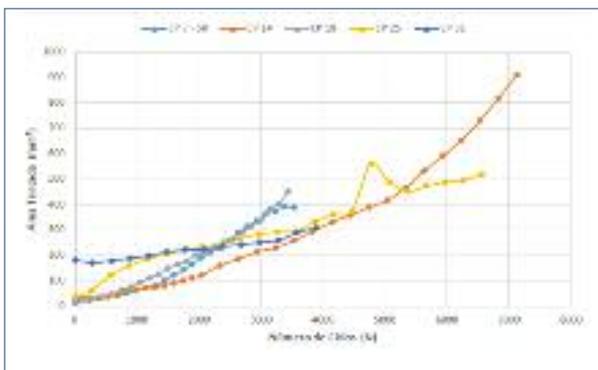


Figura 10: Comparativo entre os ensaios de cisalhamento

tal da trinca. Todas as curvas apresentam tendências similares, diferenciando-se no grau de inclinação das retas, porém com comportamentos lineares semelhantes.

Diferentemente do gráfico apresentado para a outra condição das trincas, este ensaio possui dois CPs com perímetros superiores ao do CP de referência, mostrando que suportaram mais ciclos antes da finalização do ensaio.

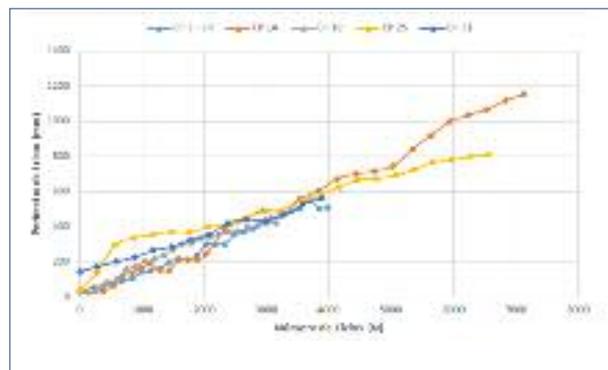


Figura 12: Comparativo entre os ensaios de cisalhamento

Análise da propagação de trincas em misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos mediante o processamento digital de imagens

3.3 Velocidade de trincamento

Para calcular a velocidade de trincamento, foi utilizado o programa CurveExpert Professional, para obtenção de uma equação com regressão linear a partir dos dados obtidos em cada ensaio.

Por ser uma regressão linear, todas as equações são de primeira ordem, na forma $y = a + b \cdot x$. O parâmetro que indica a velocidade de trincamento é aquele denotado pelo coeficiente b .

De maneira geral, observou-se que a trinca induzida por cisalhamento fornece uma condição mais agressiva quanto à sua propagação em todos os corpos de prova. Isto é comprovado por possuir uma velocidade maior que a apresentada no ensaio em condição de flexão. Na Tabela 3, as velocidades de trincamento encontradas foram normalizadas com o intuito de medir a influência da utilização dos geossintéticos na camada de interface do recapeamento de revestimentos asfálticos.

ensaio para que possa ser feita a comparação da velocidade com os demais ensaios. Em virtude desse fato, na sequência é exibido um comparativo entre as velocidades normalizadas dos ensaios restantes, de acordo com a Figura 13.

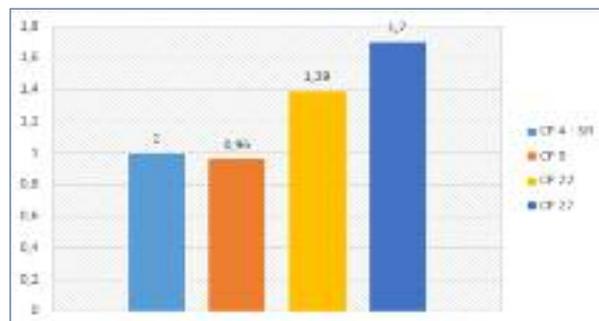


Figura 13: Comparativo entre as velocidades normalizadas na condição de flexão

Após, na Figura 14, é apresentado o gráfico comparativo entre as velocidades normalizadas no ensaio com as trincas induzidas em condição de cisalhamento. Os ensaios seguem

Tabela 3. Dados da velocidade de trincamento na condição de flexão

Condição	Tipo de Amostra	Nomenclatura	Velocidade de trincamento, b (mm/ciclo 10^{-2})	R^2 (%)	Velocidade normalizada
Flexão	SR	CP 4	$4,93 \times 10^{-2}$	97,1	1,00
	G1	CP 9	$4,75 \times 10^{-2}$	89,2	0,96
	G2	CP 22	$5,50 \times 10^{-1}$	98,8	11,16
	G3	CP 27	$6,84 \times 10^{-2}$	97,5	1,39
	G4	CP 16	$8,37 \times 10^{-2}$	96,0	1,70
Flexão	SR	CP 1	$1,35 \times 10^{-1}$	98,6	1,00
	G1	CP 14	$1,65 \times 10^{-1}$	99,1	1,22
	G2	CP 25	$9,13 \times 10^{-2}$	98,7	0,68
	G3	CP 31	$1,08 \times 10^{-1}$	99,2	0,80
	G4	CP 19	$1,31 \times 10^{-1}$	96,7	0,97

Para as trincas induzidas na condição de flexão, percebe-se que os valores de velocidade normalizada foram superiores aos valores do corpo de prova de referência, exceto no CP 9, e isso ocorre pelo fato de que, nos outros ensaios, o surgimento das microfissuras aconteceu de maneira mais acelerada.

Já no ensaio do CP 22, devido à grande parcela da face que se desprende do CP e às trincas causadas pelo punção da placa de aplicação de força, a velocidade foi muito superior que a esperada, sendo necessário descartar esse

o padrão esperado, onde as velocidades normalizadas exibem uma velocidade menor que a do corpo de prova de referência, com exceção do CP 14, e, portanto, comprovam a eficácia dos geossintéticos, mesmo sendo a condição mais desfavorável.

4. Conclusão

Os resultados do presente trabalho demonstram que o uso de geossintéticos, na recuperação de misturas asfálticas,

realmente aumenta a eficiência na contenção da propagação de trincas, quando em comparação com os atuais métodos aplicados na manutenção das rodovias no Brasil.

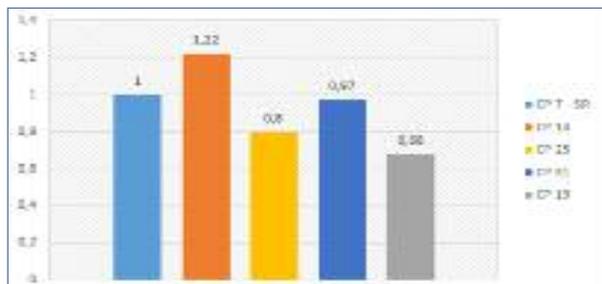


Figura 14: Comparativo entre as velocidades normalizadas na condição de cisalhamento

Apesar do pouco tempo de utilização de reforço na interface intermediária, a aplicação vem crescendo consideravelmente com o passar dos anos, o que, em conjunto com o resultado de pesquisas e ensaios, consoante os aqui demonstrados, permite-se inferir:

- Sua utilização não impede a reflexão de trincas, porém ocasiona o aparecimento de microfissuras ao invés de contribuir efetivamente no aumento da trinca já existente, na maioria dos casos;

- Para as trincas induzidas na condição de flexão, os ensaios com CPs reforçados apresentam desempenhos positivos (melhor desempenho em relação ao F.E. – G4). Levando-se em conta os três parâmetros estudados, os elementos reforçados também se mostraram eficientes. E, quando se trata da velocidade de trincamento, o geossintético com melhor eficiência é o G1 (redução de 4%), enquanto os outros reforços aparecem com valores semelhantes ao CP de referência;

- Para as trincas induzidas na condição de cisalhamento, os reforços tiveram desempenhos extremamente positivos quando comparados ao CP sem reforço, com eficiências variando de 34% a 107% (melhor desempenho – G3). No parâmetro de perímetro é perceptível o aparecimento de microfissuras, fazendo com que seu valor fosse superior ao do espécime de comparação. Na velocidade de trincamento, assim como ocorrido na condição de flexão, a utilização do reforço ocasiona uma velocidade de trincamento inferior àquela do corpo de prova sem nenhuma forma de reforço (G4 – redução de 32%);

- Por fim, cabe ressaltar que a fadiga se apresenta como um dos fatores mais importantes deste estudo, uma vez que

um determinado geossintético, que tenha mostrado melhores resultados nos três parâmetros estudados (área, altura e perímetro), nem sempre conseguirá manter esse bom desempenho quando observado o F.E., fator que também depende do número de ciclos.

5. Referências bibliográficas

- [1] Akishino, J. 2008. Conservação rodoviária. Programa de Integração e Capacitação aos Engenheiros e Técnicos, DER/PR: 34 p.
- [2] Antunes, L. 2008. Reforço de Pavimentos Rodoviários com Geossintéticos. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília: 158 p.
- [3] Bernucci, L., de Motta, L., Ceratti, J., & Soares, J. 2008. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. PETROBRAS e ADEBA: 504 p.
- [4] CNT – Conselho Nacional de Transporte. 2015. Pesquisa de rodovias 2015: relatório gerencial. CNT, SEST, SENAT. 421 p.:
- [5] Correa, V. & Ramos, P. 2010. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 48, n° 2: 447-472.
- [6] DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte. 2006. Manual de Restauração de pavimentos asfálticos. 2ª ed.: 310 p.
- [7] Fallah, S., & Khodaii, A. 2015. Evaluation of parameters affecting reflection cracking in geogrid-reinforced overlay. Journal of Central South University, vol. 22, n° 3: 1016-1025.
- [8] Fonseca, L. 2015. Avaliação em laboratório do comportamento de camadas asfálticas reforçadas com geossintéticos. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais: 162 p.
- [9] Nithin, S., Rajagopal, K., & Veeraragavan, A. 2015. State-of-the Art Summary of Geosynthetic Interlayer Systems for Retarding the Reflective Cracking. Indian Geotech Journal, vol. 45, n° 4: 472-487.
- [10] Obando J. 2016. Desempenho de misturas asfálticas reforçadas com geossintéticos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília: 175 p.



CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en cepsa.com/asfaltos



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.