



44ª RAPv | **18º ENACOR**
44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO | 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

4ª ExpoPavimentação

Os caminhos da integração.

O maior evento rodoviário do País.

Hotel Bourbon . Foz do Iguaçu . PR
18 a 21 de agosto de 2015

**44ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO
E
18º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO
RODOVIÁRIA
ISSN 1807-5568 RAPv
Foz do Iguaçu, PR – de 18 a 21 de Agosto de 2015**

**RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO DA RODOVIA MG-424 COM
GEOGRELHA DE POLIÉSTER.**

Cássio Alberto Teoro do Carmo¹; Guillermo Montestruque²

RESUMO

Tem-se observado no meio rodoviário a preocupação entre os projetistas sobre a necessidade da correta avaliação da contribuição estrutural dos diferentes materiais que compõem um pavimento. A contribuição dos materiais tradicionalmente usados na pavimentação foi avaliada na pista experimental da AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). No Brasil o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) desenvolveu um método de dimensionamento de pavimentos que exprime esta contribuição através de coeficientes estruturais.

No entanto, atualmente a principal preocupação é quanto à vida de serviço da camada asfáltica, que sofre com os mecanismos de deterioração atuantes nas rodovias brasileiras, que são o trincamento por fadiga e as deformações plásticas.

As geogrelhas de poliéster revestidas com material betuminoso têm a finalidade de reforçar as novas camadas betuminosas de maneira tal que aumente sua resistência à tração e,

portanto, melhore a resposta das capas asfálticas a tensões de tração de longa duração; e fornecer uma componente elástica que melhore as distribuições de tensões a fim de inibir a propagação de trincas, aumentando assim sua vida de serviço quanto a trincamentos por fadiga.

O presente trabalho descreve a aplicação da geogrelha Hatelit C 40/14, na rodovia MG-424, no trecho entre o entroncamento da MG-010 (Belo Horizonte) e o entroncamento da LMG-800 (Pedro Leopoldo).

PALAVRAS-CHAVES: Geogrelha, Pavimento Rígido, Restauração, Recapeamento.

ABSTRACT

It has been noted in the road amid concern among designers about the need for proper evaluation of the structural contribution of the different materials that make up a pavement. The contribution of materials traditionally used in the paving was evaluated in experimental track AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). In Brazil DNIT (National Department of Transport Infrastructure) developed a design method of flooring that expresses this contribution through structural coefficients.

However, currently the main concern is for the service life of the asphalt layer, which suffers from the deterioration mechanisms acting on Brazilian highways, which are the fatigue cracking and plastic deformation.

The polyester coated with bituminous material geogrids are intended to further reinforce bituminous layers so as to increase its tensile strength and thus improves the response of asphalt covers the long-term tensile stress; and provide an elastic component that improves the stress distribution in order to inhibit the propagation of cracks, thereby increasing its service life due to fatigue as trincamentos.

This paper describes the application of geogrid Hatelit C 40/14, the MG-424 highway, in the stretch between the junction of MG-010 (Belo Horizonte) and the junction of the LMG-800 (Pedro Leopoldo).

KEY WORD: Geogrid, Rigid pavement, Rehabilitation, Resurfacing

¹Huesker Ltda., São José dos Campos, SP; Doutorando em Engenharia Civil-UFV – e-mail: cassio@huesker.com.br

²UNIVAP, São José dos Campos, SP – e-mail: montestruque@infratrans.com.br

INTRODUÇÃO

A estrutura de um pavimento está sujeita a dois tipos de solicitações mecânicas: as cargas de tráfego e as de origem térmica. A distribuição de tensões na estrutura do pavimento é o resultado de uma combinação de fatores ambientais, solicitações provenientes do tráfego (carregamento) e principalmente das propriedades dos materiais que compõem a estrutura do pavimento. A ação combinada destes fatores levam os revestimentos a se degradarem. Uma vez que a primeira fissura surja, ela aumenta em extensão, severidade e intensidade, levando, eventualmente, à desagregação do revestimento. Por meio desses efeitos, a velocidade de deterioração do revestimento do pavimento é acelerada principalmente após a formação do trincamento.

O fenômeno de reflexão de trincas em um pavimento é definido pelo reaparecimento na superfície de uma trinca ou junta de pavimento antigo (Figura 14), pelo efeito do tráfego e pelas variações climáticas (Montestruque, 2002 e Carmo, 2014). Este fenômeno é um dos problemas mais sérios de deterioração de pavimentos restaurados em todo o mundo, merecendo um cuidado especial nos projetos. Diversas são as tentativas para solucionar ou minimizar o complexo problema de reflexão das trincas: que vão desde a simples adoção de grandes espessuras de concreto asfáltico, até a interposição de capas intermediárias especiais denominadas como SART (Sistemas Anti-Reflexão de Trincas).

Com o desenvolvimento dos geossintéticos, as geogrelhas, em especial, têm sido aplicadas com sucesso como SART no reforço de revestimentos asfálticos novos e restaurados (recapeados). As geogrelhas de poliéster (PET) ou poliálcool vinílico (PVA) proporcionam uma alta resistência à tração dentro da capa asfáltica, complementando as propriedades mecânicas da mistura asfáltica. O controle da reflexão de trincas no pavimento é fundamental para o bom desempenho funcional e estrutural, assim como para a eficiência econômica da restauração do pavimento.

Executar a recuperação de um pavimento quando a deterioração estrutural está muito avançada tende a ser menos eficaz, em termos de custos no ciclo de vida, do que recapear-se o pavimento. Mesmo antes desse momento, a aplicação de uma camada de reforço com geogrelha pode vir a ser mais eficaz que a recuperação em vista da capacidade da camada de reforço reduzir as deflexões e retardar a deterioração da placa. Em geral, contudo, devido a restrições orçamentárias, a recuperação é utilizada até depois do momento em que é capaz de estender a vida do pavimento. Quanto maior o atraso, menor a probabilidade de que a recuperação possa competir com o recapeamento em desempenho e em custo-eficácia.

As alternativas à reconstrução de um pavimento rígido, que é uma medida de custos elevados, são: (1) Recapeamento em C.C.P (concreto de cimento portland), aderido ou não; (2) Reciclagem do pavimento existente; (3) Recapeamento em concreto asfáltico.

A última alternativa é a de menor custo inicial e a que vem sendo mais utilizada, apesar de apresentar-se o fenômeno da reflexão de trincas, ou seja, o reaparecimento na superfície da camada de recapeamento das trincas ou juntas existentes do pavimento antigo, sob o efeito do tráfego e/ou das variações climáticas, as trincas existentes se movimentam e transferem estes movimentos ou criam concentrações de tensões delas provenientes à camada superior, que por um processo de ciclos de carga e descarga inicia ali trincas que crescem rapidamente em direção à superfície.

Este potencial de reflexão da trinca existente pode ser quantificado com a utilização do equipamento “Crack Activity Meter” que permite efetuar a medição dos movimentos verticais e horizontais entre as paredes das trincas (Figura 1).

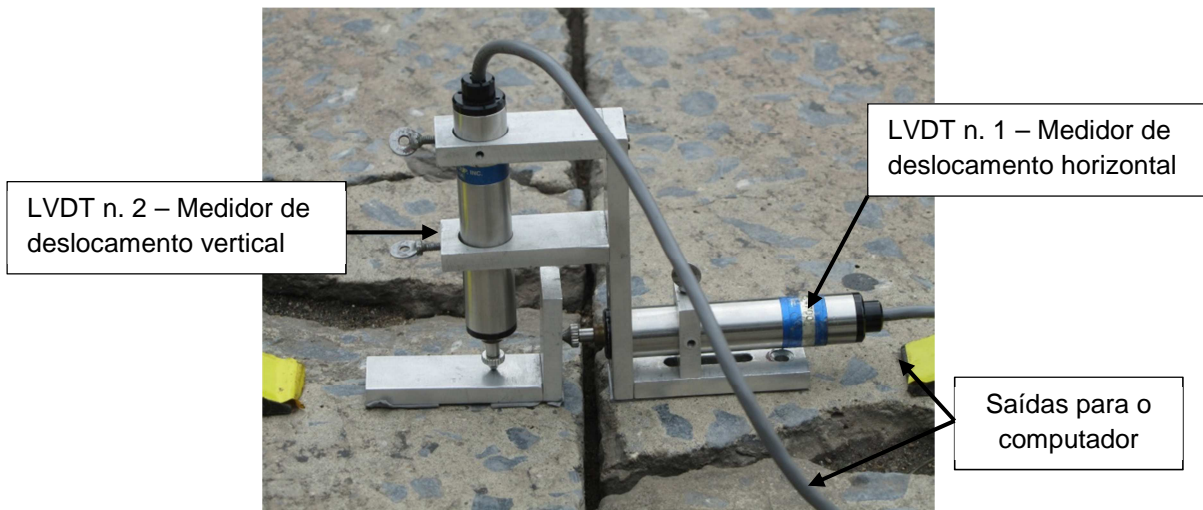


Figura 1 – Medidor de deslocamento “Crack Activity Meter” (CAM).

A movimentação entre as paredes das juntas/trincas é um fator determinante na escolha da camada intermediária especial a ser utilizada, no caso de se optar por um sistema anti-reflexão de trincas. Torna-se um dado muito importante no sentido de conhecer previamente o potencial de reflexão das trincas.

Ante a passagem de uma carga de roda em movimento dois carregamentos críticos são indicados na Figura 2: a posição de flexão (onde a trinca é forçada a crescer em vista das deformações de tração, normais ao plano da trinca e em movimento de abertura, Modo I) e a posição cisalhante (onde a trinca é forçada a crescer por movimentação em seu próprio plano, decorrente de deformações cisalhantes, Modo II). A “posição cisalhante” ocorre duas vezes a cada passagem da carga de roda (Figura 2.a e 2.c), enquanto que a “posição de flexão” ocorre apenas uma vez (Figura 2.b).

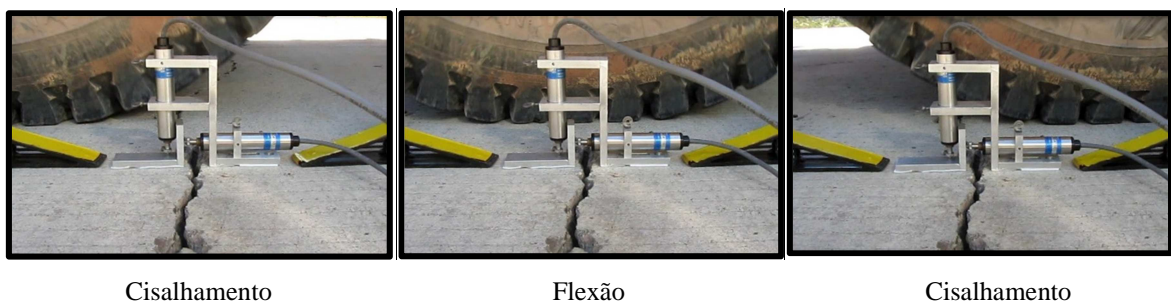


Figura 2 - Solicitações críticas na extremidade da trinca.

O “Crack Activity Meter” (CAM) é um equipamento desenvolvido pelo Instituto Nacional de Transportes da África do Sul, permite medir os movimentos diferenciais entre as paredes da trinca originada pela passagem de uma carga de roda através de dois medidores de deslocamento resistivo do tipo LVDT’s (“Linear Variable Differential Transformers”). O primeiro LVDT na posição horizontal mede o incremento na abertura da trinca ou junta durante a passagem de uma carga de roda à flexão e o segundo LVDT o movimento vertical relativo entre as paredes de um trinca em cisalhamento.

O movimento vertical relativo entre as paredes de uma trinca é um importante parâmetro que serve para caracterizar a condição das placas de concreto no contexto de avaliar à

transferência de carga, seja através das barras de transferência entre as juntas ou através do agregado caso a placa esteja trincada. O equipamento pode ser utilizado para detectar qual placa deve ser removido, exemplo de esta condição é apresentado na Figura 4 e o de registro dos sinais são apresentados nas Figuras 5 e 6.

RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO DA MG-424

A rodovia MG-424 tem seu início no entroncamento com a rodovia MG-010, na cidade de Vespasiano, na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais.

O pavimento inicial da rodovia MG-424 era constituído por um pavimento rígido (Concreto de Cimento Portland). Ao longo dos anos recebeu uma camada de concreto asfáltico, conforme Figura 3.



Figura 3 – Vista do pavimento da MG-424 antes da restauração.

Conforme pode ser observado na Figura 3, as juntas do pavimento rígido se encontravam refletidas através de uma camada asfáltica de recapeamento executada anteriormente, o que é natural e esperado em vista das movimentações horizontais e de empenamento de caráter térmico da placa de CCP. A relação entre os comprimentos longitudinais e transversais das placas de CCP não foram suficientes para minimizar os movimentos de empenamento térmico das placas. Desta forma, espera-se que estes movimentos sejam particularmente intensos neste pavimento, acelerando a reflexão térmica das juntas, na camada asfáltica. Este mecanismo foi responsável pela reflexão rápida das juntas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Medições de deslocamento com o Crack Activity Meter.

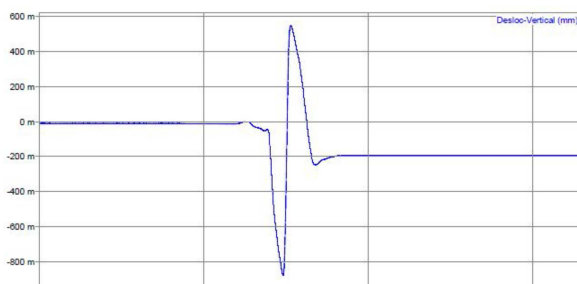
Para verificar a eficiência da geogrelha na restauração do pavimento da MG-424 foi feita uma avaliação das condições de transferência de carga através da junta e dos agregados com o “Crack Activity Meter” (Figura 1).

São apresentados a seguir os resultados de algumas medições mais relevantes e suas interpretações.

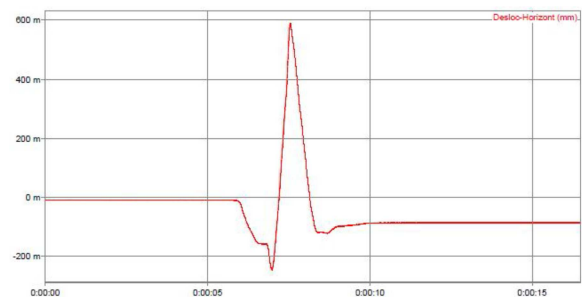
As condições de deslocamento vertical e horizontal na estaca 163 eram bastante elevadas, conforme pode ser observado nas Figura 5, a condição do pavimento em questão na Figura 4.



Figura 4 – Condição da placa na estaca 163.



Estaca 163: Deslocamento vertical entre as paredes da trinca: 1,57mm.



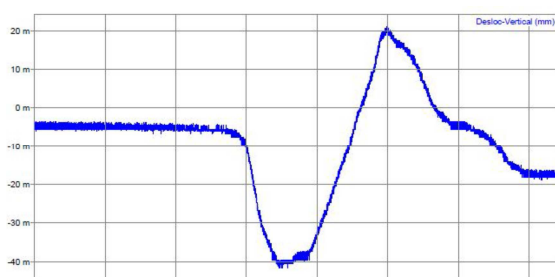
Estaca 163: Deslocamento horizontal entre as paredes da trinca: 0,919mm.

Figura 5 – Deslocamentos verticais e horizontais – Estaca 163

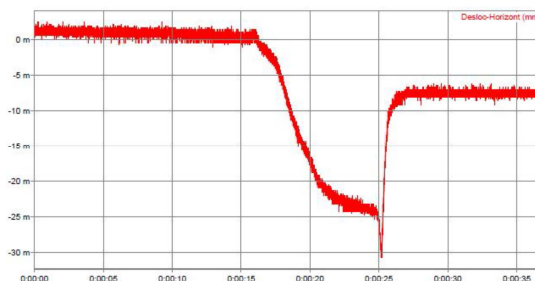
Por outro lado na estaca 147 pode se observar que os deslocamentos verticais e horizontais são de magnitudes baixas (Figura 6 e 7)



Figura 6 – Trinca longitudinal da placa na Estaca 147.



Estaca 147: Deslocamento vertical entre as paredes da trinca: 0,068mm.

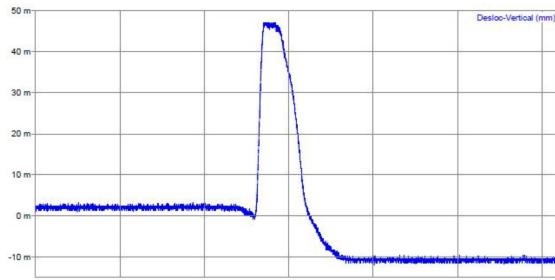


Estaca 147: Deslocamento horizontal entre as paredes da trinca: 0,036mm.

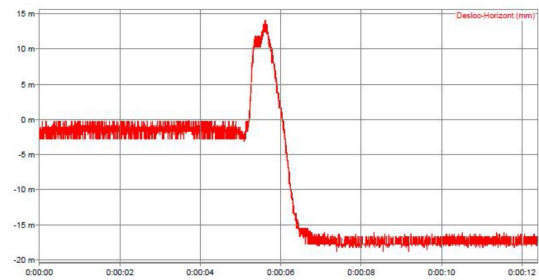
Figura 7 – Deslocamentos verticais e horizontais – Estaca 147



Figura 9 – Junta transversal da placa na Estaca 160.



Estaca 160: Deslocamento vertical entre as paredes da trinca: 0,063mm.



Estaca 160: Deslocamento horizontal entre as paredes da trinca: 0,035mm.

Figura 10 – Deslocamentos verticais e horizontais – Estaca 160

Após o levantamento dos deslocamentos verticais e horizontais com o Crack Activity Meter, foi verificada a eficiência da alternativa de restauração com a geogelha de poliéster.

O parâmetro conhecido como LTE (“Load Transference Efficiency”) é fundamental na escolha da alternativa de restauração. A obtenção deste parâmetro pode ser obtida segundo o FHWA/TX-07/ 0-5123-2, 2006 e pelo Instituto de Asfalto (USA) através da posição dos sensores conforme apresentado na Figura 11. Os critérios da condição do pavimento segundo ambos os Institutos são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Para juntas com LTE menores que 0,60 a substituição da placa é recomendada, ou antes, de colocar a camada asfáltica de recapeamento deve se encontrar uma melhoria através de novas barras de transferência ou melhorar a condição de suporte, a injeção de nata de cimento pode citar como exemplo. O Instituto de Asfalto (USA) recomenda medidas a serem tomadas previas à aplicação da camada de recapeamento, a Tabela 2 sintetiza estes tratamentos.

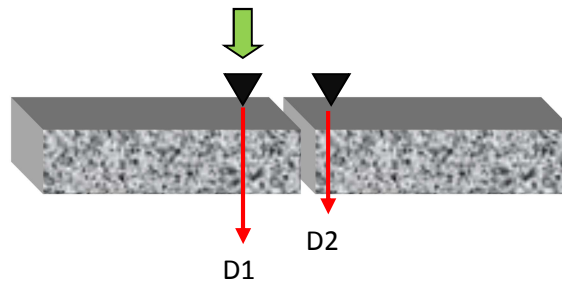


Figura 11 - Posição dos sensores para obtenção do LTE (Asphalt Institute).

$$LTE = \frac{D_2}{D_1} \tag{1}$$

Onde:

LTE = Eficiência na transferência de carga;

D1 = Deflexão no ponto de aplicação da carga;

D2 = Deflexão medida na placa adjacente.

Tabela 1. Avaliação da transferência de carga (FHWA, 2006)

Transferência de Carga	LTE (%)
Boa	> 80
Moderado	60 – 80
Pobre	< 60

Tabela 2. Avaliação do LTE e tratamento segundo o Instituto de Asfalto (USA).

Deflexão	Categoria LTE	Tratamento
> 0,75	Adequada	Selagem, Recapeamento
0,60 – 0,75	Bom	Camada de alívio de tensões
< 0,60	Pobre / Ruim	Quebra das placas / reconstrução

Neste contexto, os resultados das avaliações de transferência de carga realizadas com Crack Activity Meter nas trincas e juntas indicam que na maioria das juntas/trincas das placas avaliadas apresentam um elevado suporte e uma boa transferência de carga entre as juntas e paredes das trincas existentes, segundo a classificação do Instituto de Asfalto (USA) a categoria enquadra-se entre Moderado e Adequado.

Pode-se citar como exemplo, que a placa apresentada na Figura 10 (Est. 160) que apresentam em alguns pontos de irregularidade elevada, com degraus nas juntas e trincamento no terceiro estágio (placas quebradas em três ou mais partes com trincas interconectadas). Este tipo de placa em particular seria condenadas a uma remoção, com tudo, a movimentação vertical entre as paredes da trinca é baixa da ordem de 0,063 mm e movimentação horizontal de abertura da ordem de 0,035mm o que indica um baixo potencial de reflexão, este nível de deslocamento pode ser atribuído ao tráfego pesado que circulasse na rodovia, que com repetição dessas cargas, reassento ao longo do tempo os pedaços da placa na camada da base do pavimento, implicando um baixo potencial de propagação da trinca existente para a na nova camada asfáltica de recapeamento.

De forma isolada algumas placas apresentam elevados movimentos verticais como o apresentado na Figura 5 (Est. 163) mais não condena o trecho da rodovia em estudo. Ante a presença destes níveis de deslocamentos verticais as placas deverão ser removidas ou

reassentadas in loco através de rolo pesado, previamente deverão ser corrigidas deficiências de drenagem.

Os deslocamentos horizontais não são significativos em todo o trecho, indicaram uma boa transferência de carga através do agregado. Essa conclusão foi obtida pelos baixos deslocamentos verticais medidos entre as paredes das juntas e fissuras mais importantes.

Especificação da geogrelha de poliéster de alta tenacidade

Na restauração da Rodovia MG-424 foi utilizada a geogrelha de poliéster tipo Hatelit C 40/17, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Especificações técnicas da geogrelha utilizada nos projetos apresentados.

Tipo de produto e matéria-prima	Geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade combinada com um não-tecido ultraleve de polipropileno
Recobrimento	Betuminoso
Nome comercial	Hatelit C 40/17
Abertura da malha	40 mm x 40 mm
Resistência à tração (Long./ Transv.) <ul style="list-style-type: none"> • Nominal • a 3% de deformação 	50 kN/m / 50 kN/m 12 kN/m / 12 kN/m
Deformação na resistência nominal (Long./ Transv.)	12% / 12%
Rigidez equivalente de aderência ao arrancamento - C eq,rf	9 N/mm/mm
Eficiência ao Comportamento a fadiga	100%
Resistencia à temperatura do asfalto <ul style="list-style-type: none"> • Ponto de fusão 	250°C

ETAPAS CONSTRUTIVAS

O processo construtivo previu uma fresagem da superfície do pavimento (Figura 12) para a retirada da camada asfáltica existente e em seguida foi executado uma camada asfáltica com 4,0 cm de espessura com a função de regularização da superfície (Figura 13).

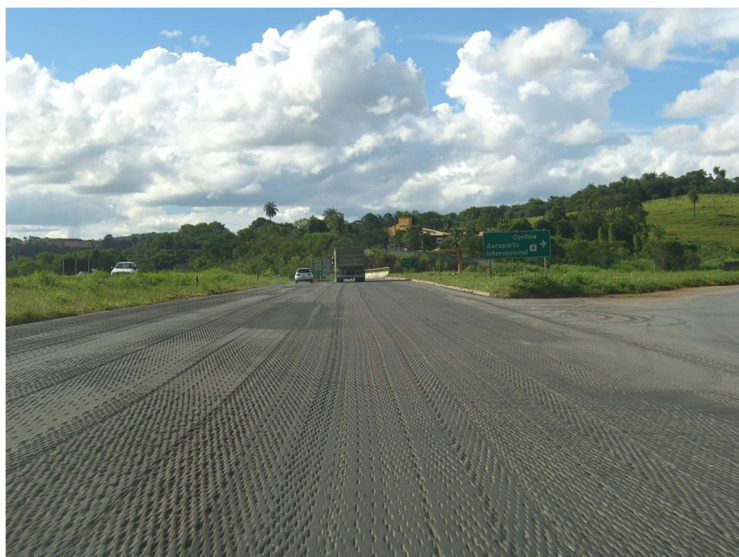


Figura 12 - Vista da rodovia MG-424 após fresagem da camada asfáltica existente.



Figura 13 – Execução da camada de regularização na rodovia MG-424.

Após alguns dias da execução da primeira camada asfáltica, com espessura de 4,0cm observou-se algumas trincas nesta camada asfáltica (Figura 14), provenientes da junta de dilatação do pavimento rígido, o que embasou a importância da utilização da geogrelhas de poliéster, tipo Hatelit C 40/17, como camada inibidora da propagação desta trinca e também como reforço da nova camada asfáltica a ser executada com 5,0cm de espessura.



Figura 14 – Surgimento da trinca / junta proveniente a placa de concreto de cimento Porthand.

As geogrelhas para reforço de camada asfáltica (Tabela 3) devem ser instaladas sempre entre duas camadas de materiais betuminosos, camada antiga e nova camada asfáltica (recapeamento), e sempre sobre pintura de ligação com emulsão asfáltica. Neste caso, como a camada asfáltica antiga foi fresada, torna-se necessário a execução da camada de regularização (figura 13).

A superfície a ser coberta deve ser preparada de modo a garantir a boa aderência entre as camadas subsequentes de asfalto. A superfície deve estar seca e limpa.

Imprimação

A superfície preparada para receber a geogrelha foi impregnada com emulsão asfáltica tipo RR-1C, com uma taxa mínima de 0,5kg/m² de asfalto residual. Em situações particulares onde a superfícies estavam com uma rugosidade elevada ou muito danificadas este valor foi aumentado em 0,1kg/m².

A emulsão deve ser aplicada (Figura 15) e levada à ruptura (evaporação da água, o que se verifica pela mudança da cor de marrom para preto) antes da aplicação da geogrelha e da camada de asfalto subsequente.



Figura 15 – Imprimação da superfície do pavimento

Instalação

Após a ruptura da emulsão asfáltica o Hatelit C 40/17 foi instalado em toda a superfície do pavimento da pista norte da MG-424, conforme Figura 16.

A geogrelha foi desenrolada, diretamente no local a ser posicionado (Figura 8), sem dobras ou rugas.



Figura 16 – Instalação do Hatelit C 40/17.



Figura 17 – Vista do Hatelit C 40/17 instalado.

Execução da camada asfáltica

Para a execução da camada de asfalto foram seguidos os procedimentos usuais de pavimentação.

Sobre o Hatelit C 40/17 foi executada uma camada asfáltica, faixa “C” do DNIT, com 5,0cm de espessura.

As máquinas necessárias na execução da camada asfáltica devem movimentar-se com cuidado sobre a geogrelha, para evitar deslocamento da geogrelha.



Figura 18 – Vista do Hatelit C 40/17 instalado e a execução da camada asfáltica (CBUQ).



Figura 19 – Acabadora movimentando-se sobre o Hatelit C 40/17

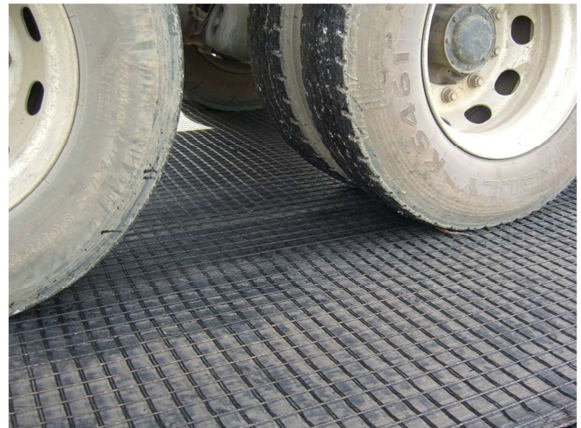


Figura 20 – Acabadora movimentando-se sobre o Hatelit C 40/17

Compactação

A compactação do asfalto reforçado deve seguir o procedimento usual.



Figura 21 – Compactação da camada asfáltica.

CONCLUSÃO

A restauração ou execução de um pavimento através do sistema de reforço com geogrelhas de poliéster com recobrimento asfáltico seguem, basicamente, os procedimentos normais de um trabalho de pavimentação convencional. A única atividade adicional com relação ao recapeamento simples é desenrolar a bobina da geogrelha (não requer mão-de-obra especializada). A facilidade de instalação garante a minimização de riscos de mau funcionamento por problemas construtivos.

Os resultados mostraram o excelente desempenho da geogrelha Hatelit C 40/17 como sistema anti-reflexão de trincas (SART). A geogrelha bloqueou a propagação das trincas provenientes das camadas subjacentes.

O uso da geogrelha Hatelit C 40/17 permitiu reduções significativas no número de intervenções de manutenção dos projetos em estudo.



Figura 22 – Vista da rodovia MG-424 após restauração (Set./2014).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DER-MG em nome do Eng. Gilmar Scarpone Salem e ao Eng. Marco Túlio de Carvalho da empresa TORC - Terraplenagem, Obras Rodoviárias e Construções Ltda.

BIBLIOGRAFIA

- BUHLER, A. (2007). Estudo do efeito de grelhas de reforço na restauração de pavimentos. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Tese de Doutorado. 322p.
- CARMO, C.A.T. ; RUIZ, E.F. ; MONTESTRUQUE, G. (2014). Restauração de Pavimentos Aeroportuários Sulamericano com geogrelha de poliéster. 43^a Reunião Anual de Pavimentação (RAPv) e 17^o Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR). Maceió, AL. Anais.
- CARMO, C.A.T. ; BIASOTTO, L.V. ; MONTEZ, F.T. (2001). Uso de geogrelha de poliéster na reabilitação de pavimentos – A Experiencia Brasileira na Rodovia SP-310. VI Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR). Brasília, DF. Anais
- FHWA/TX-07/0-5123-2. (2006). Guidelines for Evaluation of Existing Pavements for HMA Overlay.
- GOACOLOU, H., MARCHAND, J.P. (1982). Fissuration dès couches de roulement. 5^{ème} Conférence Internationale Sur les Chaussées Bitumineuses. Delf.

- LUTHER, M. S., MAJIDZADEH, K., CHANG, C.W. (1976). Mechanistic Investigation of Reflection Cracking of Asphalt Overlay. TRB, Transp. Research Record 572, Washington DC., pp 111 - 122.
- MONTESTRUQUE V. G. E., Rodrigues R. M. (1999). Avaliação Do Desempenho Em Laboratório De Geotêxtil Como Camada Anti-Reflexão De Trincas. 100 Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España.
- MONTESTRUQUE, G. (2002). Contribuição para a Elaboração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-reflexão de Trincas. Tese do Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).