

9º ENACOR – Encontro Nacional de Conservação Rodoviária

Natal - RN

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM TRECHO EXPERIMENTAL COM SISTEMA ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS

Luis Eduardo Paiva Severo¹; Paulo Ruwer¹; Rui Juarez Klein¹; Fernando Pugliero Gonçalves²

Apresenta-se a construção de um trecho experimental que contempla a restauração de pavimentos com sistemas anti-reflexão de trincas (SART). Duas grelhas distintas estão sendo testadas, uma grelha de poliéster (geogrelha) e outra grelha de fibra de vidro. Foram construídas também, seções de referência para a comparação de desempenho entre as diferentes soluções através de recapeamento simples. Esta iniciativa foi viabilizada através da assinatura de um protocolo de pesquisa entre o Consórcio Univias, Universidade de Passo Fundo, Huesker Ltda e 6D Solutions. São apresentadas as etapas de planejamento do experimento, objetivos almejados, premissas consideradas e detalhes da construção do trecho.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas anti-reflexão de trincas, restauração de pavimentos

¹ – Consórcio Univias: Av. Amazonas, 576 CEP 90240-541 – Porto Alegre/RS, Fone: 51 3326 2626 – ruiklein.eng@univias.com.br

² – Universidade de Passo Fundo: Campus I, Bairro São José – Passo Fundo/RS, Fone: 51 3212 5927 – pugliero@upf.br

1. Introdução

O Consórcio Unvias possui sob sua administração aproximadamente 1.000 quilômetros de rodovias em diferentes locais do estado do Rio Grande do Sul. Toda a extensão é constituída por pavimentos flexíveis nas mais variadas condições, idade e configurações de materiais e camadas. A restauração destes pavimentos torna-se um aspecto crucial na viabilidade da concessão. Desta forma, têm-se como um interesse primordial por parte da concessionária lançar mão dos melhores materiais e técnicas disponíveis, assegurando assim a eficácia dos investimentos.

A deterioração dos pavimentos flexíveis se dá, em última análise, sob dois mecanismos principais (Rodrigues, 2001):

- Trincamento por fadiga da camada de revestimento;
- Acúmulo de deformações plásticas nas trilhas de roda.

A técnica de restauração dos pavimentos flexíveis mais difundida é o recapeamento em concreto asfáltico. Nestas situações, a reflexão de trincas é, via de regra, a principal causa da deterioração acelerada da nova camada de recapeamento. Neste contexto, a busca por técnicas e materiais alternativos para a restauração de pavimentos flexíveis trincados torna-se de fundamental importância, tanto técnica quanto economicamente e se aplica para tanto para a concessionária bem como também para a malha brasileira que possui milhares de quilômetros de pavimentos flexíveis.

Percebe-se, claramente, a importância e o interesse que o assunto desperta em pesquisadores de diversos países (Collios, 1993, Francken, 1993, Petit, *et al.*, 1993, Rigo, *et al.*, 1993, Vanelstraete e Francken, 1993). No Brasil, vários trabalhos sobre a reflexão de trincas em camadas asfálticas de recapeamento já foram desenvolvidos. Rodrigues *et al.*, 1991, avaliaram o efeito da utilização de geotêxteis no recapeamento da rodovia DF-003. Pinto, *et al.*, 1991, buscaram o estabelecimento de critérios a serem utilizados no dimensionamento de camadas asfálticas de reforço incluindo uma camada intermediária de geotêxtil. Montestruque, 1996, e Rodrigues, 1997, desenvolveram estudos com vistas ao estabelecimento de metodologias de projeto para restauração de pavimentos envolvendo a utilização de geotêxteis como camada intermediária inibidora da reflexão de trincas.

2. Projeto do experimento

O projeto do experimento envolve a implantação de diferentes soluções de restauração de um pavimento flexível que se encontrava significativamente trincado. A construção do trecho experimental objetiva proporcionar uma comparação direta de dois diferentes materiais desenvolvidos para serem utilizados como retardadores do aparecimento de trincas por reflexão na nova camada asfáltica frente a soluções como o recapeamento em concreto asfáltico simples.

Para tanto, foi escolhido um segmento em uma rodovia em serviço que apresentasse condições de um pavimento necessitando de restauração, especialmente com a presença de trincamento nas trilhas de roda. Ainda, como parâmetro determinante para a escolha do trecho, foi priorizado um trecho com tráfego pesado para acelerar a resposta de tal intervenção e com isso, possibilitar as conclusões sobre as diferentes alternativas analisadas.

As principais características da construção do trecho são apresentadas na Tabela 1. Foram executadas nove seções sendo que cada uma apresenta uma extensão de 30 ou 40 metros.

Tabela 1 – Projeto do Experimento

| Segmento | Estaca inicial | Estaca final | Extensão (metros) | Reperfilagem | Camada Intermediária | Revestimento |
|----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | 1 | 4 | 30 | CBUQ e=1cm (faixa A - DAER) | Hatelit C 40/17 | CBUQ e=4cm (faixa B - DAER) |
| 2 | 4 | 7 | 30 | | Não | |
| 3 | 12 | 15 | 30 | | Cidex 35/70 | |
| 4 | 15 | 18 | 30 | | Não | |
| 5 | 34 | 38 | 40 | Reparos localizados | Hatelit C 40/17 | |
| 6 | 38 | 42 | 40 | | Cidex 35/70 | |
| 7 | 57 | 60 | 30 | Não | Hatelit C 40/17 | |
| 8 | 60 | 63 | 30 | | Cidex 35/70 | |
| 9 | 63 | 66 | 30 | | Não | |

3. Características e condição do pavimento existente

3.1 – Estrutura do Pavimento Existente

A construção do referido trecho ocorreu em 1967 através de uma estrutura de pavimento constituída de base em brita graduada e concreto betuminoso usinado a quente no revestimento. Após 17 anos em serviço, houve uma restauração significativa. Em 1998, com o início da concessão, foi realizada uma fresagem e recomposição com concreto asfáltico. A estrutura do pavimento existente é apresentada na Figura 1.

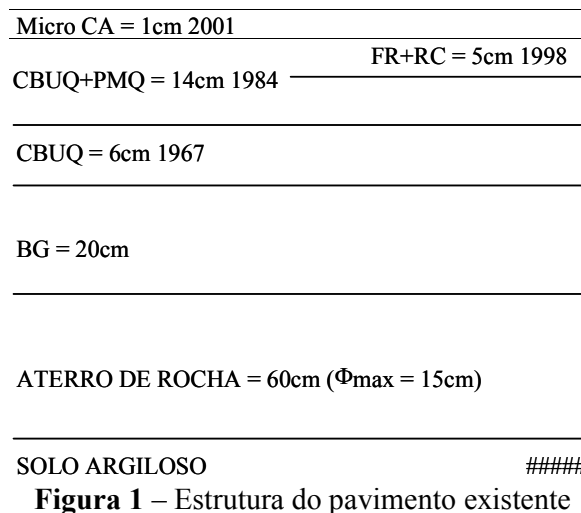


Figura 1 – Estrutura do pavimento existente

onde,

Micro CA – Micro revestimento asfáltico a frio;
 CBUQ – Concreto betuminoso usinado a quente;

PMQ – Pré-misturado a quente;
FR+RC – Fresagem e recomposição com CBUQ;
BG – Brita graduada.

3.2 – Tráfego atuante

O tráfego atuante na rodovia caracteriza-se por uma concentração de aproximadamente 50% do volume diário médio de veículos comerciais (caminhões e ônibus) e pode ser classificado como pesado ($N_{\text{ano AASHTO}} > 10^6$). O número equivalente de repetições do eixo padrão rodoviário (N) para os fatores de carga estabelecidos pela AASHTO, bem como o VDM é:

- $N_{\text{ano AASHTO}} = 1,8 \times 10^6$;
- $VDM_{\text{comercial}} = 1.200$ (caminhões e ônibus);
- $VDM_{\text{total}} = 2.400$.

3.3 – Condição da superfície

A condição do pavimento apresentava-se praticamente com toda a extensão de trilhas de rodas trincadas, padrão FC 2 e 3 da DNER-PRO 08/94 (DNER, 1994). Alguns segmentos ao longo do trecho apresentavam áreas com reparos, sendo que estas foram deixadas fora da segmentação das seções-teste propriamente dita. A Figura 2 mostra as trilhas de roda completamente trincadas antes da restauração. A Figura 3 apresenta os valores medidos para o afundamento em trilha de roda, este último avaliado através de uma barra laser que foi utilizada simultaneamente no levantamento de irregularidade longitudinal.



Figura 2 – Trilhas de roda completamente trincadas

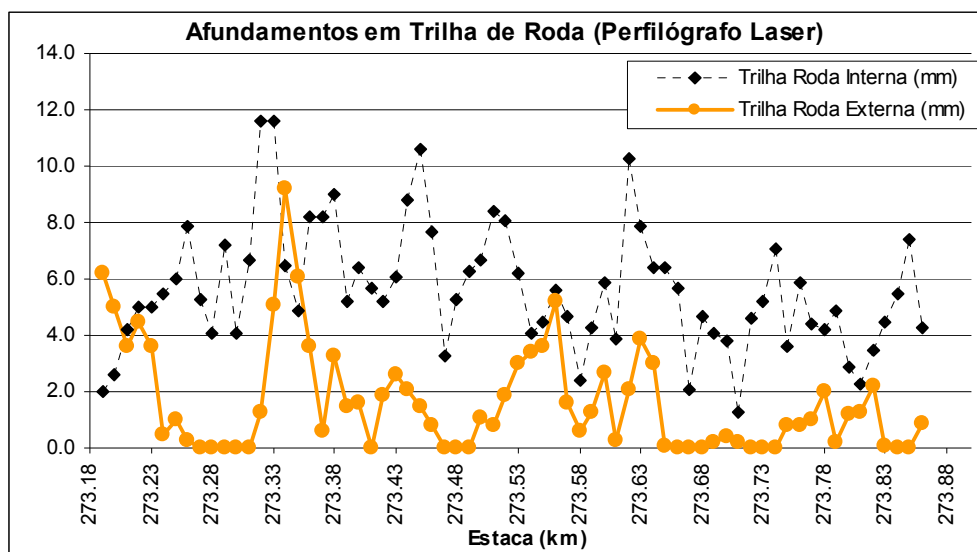


Figura 3 – Afundamentos em trilha de roda medidos com a barra laser

3.4 – Condição estrutural

Foi realizado um levantamento deflectométrico detalhado do segmento através da realização de ensaios com o equipamento FWD-KUAB, medindo bacias de deformação a cada 10 metros. A magnitude das deflexões em termos da deflexão no ponto de aplicação da carga (D0) pode ser avaliada na Figura 4. Ainda na Figura 4, apresenta-se também a temperatura do revestimento no momento do levantamento.

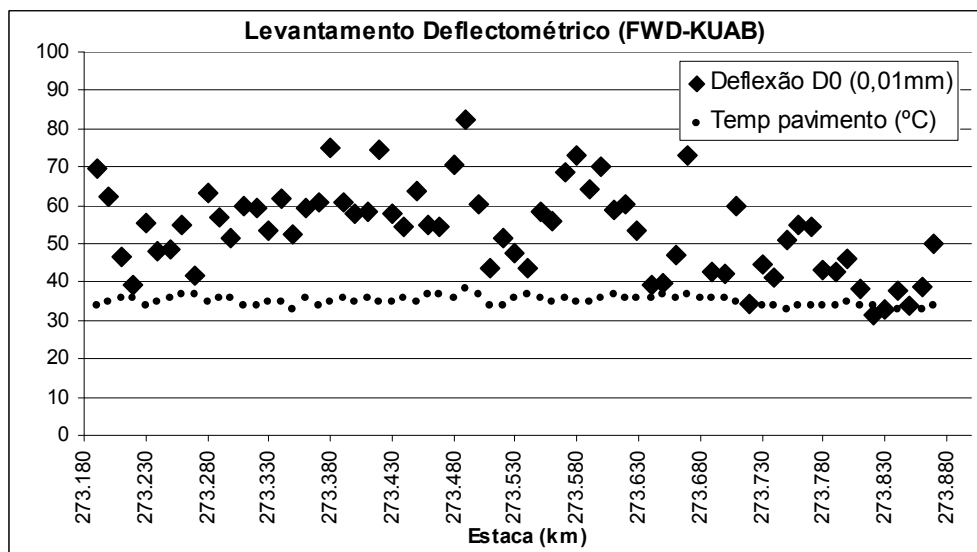


Figura 4 – Deflexão no ponto de aplicação da carga (D0) e temperatura do revestimento

3.5 – Condição Funcional

A condição funcional, aqui atribuída basicamente em termos da irregularidade longitudinal do pavimento, pode ser verificada na Figura 5.

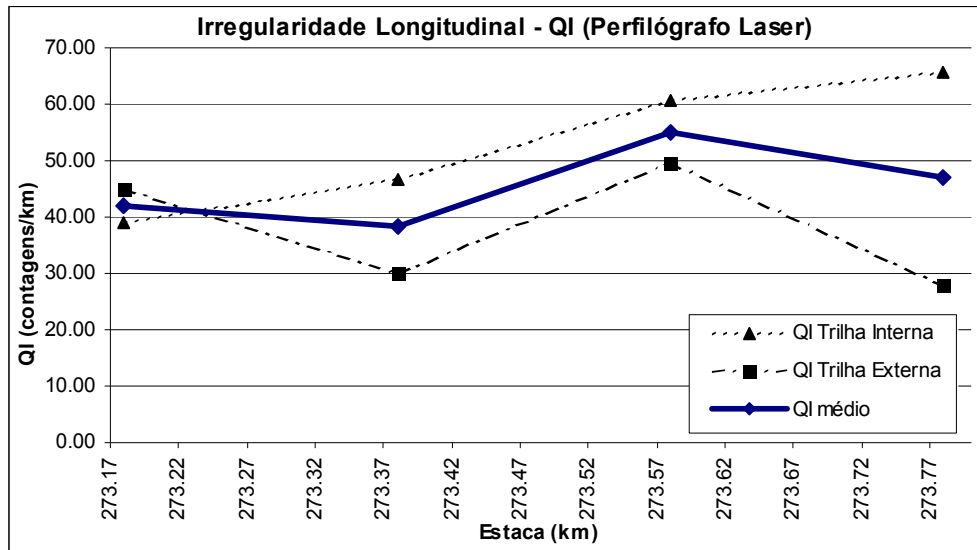


Figura 5 – Irregularidade longitudinal medida através de perfilógrafo laser

4. Caracterização dos Materiais

4.1 – Grelhas

Foram utilizados no experimento dois materiais diferentes para exercerem a função de camada inibidora do trincamento na camada de recapeamento. Ambas foram instaladas na interface pavimento antigo/recapeamento. Trata-se de uma geogrelha e uma grelha de fibra de vidro.

A geogrelha utilizada é denominada comercialmente de Hatelit[®] C 40/17, fabricada com filamentos de poliéster de alta tenacidade com recobrimento betuminoso formando malhas de 40x40 milímetros com resistência nominal a tração de 50 kN/m (Figura 6).

A grelha de fibra de vidro utilizada é denominada comercialmente como CIDEX 35 70. A mesma possui uma estrutura de malha de 25x40 milímetros com resistência de 70 kN/m no sentido transversal (Figura 7).

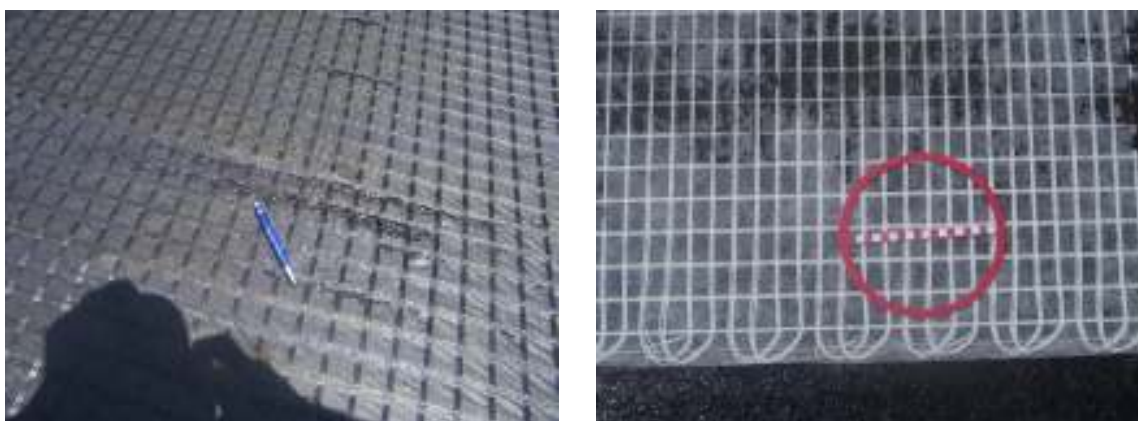


Figura 6 – Detalhe da geogrelha de poliéster (esquerda) e da grelha de fibra de vidro (direita) já instaladas no campo

4.2 – Misturas Asfálticas

A camada de recapeamento foi executada com concreto asfáltico (Tabela 2) nas condições normais para uma camada final de rolamento. Desta forma, a granulometria dos agregados, o ligante asfáltico, a usinagem, o espalhamento e a compactação foram realizadas com procedimentos e equipamentos convencionais. Apenas em algumas seções, devido ao elevado grau de deterioração do revestimento, foi necessária a execução de uma camada de reperfilagem (Tabela 3) para uniformizar a superfície e permitir a instalação adequada das grelhas.

Tabela 2 – Características da mistura asfáltica da camada de recapeamento

| CARACTERÍSTICAS MISTURA | | CARACTERÍSTICAS DA MISTURA - MARSHALL | | | | |
|---------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------|-------|----------------|-------|
| LIGANTE ASFÁL. | CAP 50/60 | TEOR ÓTIMO | % | 5.60 | | |
| TIPO DE MATERIAL | CBUQ | DENSIDADE APARENTE | t/m ³ | 2.490 | | |
| FAIXA | DAER B | VOLUME VAZIOS | % | 4.20 | | |
| COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA | | RBV | % | 77.00 | | |
| Brita 3/4" | 18% | ESTABILIDADE | kgf | 1400 | | |
| Brita 3/8" | 20% | FLUÊNCIA | (x 0,01") | 12.00 | | |
| Pó de Pedra | 62% | | | | | |
| ORIGEM DOS AGREGADOS | | CONPASUL (ESTRELA/RS) | | | | |
| Peneira | # | PROJETO | FAIXA DE TRABALHO | | FAIXA DAER - B | |
| | | % pass | % pass | | % pass | |
| 3/4" | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1/2" | | 94.7 | 88.7 | 100.0 | 80.0 | 100.0 |
| 3/8" | | 86.8 | 80.8 | 90.0 | 70.0 | 90.0 |
| nº 4 | | 63.8 | 57.8 | 69.8 | 50.0 | 70.0 |
| nº 8 | | 41.9 | 37.9 | 45.9 | 35.0 | 50.0 |
| nº 30 | | 20.7 | 18.0 | 24.7 | 18.0 | 29.0 |
| nº 50 | | 15.2 | 13.0 | 19.2 | 13.0 | 23.0 |
| nº 100 | | 10.6 | 8.0 | 13.6 | 8.0 | 16.0 |
| nº 200 | | 6.2 | 4.2 | 8.2 | 4.0 | 10.0 |

Tabela 3 – Características da mistura de textura fina utilizada na reperfilagem

| CARACTERÍSTICAS MISTURA | | | CARACTERÍSTICAS DA MISTURA - MARSHALL | | | |
|---------------------------|-----------|--|---------------------------------------|-------------------|---------|----------------|
| LIGANTE ASFÁL. | CAP 50/60 | | TEOR ÓTIMO | % | 5.70 | |
| TIPO DE MATERIAL | CBUQ | | DENSIDADE APARENTE | g/cm ³ | 2.456 | |
| FAIXA | DAER A | | VOLUME VAZIOS | % | 4.00 | |
| COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA | | | RBV | % | 79.00 | |
| Brita 3/4" | 0% | | ESTABILIDADE | kgf | 1170.00 | |
| Brita 3/8" | 38% | | FLUÊNCIA | (x 0,01") | 13.40 | |
| Pó de Pedra | 62% | | | | | |
| ORIGEM DOS AGREGADOS | | | CONPASUL (ESTRELA/RS) | | | |
| | Peneira # | | PROJETO | FAIXA DE TRABALHO | | FAIXA DAER - A |
| | | | % pass | % pass | | % pass |
| | 3/4" | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| | 1/2" | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| | 3/8" | | 98.9 | 92.9 | 100.0 | 80.0 |
| | nº 4 | | 64.2 | 58.2 | 70.2 | 55.0 |
| | nº 8 | | 41.2 | 37.2 | 45.2 | 35.0 |
| | nº 30 | | 22.1 | 18.1 | 26.1 | 18.0 |
| | nº 50 | | 17.2 | 13.2 | 21.2 | 13.0 |
| | nº 100 | | 13.6 | 10.6 | 16.6 | 8.0 |
| | nº 200 | | 6.5 | 4.5 | 10.0 | 4.0 |

4.3 – Pintura de ligação

Um dos aspectos de maior importância para a garantia do sucesso na instalação de camadas intermediárias como as grelhas ou até mesmo geotêxteis é a impregnação desta pelo ligante asfáltico aplicado na pintura de ligação. Klein *et al* (2003) aponta a importância deste aspecto como primordial para o sucesso ou o fracasso na instalação de mantas e grelhas como camadas intermediárias. Desta forma, a pintura de ligação durante a execução do trecho experimental foi controlada de modo a garantir que as taxas recomendadas pelos fabricantes das grelhas fossem atingidas. O material utilizado na pintura de ligação foi a emulsão asfáltica RR-2C. As taxas efetivamente aplicadas em cada segmento são apresentadas nas Figuras 7 a 10.

5. Construção do Trecho Experimental

O trecho experimental foi construído em 27 de janeiro de 2004 entre os quilômetros 273+190 ao 273+870, lado direito (faixa 2) da rodovia BR-386/RS, a aproximadamente 30 quilômetros do município de Soledade / RS. Foram construídas 9 diferentes (Figuras 7 a 10) seções para 3 situações distintas (SART com geogrelha, SART com grelha de fibra de vidro e recapeamento simples). A construção do trecho foi realizada no sentido crescente ao estaqueamento da rodovia e contemplou as seguintes e principais atividades:

- Execução de reperfilagem nos segmentos compreendidos entre as estacas 1 a 7 e 12 a 18. No segmento compreendido entre as estacas 34 a 42 foram realizadas correções localizadas de modo a garantir uma superfície regular para a instalação das grelhas. A reperfilagem foi executada com concreto asfáltico a quente de textura fina (faixa A – DAER/RS);
- Pintura de ligação nas taxas recomendadas pelos fabricantes das grelhas e nos segmentos sem a presença de reforço, taxas convencionais para a execução de recapeamento simples em concreto asfáltico. A pintura de ligação foi executada com emulsão asfáltica RR-2C.
- Nas seções contempladas com SART a instalação das grelhas foi realizada conforme recomendações dos fabricantes. Ambas as grelhas não necessitaram de maiores cuidados

para a instalação, bastando desenrolá-las sobre a superfície (de forma manual ou com auxílio mecânico);

- Espalhamento da camada de concreto asfáltico em uma espessura de aproximadamente 4 centímetros;
- Compactação da camada de concreto asfáltico de forma convencional utilizando 2 compactadores de pneus (28 passadas do primeiro e 18 do segundo) e um rolo compactador do tipo tandem para acabamento.

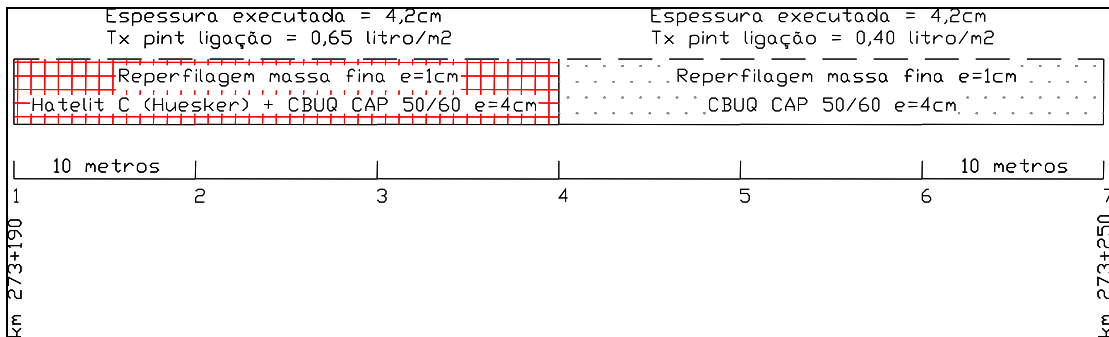


Figura 7 – Segmentos com geogrelha e recapeamento simples

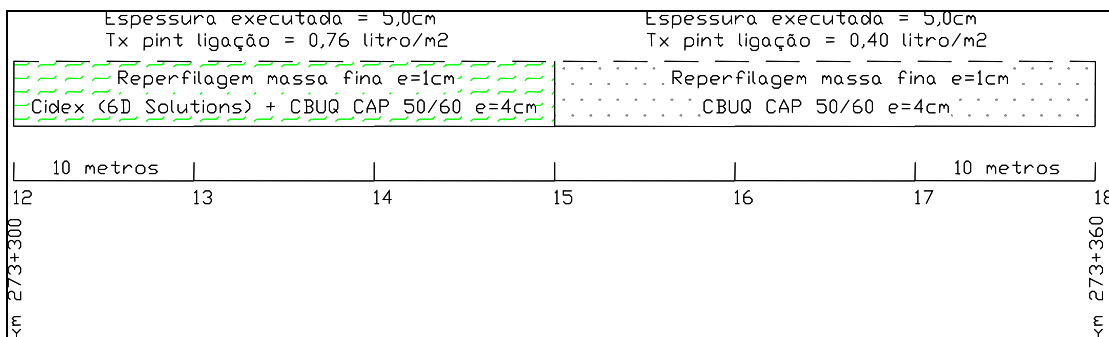


Figura 8 – Segmentos com grelha de fibra de vidro e recapeamento simples

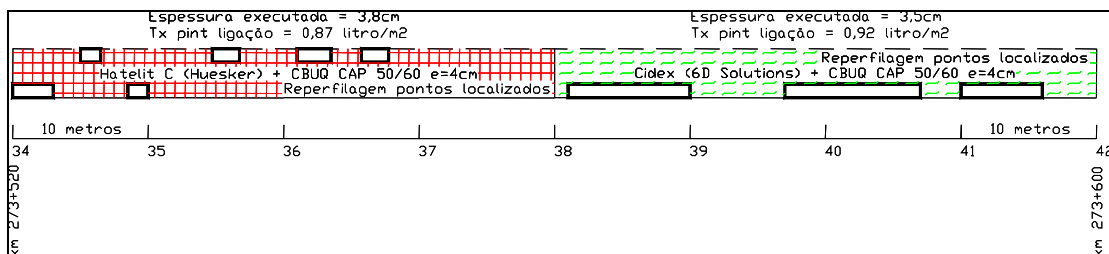


Figura 9 – Segmentos com geogrelha e grelha de fibra de vidro

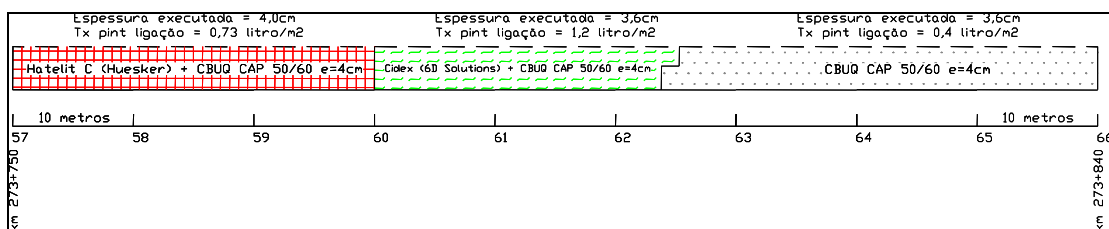


Figura 10 – Segmentos com geogrelha, grelha de fibra de vidro e recapeamento simples



Figura 11 – Segmento logo após a pintura de ligação (esquerda) e reperfilagem (direita)



Figura 12 – Instalação da geogrelha de poliéster (esquerda) e da grelha de fibra de vidro (direita)



Figura 13 – Espalhamento da camada de concreto betuminoso usinado a quente

6. Considerações finais

Foram apresentadas as etapas de planejamento e execução de um trecho experimental de pavimento flexível recapeado com o propósito de se investigar o comportamento de diferentes tipos de grelhas como camada intermediária anti-reflexão de trincas. A execução do trecho experimental foi realizada no mês de janeiro de 2004 e, desde então, vem sendo realizado o monitoramento periódico do desempenho oferecido pelos segmentos restaurados. As informações obtidas deverão permitir o

estabelecimento de conclusões acerca do comportamento oferecido pelo pavimento em termos da ocorrência da reflexão de trincas ao longo de sua vida de serviço.

7. Referências Bibliográficas

COLLIOS, A. – “*Design and First Application of Geotextiles Against Reflective Cracking in Greece*”. *Reflective Cracking in Pavements*. Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 482 - 487, Bélgica, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. (1994) *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*: procedimento, (DNER-PRO 08-94).

FRANCKEN, L. – “*Laboratory Simulation and Modelling of Overlay Systems*”. *Reflective Cracking in Pavements*. Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 75 - 99, Bélgica, 1993.

PETIT, C., CAPERAA, S. and MICHAUT, J.P. – “*Influence of Modulus Ratio on Crack Propagation in Multilayered Pavements*”. *Reflective Cracking in Pavements*. Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 220 - 227, Bélgica, 1993.

KLEIN, R. J., WICKERT, F. & VIDAL, D. (2003). *Estudo do comportamento de diferentes ligantes asfálticos utilizados na impregnação de geotêxteis em obras de restauração de pavimentos flexíveis*. IV Simpósio Brasileiro de Geossintéticos. Porto Alegre – RS.

MOLENAAR, A.A.A. – “*Evaluation of Pavement Structure with Emphasis on Reflective Cracking*”. *Reflective Cracking in Pavements*. Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 21 - 48, Bélgica, 1993.

MONTESTRUQUE, G.E.V. - *Estudo de Sistemas Anti-Reflexão de Trincas na Restauração de Pavimentos Asfálticos*. Tese de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, Brasil, 141p., 1996.

PINTO, S., PREUSSLER, E. S. e RODRIGUES, R.M. - *Projeto de Camadas de Reforço com Camada Intermediária de Geotêxtil*. 25ª Reunião Anual de Pavimentação, São Paulo, SP, 1991.

RIGO, J.M., HENDRICK, S., COURARD, L. and COSTA, C. – “*Evaluation of Crack Propagation in an Overlay Subjected to Traffic and thermal Effects*”. *Reflective Cracking in Pavements*. Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 146 - 158, Bélgica, 1993.

RODRIGUES, R. M. (2001). *Projeto de Pavimentos*. Apostila do curso de pós-graduação. Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos – SP.

RODRIGUES, R.M. - *Performance prediction model for asphalt overlays with geotextile interlayers on cracked pavements*. Sixth International Conference on Geosynthetics, Atlanta, EUA, 1997.

RODRIGUES, L.G., PREUSSLER, E. S., RODRIGUES, R.M., MARONI, L. G. e MARCON, A.F. "Análise do Efeito de Geotêxteis no Recapeamento da Rodovia DF-003". 25ª Reunião Anual de Pavimentação, São Paulo, SP, 1991.

VANELSTRAETE, A. and FRANCKEN, L. – “*Numerical Modelling of Crack Initiation Under Thermal Stresses and Traffic Loads*”. Reflective Cracking in Pavements . Second International RILEM Conference. Proceedings, pp. 136 - 145, Bélgica, 1993.