

# AVALIAÇÃO DA INTERFACE ENTRE CAMADAS LIGADAS COM APLICAÇÃO DE GRELHAS DE REFORÇO DE PAVIMENTOS PELO MÉTODO DE LEUTNER MODIFICADO

Pedro Marcelino<sup>1</sup>, Ana Cristina Freire<sup>2</sup> e Pedro Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>LNEC, Departamento de Transportes, Av. do Brasil 101, 1700-066, Lisboa, Portugal

email: [pmarcelino@lneec.pt](mailto:pmarcelino@lneec.pt) <http://www.lneec.pt>

<sup>2</sup>LNEC, Departamento de Transportes, Av. do Brasil 101, 1700-066, Lisboa, Portugal

<sup>3</sup> Construções Gabriel A. S. Couto, Infraestruturas rodoviárias e aeroportuárias, Rua de São João de Pedra Leital, 4770-464, Requião, Portugal

---

## Sumário

*No âmbito das atividades de conservação e reabilitação de infraestruturas rodoviárias, verifica-se a necessidade de proceder à aplicação de elementos limitadores da propagação de fendas das camadas inferiores para as novas camadas aplicadas na reposição das características superficiais e/ou estruturais dos pavimentos.*

*Sendo a ligação entre camadas um dos fatores determinantes para a eficiência destas soluções, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil levou a cabo um estudo que compreendeu a avaliação, com o método de Leutner modificado, da resistência ao corte de amostras colhidas do pavimento com a aplicação de grelhas de fibra de vidro na interface de ligação entre camadas.*

---

**Palavras-chave:** Ensaio de *Leutner* modificado; Interface; Tensão de corte; Reabilitação de pavimentos.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de realizar uma gestão de recursos eficaz e sustentável, quer a nível económico, quer a nível ambiental, tem sido um importante catalisador do desenvolvimento de novas técnicas de reforço e de reabilitação de pavimentos.

Dentro das várias técnicas existentes destaca-se a aplicação de grelhas de reforço na reabilitação de pavimentos para a limitação da propagação de fendas. Não só pela sua adequação aos mecanismos de rotura apresentados pelo pavimento, como também pela facilidade com que pode ser aplicada em obra, esta técnica constitui uma das respostas mais comuns às situações em que é necessária a reabilitação de pavimentos.

Contudo, e independentemente da eficiência apresentada por este ou por outros sistemas de reforço, é fundamental garantir que a utilização destas técnicas não afeta o desempenho e a durabilidade dos pavimentos. Neste sentido, um dos fatores a ter em consideração é o da ligação entre camadas, nomeadamente, entre as camadas ligadas contíguas à grelha aplicada.

A ligação entre camadas constitui pois um dos aspetos essenciais no desempenho dos pavimentos. Refletindo a capacidade que os pavimentos têm de funcionar como um todo, a consideração do grau de ligação entre camadas tem influência não só na forma como os pavimentos são modelados, como também na forma como estes se comportam durante o seu ciclo de vida.

Tem vindo a ser desenvolvido no LNEC um estudo que pretende avaliar as consequências da introdução de uma grelha de reforço na interface entre a camada de desgaste e a camada subjacente, de modo a avaliar a sua influência no desempenho do pavimento. No presente trabalho apresentam-se os resultados alcançados para as seguintes condições da interface entre a camada de desgaste e a camada subjacente: com aplicação de grelha de reforço de fibra de vidro e sem aplicação de qualquer elemento de reforço. Para o conjunto destas duas condições realiza-se uma análise comparativa das tensões de corte obtidas.

## **2 APLICAÇÃO DE GRELHAS DE REFORÇO NA REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS**

A reabilitação estrutural de pavimentos flexíveis apresenta como objetivo a recuperação das respectivas características estruturais, sendo usualmente materializada quer através da aplicação de uma espessura adicional de materiais betuminosos (reforço), executada sobre o pavimento antigo, quer através da remoção de camadas cuja função está comprometida e posterior colocação de novas camadas de materiais betuminosos, procurando-se deste modo aumentar a capacidade de carga e prolongar a sua vida útil [1].

Os métodos tradicionais de reabilitação de pavimentos compreendem a eliminação do fenómeno de propagação de fendas através da remoção das camadas fendilhadas do pavimento existente e da reposição com misturas betuminosas novas, previamente à execução da camada de reforço do pavimento.

Tem-se assistido, nos últimos anos, à utilização de técnicas de reabilitação de pavimentos que dispensam a fresagem das camadas fendilhadas, e que funcionam com a adoção de medidas retardadoras da propagação das fendas à camada de reforço, ao invés de efetuarem a eliminação das fendas das camadas subjacentes. As técnicas geralmente utilizadas recorrem à aplicação de elementos bidimensionais entre a superfície do pavimento existente e a camada de reforço, sendo designadas por interfaces anti fissuras. A principal função destes elementos é a de absorver a concentração de tensões geradas na interface entre as camadas existentes e as de reforço [3, 4].

São diversas as soluções usualmente adotadas para retardar a propagação e conseqüentemente o aparecimento à superfície da camada de reforço, das fissuras das camadas subjacentes, referindo-se os geotexteis impregnados de ligantes betuminosos, as argamassas betuminosas, as geogrelhas, e as misturas betuminosas porosas, entre outras.

A aplicação de medidas retardadoras da reflexão de fendas, ao dispensar a fresagem das camadas fendilhadas e a sua reposição com misturas betuminosas novas, apresenta como vantagens não só o facto de tirar partido da eventual contribuição da camada fendilhada para o comportamento estrutural dos pavimentos, mas também a conseqüente economia e redução da utilização de recursos naturais, dispensando ainda a sua deposição em aterro [3].

Reveste-se assim de especial importância o desenvolvimento e aplicação de metodologias de avaliação da resistência ao corte da ligação entre camadas em que se tenha aplicado uma solução retardadora da reflexão de fendas, pois apenas deste modo se podem compreender as implicações estruturais desta intervenção.

## **3 A LIGAÇÃO ENTRE CAMADAS E SUA IMPORTÂNCIA NO DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS**

Tendo em conta que os pavimentos são constituídos por várias camadas de diferentes materiais, e considerando que a sua análise é muitas vezes feita considerando a associação de camadas com características similares, a ligação entre camadas poderá constituir uma questão da maior importância.

Na realidade, esta situação poderá apresentar maior destaque se considerarmos que são poucos os casos em que as camadas do pavimento estão totalmente ligadas entre si [2]. Acabam assim por advir dessa realidade conseqüências significativas para o desempenho e durabilidade do pavimento, pois não só o comportamento e a transferência de cargas entre camadas de pavimento deixa de corresponder ao inicialmente previsto, sendo que é habitual modelar os pavimentos assumindo a ligação total entre camadas, como também acaba por ocorrer uma maior exigência estrutural em determinadas camadas de pavimento, nomeadamente naquelas que deixam de beneficiar de um efeito estrutural conjunto.

Neste sentido interessa conhecer os modos de rotura associados ao comportamento da ligação entre camadas adjacentes e a forma como o grau de ligação entre camadas influencia a propagação de tensões/deformações nos pavimentos.

Do ponto de vista dos modos de rotura, o mais comum é a rotura da ligação dar-se por uma de três formas:

- Corte;
- Tração;

- Corte e tração.

Considerando o exposto em [5] o modo de rotura mais habitual em pavimentos é o referente à rotura por corte. O estabelecimento de gradientes térmicos significativos entre a superfície e o interior do pavimento, assim como a ação dos rodados dos veículos sobre os pavimentos, em especial nas zonas de arranque, travagem e curvas, pode levar ao desenvolvimento de campos de tensões/deformações que conduzem à rotura da ligação entre as camadas.

Ao nível da modelação do comportamento estrutural dos pavimentos é usual a consideração de modelos elásticos lineares. Nas abordagens clássicas [6] as soluções obtidas diferem consoante a ligação entre camadas é total ou ausente. No entanto, tendo em conta o que acontece na prática, considera-se que estes modelos não retratam a realidade da melhor forma. Destacam-se assim os modelos intermédios, os quais consideram que as camadas de pavimento não estão nem totalmente ligadas, nem totalmente desligadas. Na resolução destes modelos é usual recorrer à lei constitutiva de Goodman [7] a qual pode ser expressa por:

$$\tau = K_x \delta \quad (1)$$

Como se constata, esta expressão assume que o conjunto de camadas que constituem o pavimento tem um comportamento elástico linear, sendo  $\tau$  a força de corte no interface (MPa),  $\delta$  o deslocamento horizontal relativo (mm) e  $K$  o módulo de reação ao corte na interface (MPa/mm).

Apesar de existirem modelos de análise mais complexos e precisos, a simplicidade e a facilidade com que os modelos elásticos definidos em função de  $K$  podem ser utilizados na análise de pavimentos e integrados nas soluções de *software* comercial habituais (como por exemplo o programa BISAR), faz com que estes modelos sejam os mais utilizados [5].

De acordo com um conjunto de estudos apresentados em [5], constata-se que o facto das camadas estarem desligadas leva a que o pavimento perca a capacidade de funcionar como um todo, condicionando assim a sua resistência. A análise destes estudos permite concluir que a ausência de ligação entre camadas conduz a um aumento das tensões, deformações e deflexões na zona inferior da camada superior, verificando-se que em vez de apresentar uma degradação contínua das cargas a que está sujeito até à fundação, como seria de esperar para o comportamento estrutural de um elemento que funcionasse como um corpo único, o pavimento apresenta variações bruscas de tensões na passagem entre camadas. Esta situação é especialmente evidente na transição entre a camada de desgaste e a camada de regularização.

Verifica-se também que associada à perda da capacidade de ligação entre camadas está também uma redução do ciclo de vida dos pavimentos. Assim, verifica-se que pavimentos cujas camadas estão desligadas chegam a atingir reduções da sua durabilidade em cerca de 75% daquilo que seria expectável para pavimentos idênticos cujas camadas estariam ligadas [5].

Tendo em conta a importância da ligação entre camadas para o correto desempenho dos pavimentos e para a sua durabilidade, reveste-se de especial importância a determinação dos fatores que influenciam a qualidade da ligação entre camadas. São vários os fatores a considerar, sendo exemplo as condições de construção do pavimento (existência de água, grau de compactação, entre outros), a quantidade, tipo e modo de aplicação da rega de colagem (se existir) e as ações a que o pavimento está sujeito (tais como temperatura e tráfego). Neste estudo, e tendo em consideração a crescente tendência para a realização de intervenções de reforço e reabilitação de pavimentos existentes, pretende-se avaliar o efeito, para a ligação entre as camadas ligadas, da introdução de grelhas de reforço de pavimentos na interface entre as mesmas.

#### 4 ENSAIO DE LEUTNER MODIFICADO

Desenvolvido no final da década de 70, o ensaio de *Leutner* é um dos vários procedimentos de ensaio existentes para avaliar a ligação entre camadas de pavimento [2, 8].

De cariz destrutivo, este ensaio consiste na aplicação de um deslocamento constante ao longo de um plano coincidente com a interface definida entre duas camadas ligadas. O ensaio é efetuado em provetes cilíndricos, e requer o aparelho de *Leutner*, que consiste numa peça metálica capaz de aprisionar o provete e de lhe aplicar uma força de corte. O aparelho de *Leutner* pode ser colocado numa prensa idêntica à utilizada no ensaio Marshall [8].

No ensaio de *Leutner* não são aplicadas quaisquer forças normais à superfície do provete, o que reduz a complexidade da sua aplicação e, por conseguinte, permite-lhe ser utilizado como um ensaio de rotina. Contudo, esta simplificação na definição das cargas aplicadas, faz com que o ensaio acabe por não simular exatamente o tipo de sollicitação a que a interface entre camadas é sujeita no pavimento [5].

Embora os princípios do ensaio de *Leutner* não tenham sofrido alterações desde a sua génese, surge em 2005 o ensaio de *Leutner* modificado. Este teve como objetivo resolver alguns dos problemas detetados por Choi *et al.* [9] ao longo do seu trabalho, nomeadamente, o esmagamento das partículas do agregado na zona da interface, a dificuldade no alinhamento da interface com o anel de movimento vertical libertado que exerce a força de corte no provete, e a impossibilidade de ensaiar pavimentos com camadas ligadas de espessura reduzida. Desta forma, o ensaio de *Leutner* modificado difere do original por introduzir um espaçamento de 5 mm na zona da interface (para evitar o esmagamento e facilitar o alinhamento entre o anel e a interface) e por prever a utilização de um acessório especial para os casos em que o pavimento apresenta camadas finas [5].

O ensaio de *Leutner* modificado permite deste modo efetuar a avaliação da resistência ao corte de camadas ligadas, com ou sem a incorporação de elementos retardadores da propagação de fendas, conforme apresentado em diversos estudos [5, 8, 9, 10].

O equipamento para a realização do ensaio de *Leutner* é constituído por um dispositivo metálico que permite a aplicação de uma tensão de corte em provetes cilíndricos. Este dispositivo é constituído por um corpo principal, bipartido, sendo que na parte inferior é fixado o sistema de suporte dos provetes, bem como metade do anel que aplica a tensão de corte. A metade superior do anel está ligada à metade superior do corpo principal, que apresenta movimento vertical libertado.

Este dispositivo metálico é colocado numa prensa com capacidade de induzir um deslocamento vertical de  $50,0 \pm 2$  mm/minuto e uma carga vertical máxima superior a 50 kN.

A aquisição dos resultados é efetuada em suporte informático, permitindo a visualização da força aplicada e do deslocamento, durante a realização do ensaio.

Na Figura 1 apresenta-se o aspeto do equipamento utilizado no ensaio de *Leutner* modificado, colocado na máquina de ensaio.



**Fig.1. Aspeto do equipamento utilizado no ensaio de *Leutner* modificado**

Dado que não existe ainda uma norma europeia que descreva o procedimento de ensaio a seguir, é usualmente considerado o disposto no *Appendix A.1* do *Manual of Contract Documents for Highway Works*.

## 5 EFEITO DA INTRODUÇÃO DE GRELHAS DE REFORÇO NA LIGAÇÃO ENTRE CAMADAS NUM CASO CONCRETO

No sentido de avaliar o efeito da introdução de grelhas de reforço na ligação entre camadas de pavimento, foi realizado um estudo experimental que teve como base de suporte o desenvolvimento e a implementação do ensaio de *Leutner* modificado.

Assim sendo, foram caracterizados em laboratório dois conjuntos de amostras retiradas do mesmo pavimento, sendo que um dos conjuntos apresentava a incorporação de grelha de fibra de vidro, disponível no mercado, e o segundo conjunto não apresentava a incorporação de qualquer grelha, constituindo o conjunto de referência. As amostras utilizadas foram colhidas, por sondagem à rotação, num troço de autoestrada objeto de reabilitação com a incorporação da grelha em apreço.

### 5.1 Estudo experimental

O estudo experimental foi realizado conforme o preconizado no *Appendix A.1* do *Manual of Contract Documents for Highway Works* para o ensaio de *Leutner* modificado.

Resumidamente, o procedimento adotado foi:

- (i) Colocação das amostras em ambiente termicamente controlado, a uma temperatura de  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , durante um mínimo de 5 horas
- (ii) Posicionamento da amostra no equipamento de ensaio específico, para que a interface ficasse entre os anéis metálicos superiores e inferiores, que aplicam a tensão de corte
- (iii) Aplicação da tensão de corte a uma taxa de deslocamento de  $50,0 \pm 2$  mm/minuto
- (iv) Paragem do carregamento quando atingido o limite de 7mm de deslocamento

Visto que a espessura dos tarolos era variável e tendo em conta que espessuras elevadas podem introduzir efeitos indesejados na interface entre as camadas, procedeu-se ao corte do material em excesso, de modo a obter uma espessura máxima de cerca de 15 cm [11].

No presente estudo foram ensaiados dois conjuntos de tarolos, sendo cinco referentes a tarolos com a presença de grelha e quatro referentes a casos sem a incorporação de grelha, para a caracterização do pavimento em estudo. Todos os tarolos considerados tinham 145 mm de diâmetro.

De acordo com a inspeção visual realizada e considerando os dados fornecidos pelo empreiteiro, foi possível definir as seguintes características do pavimento:

- (i) Camada acima da interface: camada de desgaste “AC 14 surf 35/50 (BB)” com 6 cm de espessura
- (ii) Camada subjacente à interface: camada betuminosa de espessura variável, em geral, fendilhada
- (iii) Tipo de emulsão de aderência: emulsão betuminosa catiónica de rotura rápida termoaderente em que o ligante original é um betume modificado quimicamente com polímeros elastoméricos
- (iv) Quantidade de emulsão de aderência: taxa mínima de  $0,50$  kg/m<sup>2</sup>, sendo que dos ensaios realizados pelo empreiteiro têm-se obtido valores da ordem de  $0,58$  kg/m<sup>2</sup>, com  $0,35$  kg/m<sup>2</sup> de betume residual
- (v) Grelha de reforço: grelha comercial, em fibra de vidro, para reforço de pavimentos

Apresenta-se na Figura 2, a título ilustrativo, o aspeto dos tarolos antes, durante e após a realização dos ensaios.

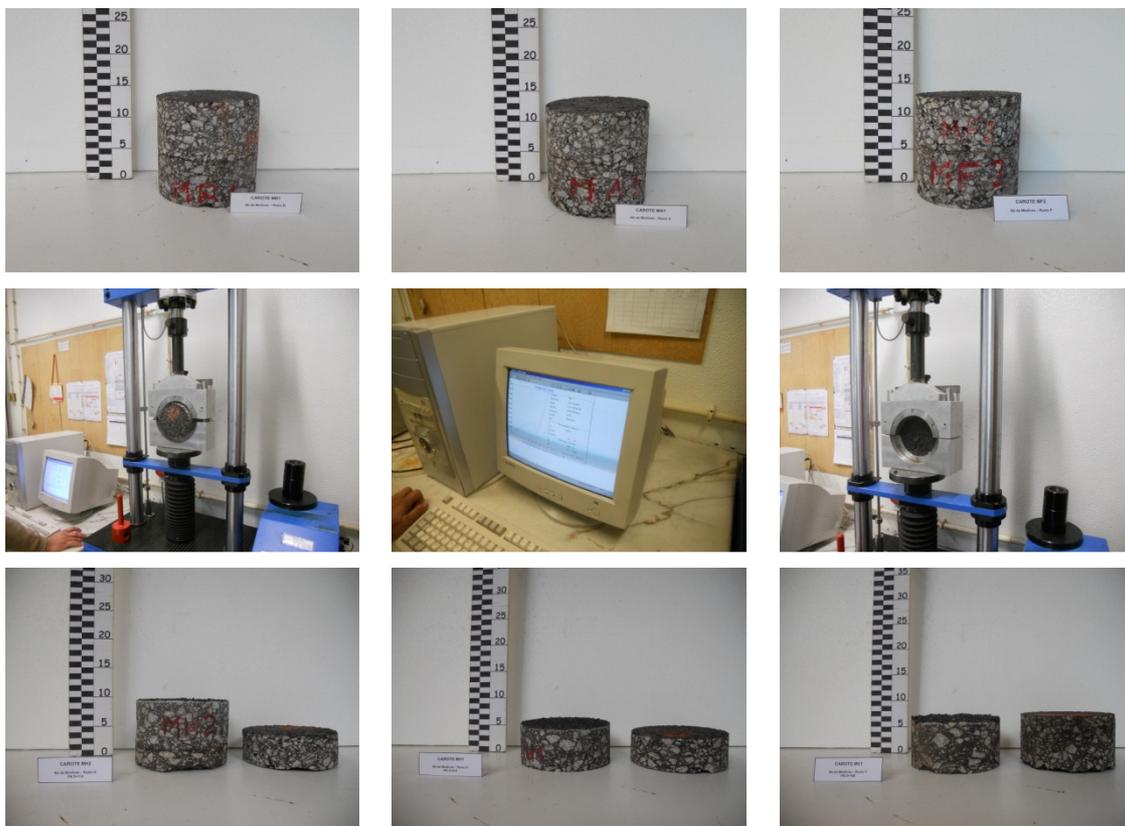


Fig.2. Aspeto dos tarolos ensaiados antes, durante e após o ensaio de *Leutner* modificado

## 5.2 Resultados obtidos

Os resultados obtidos para as amostras ensaiadas apresentam-se no Quadro 1, constando no Quadro 2 alguns dados estatísticos relativos aos resultados obtidos.

Quadro 1. Resultados do ensaio de *Leutner* modificado

| Identificação da amostra | Presença de grelha na interface | $F_{\text{máx}}$ (kN) | $\tau_{\text{máx}}$ (MPa) | $\delta_{\text{máx}}$ (mm) | $k$ (MPa/mm) |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|
| SG1                      | Não                             | 27,1                  | 1,64                      | 4,6                        | 0,36         |
| SG2                      | Não                             | 29,2                  | 1,77                      | 4,7                        | 0,38         |
| SG3                      | Não                             | 31,5                  | 1,91                      | 5,6                        | 0,34         |
| SG4                      | Não                             | 23,4                  | 1,42                      | 4,3                        | 0,33         |
| GV1                      | Sim                             | 13,4                  | 0,81                      | 3,3                        | 0,25         |
| GV2                      | Sim                             | 17,4                  | 1,05                      | 3,7                        | 0,28         |
| GV3                      | Sim                             | 18,2                  | 1,10                      | 3,2                        | 0,35         |
| GV4                      | Sim                             | 16,3                  | 0,99                      | 2,5                        | 0,40         |
| GV5                      | Sim                             | 25,5                  | 1,55                      | 2,7                        | 0,57         |

Legenda:

$F_{\text{máx}}$  – força de corte máxima na interface entre camadas;

$\tau_{\text{máx}}$  – máxima tensão de corte na interface entre camadas;

$\delta_{\text{máx}}$  – deslocamento na interface entre camadas aquando da rotura por corte;

$k$  – módulo de rigidez de corte.

Quadro 2. Análise estatística dos resultados do ensaio de *Leutner* modificado

| Presença de grelha na interface | $F_{\text{máx}}$ (kN) |          |         | $\tau_{\text{máx}}$ (MPa) |          |         | $\delta_{\text{máx}}$ (mm) |          |         | $k$ (MPa/mm) |          |         |
|---------------------------------|-----------------------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|----------------------------|----------|---------|--------------|----------|---------|
|                                 | $\mu$                 | $\sigma$ | COV (%) | $\mu$                     | $\sigma$ | COV (%) | $\mu$                      | $\sigma$ | COV (%) | $\mu$        | $\sigma$ | COV (%) |
| Não                             | 27,8                  | 3,4      | 12,4    | 1,69                      | 0,21     | 12,4    | 4,8                        | 0,6      | 11,7    | 0,35         | 0,02     | 5,2     |
| Sim                             | 18,2                  | 4,5      | 24,7    | 1,10                      | 0,27     | 25,0    | 3,1                        | 0,5      | 15,6    | 0,37         | 0,13     | 34,1    |

Legenda:

$F_{\text{máx}}$  – força de corte máxima na interface entre camadas;

$\tau_{\text{máx}}$  – máxima tensão de corte na interface entre camadas;

$\delta_{\text{máx}}$  – deslocamento na interface entre camadas aquando da rotura por corte;

$k$  – módulo de rigidez de corte;

$\mu$  – valor médio;

$\sigma$  – desvio padrão;

COV – coeficiente de variação.

Na Figura 3 representa-se graficamente os resultados obtidos para cada um dos tarolos ensaiados, bem como os respetivos valores médios, obtidos para cada um dos tipos de interface – com ou sem introdução de grelha.

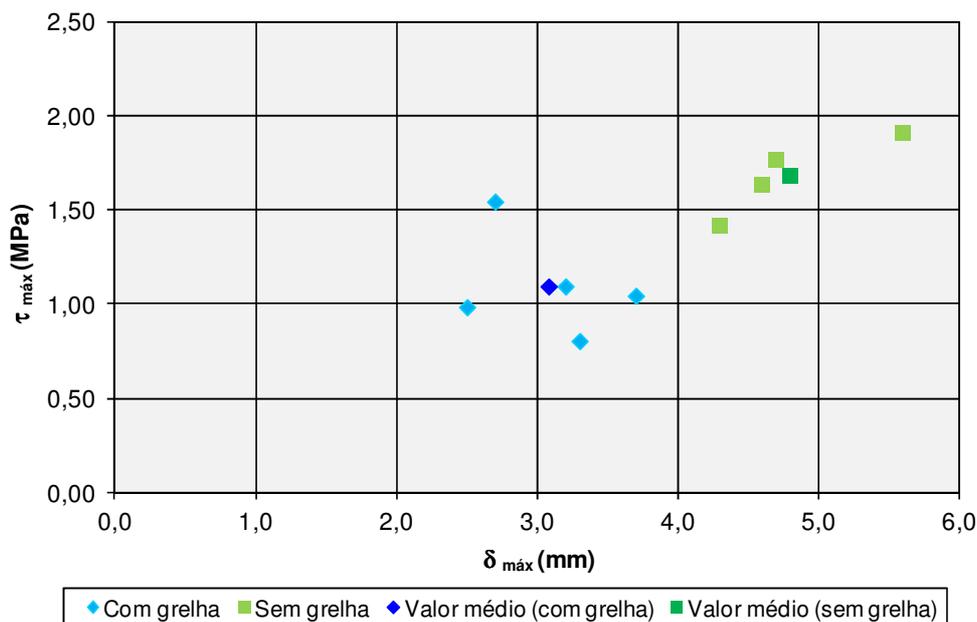


Fig.3. Resultados do ensaio de *Leutner* modificado

### 5.3 Análise dos resultados

A análise comparativa dos resultados obtidos para os provetes ensaiados com e sem a introdução da grelha de reforço, permite constatar que houve uma redução da resistência ao corte entre a camada betuminosa de desgaste e a camada subjacente (expressa pela força de corte máxima na interface entre camadas), avaliada pelo ensaio de *Leutner* modificado, aquando da introdução da grelha.

Verificou-se que, em termos médios, a introdução da grelha de reforço implicou uma redução da resistência ao corte de aproximadamente 10 kN, tendo a redução ao nível das máximas tensões de corte desenvolvidas na interface sido de cerca de 0,60 MPa.

Os resultados obtidos no estudo desenvolvido são coerentes com os estudos conduzidos por Partl & Raab [12]. Neste estudo [12], um dos aspetos estudados foi o efeito da introdução de grelhas de reforço de diferentes materiais, sendo a fibra de vidro um dos materiais considerados nas propriedades de ligação da interface em pavimentos antigos de betão, reforçados com asfalto e uma camada intermédia em material betuminoso. Verificou-se que nos casos em que houve recurso a reforço com grelhas ocorreu uma redução da resistência da interface a forças de corte, quando comparado com os casos em que não houve introdução de qualquer grelha.

Atualmente não existem valores mínimos de referência, aplicáveis ao nosso país, para a tensão de corte na ligação entre camadas de um pavimento. No entanto, tendo em conta o trabalho desenvolvido por Sutanto [5], no qual é realizado um estudo que visa propor valores de referência para a tensão de corte na ligação entre camadas ligadas dos pavimentos existentes no Reino Unido, é recomendado que a tensão de corte, avaliada pelo método de Leutner modificado, não seja inferior a 1,0 MPa, para a ligação entre camadas de desgaste/regularização, e a 0,50 MPa, para a ligação entre camadas de regularização/base. Embora específicos da realidade do Reino Unido, estes valores são concordantes com os valores propostos para a Alemanha e para a Suíça [14, 15].

## 6 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os resultados apresentados referem-se a um estudo que visou a análise comparativa do comportamento da superfície de ligação entre camadas ligadas de pavimentos, com ou sem a introdução de um elemento limitador da propagação de fendas, através do ensaio de *Leutner* modificado, com a quantificação da tensão de corte.

Foi caracterizado um tipo de interface de ligação com a aplicação de grelha de fibra de vidro, tendo os resultados obtidos sido comparados com os registados no conjunto de referência. Anote-se que seria do maior interesse o ensaio de uma amostra de maior dimensão, de modo a minimizar o valor do desvio padrão obtido, bem como o ensaio de outros tipos de grelha de reforço e com diferentes características e dosagens da emulsão betuminosa aplicada.

Da análise dos resultados obtidos é possível observar uma redução do valor da tensão de corte da interface de ligação entre as camadas ligadas, aquando da introdução da grelha. Considera-se no entanto que esta situação resulta da introdução de um elemento cujas características de deformabilidade são distintas dos materiais constituintes das camadas dos pavimentos, e cuja função é a de limitar a propagação das fendas existentes na camada subjacente à camada superior. Da observação visual dos tarolos ensaiados não foi identificada a presença de fendilhamento da camada de desgaste aplicada sobre a grelha de fibra de vidro.

Considera-se ainda que poderão ser vários os parâmetros que influenciam o comportamento da interface entre as camadas, nomeadamente as características das misturas betuminosas adjacentes, da emulsão betuminosa aplicada, da grelha, bem como as suas condições de aplicação.

De modo a dar continuidade ao estudo apresentado pretende-se prosseguir com novos ensaios laboratoriais, objetivando a parametrização de um conjunto mais abrangente de fatores que são potencialmente influenciadores do comportamento dos pavimentos, nomeadamente, considerando diversos tipos de superfície de ligação onde hajam sido aplicados diferentes elementos limitadores de propagação de fendas, diferentes tipos de pavimento e de emulsões betuminosas.

O desenvolvimento deste estudo paramétrico visa contribuir para o estabelecimento de parâmetros de referência que possam ser aplicáveis à maioria das soluções de reforço estrutural de pavimentos e/ou de limitação de propagação de fendas que têm vindo a ser projetadas e materializadas no nosso país.

## 7 AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos à empresa Construções Gabriel A. S. Couto, S.A. pela disponibilização dos tarolos para estudo e ensaio bem como toda a informação complementar, relativa às características dos materiais aplicados no pavimento.

## 8 REFERÊNCIAS

1. LNEC, *Estudo de técnicas a aplicar no reforço de pavimentos flexíveis fendilhados. Trechos experimentais executados na EN 118 (km 28+100 a km 43+100)*, Relatório 255/06, Lisboa, 2006.
2. RILEM, *Advances in Interlaboratory Testing and Evaluation of Bituminous Materials*, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical committee 206-ATB, Partl, M. et al Editors, Springer, 2013.
3. F. A. Batista, *Novas técnicas de reabilitação de pavimentos. Misturas betuminosas densas a frio*, LNEC, Lisboa, 2004.
4. G. Sweere *et al.*, *Integrated guide – Fully optimised road maintenance*, FORMAT Report, 2005.
5. M. Sutanto, *Assessment of bond between asphalt layers*, University of Nottingham, Nottingham, 2009.
6. D. M. Burmister, *Journal of Applied Physics*, Vol. 16, 89-94, 1945.
7. R. E. Goodman *et al.*, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, Vol. 94, 637-659, 1968.
8. A. Collop *et al.*, *Construction and Building Materials*, Vol. 23, 2251-2258, 2009.
9. Y. Choi *et al.*, *Bond between asphalt layers*, Project Report to the UK Highways Agency, Nottingham, 2005.
10. C. Plug, A. de Bondt, *Adhesion of reinforcement grids in asphalt overlays*, 5<sup>th</sup> World Congress on Emulsions, Lyon, 2010.
11. L. Mohammad *et al.*, *Effects of pavement surface type and sample preparation method on tack coat interface shear strength*, 89<sup>th</sup> Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, 2010.
12. C. Raab, M. Partl, *Interlayer shear performance: experience with different pavement structures*, 3<sup>rd</sup> Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, 2004.
13. H. Codjia, *Erarbeitung eines bewertungshintergrundes für das prüfverfahren ‘schichtenverbund nach leutner’ und bestimmung der präzision*, Karlsruhe, 1994.
14. C. Raab, M. Partl, *Shear adhesion between top layers of fresh asphalt pavements in Switzerland*, 7<sup>th</sup> Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, Victory Falls, 1999.
15. U. Stöckert, *Schichtenverbund – prüfung und bewertungshintergrund, staße und autobahn*, 2001.
16. VSS, *Walzasphalt – konzeption, ausführung und anforderungen an die eigebauten schichten*, Schweizer Norm SN 640430B, Switzerland, 2008.