

Análise comparativa de métodos de ensaio para avaliação do escorrimento, em misturas betuminosas do tipo *Stone Mastic Asphalt*, segundo a norma europeia EN 12697-18

Henrique Miranda¹, Fátima Batista², Maria de Lurdes Antunes³ e José Neves⁴

¹Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Área Departamental de Engenharia Civil, Rua Conselheiro Emídio Navarro, n.º1, 1959-007 Lisboa, Portugal
email: hmiranda@dec.isel.pt <http://www.isel.pt>

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias e Aeroportuárias, Avenida do Brasil, n.º 101, 1700 Lisboa, Portugal

³Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Conselho Diretivo, Avenida do Brasil, n.º 101, 1700 Lisboa, Portugal

⁴Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Sumário

Neste artigo apresentam-se resultados de um estudo que tem em vista contribuir para o conhecimento sobre a formulação, aplicabilidade e desempenho de misturas betuminosas do tipo “Stone Mastic Asphalt” (SMA) em Portugal. Este tipo de misturas implica a realização de ensaios para avaliação do escorrimento. Estes ensaios podem ser realizados segundo um dos métodos preconizados na norma europeia EN 12697-18: método do cesto e método de Schellenberg. O estudo efectuado compreendeu a realização de ensaios de escorrimento, por ambos os métodos referidos, sobre duas misturas SMA com fibras celulósicas, tendo-se concluído que o método de Schellenberg permite diferenciar melhor o comportamento das misturas ao escorrimento.

Palavras-chave: SMA; Fibras celulósicas; Escorrimento.

1 INTRODUÇÃO

As misturas betuminosas do tipo *Stone Mastic Asphalt* (SMA) foram desenvolvidas na Alemanha há cerca de cinco décadas. Desde então, o crescente interesse evidenciado provém do facto deste tipo de mistura betuminosa, pela sua granulometria (descontínua) e composição, garantir uma elevada resistência às solicitações do tráfego, tornando-se numa alternativa económica e ambientalmente interessante.

A estrutura pétreia de uma mistura betuminosa do tipo SMA é fortemente baseada na utilização de uma curva granulométrica descontínua. Tal estrutura conduz a que as misturas SMA apresentem um comportamento em função de duas componentes distintas: os agregados grossos e o mástique betuminoso, formado por agregados finos, fíler, aditivos e betume. Os agregados grossos, pelas suas dimensões, tendem a assegurar por si só um elevado imbricamento, habitualmente designado por “stone-on-stone”, que tem por função garantir um bom comportamento à deformação permanente, mesmo para elevadas pressões de enchimento dos rodados [1]. O mástique betuminoso, que assegura a coesão da mistura betuminosa, apresenta, por sua vez, uma percentagem relativamente elevada de betume, contribuindo para uma maior trabalhabilidade e durabilidade [2, 3] e uma menor sensibilidade à água, em virtude das baixas porosidades utilizadas neste tipo de mistura.

Todavia, o facto de se adoptar uma curva granulométrica descontínua, com uma elevada percentagem de agregados grossos, combinado com o facto de se poderem utilizar, em consequência, maiores percentagens de ligante betuminoso, conduz a um aumento da susceptibilidade das misturas betuminosas do tipo SMA à ocorrência de escorrimento de betume e/ou de mástique betuminoso, durante o transporte, aplicação e quando em serviço, comparativamente às misturas betuminosas convencionais.

Nesse sentido, é habitual a utilização de betumes modificados e/ou de aditivos neste tipo de misturas betuminosas. Entre os aditivos usualmente utilizados, é amplamente divulgada a adopção de fibras celulósicas dispersas ou aglomeradas [4].

No presente trabalho é abordada a avaliação do escorrimento de ligante e/ou de mástique betuminoso, tendo como base os métodos contemplados na norma europeia EN 12697-18 [5], com o objectivo não só de ganhar sensibilidade sobre o comportamento ao escorrimento de misturas SMA, mas também de aferir qual o método de ensaio mais adequado para avaliar o escorrimento em misturas betuminosas do tipo SMA com fibras celulósicas.

A norma EN 12697-18 contempla dois métodos distintos de ensaio, designados, respetivamente, por método do cesto (*Basket method*) e por método de Schellenberg (*Schellenberg method*), e foi publicada em 2004. Porém, o facto das misturas betuminosas habitualmente utilizadas em Portugal não requererem a avaliação do escorrimento, e a ainda reduzida aplicação em obras de misturas betuminosas do tipo SMA, conduz a que o conhecimento existente em Portugal sobre a aplicação da norma europeia EN12697-18 seja ainda relativamente reduzido. Nesse sentido, foi levado a cabo, no LNEC, um programa experimental, o qual compreendeu a realização de ensaios de acordo com ambos os métodos referidos, bem como uma análise comparativa dos dois métodos de ensaio.

2 AVALIAÇÃO DO ESCORRIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO SEGUNDO A NORMA EUROPEIA EN 12697-18

A avaliação do escorrimento de ligante e/ou de mástique betuminoso realizada no presente trabalho, contempla a utilização dos dois métodos de ensaio apresentados na norma EN 12697-18, a saber: método do cesto (denominado na terminologia anglo-saxónica, por *Basket method*) e o método de Schellenberg ou método do copo (denominado por *Schellenberg method*). A utilização dos dois métodos de ensaio preconizados na norma EN 12697-18 tem por base os seguintes pressupostos:

- a norma europeia de produto EN 13108-5 [6], que estabelece os requisitos a que as misturas SMA devem obedecer e, que, no que concerne ao método a utilizar para a avaliação do escorrimento, remete para a norma europeia EN 13108-20 [7];
- a norma europeia EN 13108-20, referente a ensaios de tipo para validação das misturas betuminosas destinadas, nomeadamente, a estradas, remete por sua vez para a norma europeia EN 12697-18, sem especificar qual o método de ensaio mais adequado para avaliação do escorrimento em misturas betuminosas do tipo SMA;
- a norma europeia EN 12697-18, indica que o método do copo não se aplica a misturas betuminosas abertas, não especificando, contudo, de forma concreta qual o método mais adequado para a avaliação do escorrimento em misturas betuminosas do tipo SMA.

Assim apresenta-se seguidamente uma descrição dos dois métodos de ensaio contemplados na norma EN 12697-18 e utilizados no presente trabalho.

2.1 Método do cesto (*Basket method*)

O método do cesto inicia-se após o fabrico de mistura betuminosa segundo a norma europeia EN 12697-35 [8]. Deverão ser fabricados três lotes de mistura betuminosa, cada um com uma massa de agregados de 1100 g, aos quais se adiciona a quantidade de betume pretendida. Um dos lotes produzidos é para controlo, sendo posteriormente descartado, os outros dois lotes de mistura betuminosa não compactada são posteriormente acondicionados individualmente no interior de dois cestos cúbicos, de rede metálica, com aberturas circulares de diâmetro igual a 3,15 mm para permitir o escorrimento de material betuminoso como se pode observar na Figura 1. Cada cesto com a mistura no seu interior deve ser colocado sobre um tabuleiro, onde o material escorrido se irá depositar (Figura 1).

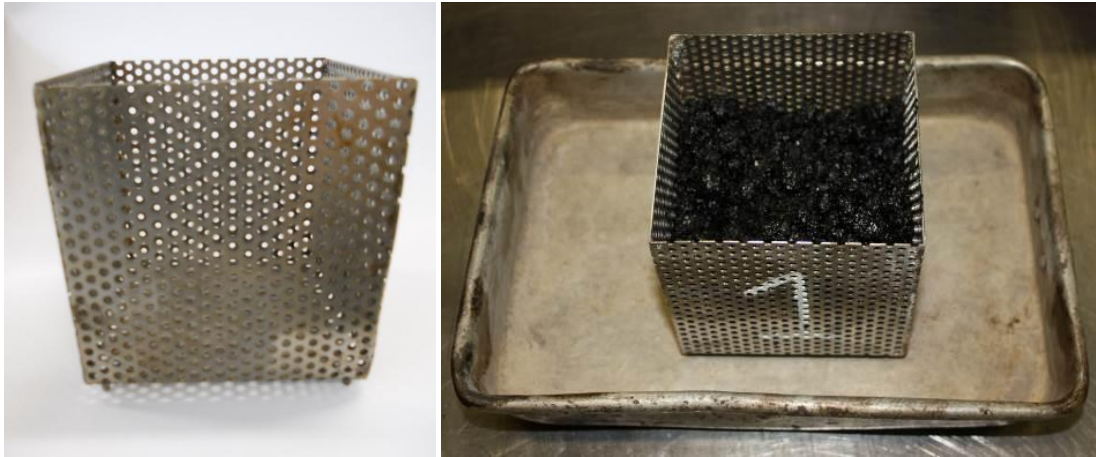


Fig. 1. Cesto (esquerda) e cesto com mistura no seu interior sobre tabuleiro (direita)

Para promover o escorrimento, o conjunto (tabuleiros com os cestos e mistura betuminosa no seu interior) são colocados numa estufa a uma determinada temperatura de ensaio durante um período de 3 horas \pm 15 minutos. O valor da temperatura de ensaio a utilizar para os betumes convencionais corresponde à temperatura para realização da “amassadura” recomendada na norma EN 12697-35 acrescida de 25 °C, ou caso se utilize um betume modificado corresponde à temperatura de “amassadura” recomendada pelo fabricante do betume acrescida de 15 °C.

O resultado do escorrimento de material betuminoso (ligante e/ou mástique betuminoso) numa mistura betuminosa, correspondente ao material que ficou depositado no tabuleiro, sendo obtido através da seguinte equação:

$$D = 100 \times \frac{(W_2 - W_1)}{(1100 + B)} \quad (1)$$

sendo:

D – percentagem de material escorrido para o cesto (%);

W_1 – valor da massa inicial do tabuleiro (g);

W_2 – valor da massa final do tabuleiro com o material escorrido (g);

B – valor da massa inicial de betume na mistura betuminosa (g).

Para uma dada mistura betuminosa, com determinada percentagem de fibras e de betume, o valor de escorrimento é dado pela média aritmética das percentagens de escorrimento obtidas de acordo com a expressão acima apresentada, para um mínimo de dois resultados individuais.

Numa primeira apreciação crítica à norma de ensaio, refere-se que, na equação 1, o denominador corresponde à massa inicial da mistura betuminosa, composta por 1100 g de agregados aos quais se adiciona a percentagem de betume pretendida. Todavia, durante o processo de fabrico da mistura é natural a perda de pequenas quantidades de material, inclusive durante a colocação da mistura dentro dos cestos, situação que não permite garantir de forma exacta a massa de 1100 g de agregados acrescida da massa de betume inicialmente adicionada. Assim, considera-se que, no cálculo da percentagem de material escorrido para o cesto (equação 1), deve o denominador ser substituído pelo valor da massa de mistura betuminosa inicialmente colocada no interior de cada cesto, sendo

esse o valor de massa efectivamente ensaiada, situação que se considera mais coerente e que se apresenta na equação seguinte:

$$D = 100 \times \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3)} \quad (2)$$

sendo, para além dos parâmetros já identificados relativamente à equação 1:

W_3 – valor da massa de mistura betuminosa inicialmente colocada no interior do cesto (g).

O ensaio poderá ser efectuado para tantas misturas betuminosas quantas as necessárias, até se obter a percentagem óptima de fibras, função da percentagem de betume utilizada.

2.2 Método de Schellenberg

No que concerne ao método de *Schellenberg*, por vezes também designado por método do copo, o procedimento de ensaio indicado na norma EN 12697-18 é semelhante ao adoptado no método do cesto, iniciando-se igualmente após o fabrico de três lotes de mistura betuminosa de acordo com a norma europeia EN 12697-35.

Cada lote de mistura betuminosa deverá, neste caso, ter uma massa inicial de agregados de 1000 g, aos quais se adiciona a quantidade de betume pretendida. Dois dos lotes fabricados são acondicionados individualmente no interior de um recipiente de vidro cilíndrico (“copo”) com um diâmetro de 100 mm e uma capacidade de 800 ml, como se pode observar na Figura 2.

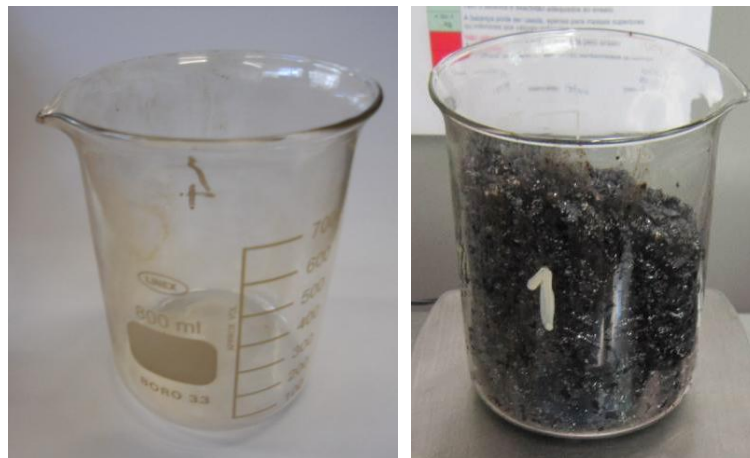


Fig. 2. “Copo” (esquerda) e “copo” com mistura no seu interior (direita)

Posteriormente os dois copos com as amostras no seu interior são colocados numa estufa a uma determinada temperatura de ensaio durante um período de 60 minutos \pm 1 minuto. O valor da temperatura de ensaio a utilizar, deve respeitar o que já foi indicado anteriormente para o método do cesto.

O resultado do escorrimento de ligante numa mistura betuminosa, com determinada percentagem de fibras e de betume, corresponde ao material que ficou retido no copo, após se virar o copo com a base para cima durante 10 segundos, sendo obtido através da média aritmética das percentagens de escorrimento obtidas para cada copo e determinadas através da equação 3. Porém, se a massa de material betuminoso retido no copo for superior a 0,5 % da massa inicial da amostra, a norma EN 12697-18 indica que o material retido não é apenas

betume, sendo constituído também por partículas de agregado ou mástique betuminoso, pelo que se deve proceder à peneiração do material com o peneiro de malha quadrada de dimensão 1 mm, sendo aplicável a equação 4 para determinar a massa de material retido no peneiro, a qual deve ser subtraída à massa de material escorrido.

Como referido anteriormente, a percentagem de material escorrido (D) para cada um dos copos e se aplicável o material retido (R) no peneiro de malha quadrada de dimensão 1 mm são obtidos através das seguintes equações:

$$D = 100 \times \frac{(W_3 - W_1 - W_4)}{(W_2 - W_1)} \quad (3)$$

e

$$R = 100 \times \frac{(W_4)}{(W_2 - W_1)} \quad (4)$$

sendo:

D – percentagem de material escorrido no copo (%);

R – percentagem de material retido no peneiro (%);

W₁ – valor da massa inicial do copo (g);

W₂ – valor da massa inicial do copo com a massa da amostra de mistura betuminosa (g);

W₃ – valor da massa inicial do copo com a massa de material retido no copo após virar o copo (g);

W₄ – valor da massa do material seco retido no peneiro (g).

Tal como no método do cesto, o ensaio poderá ser efectuado para tantas misturas betuminosas quantas as necessárias, até se obter a percentagem óptima de fibras, função da percentagem de betume utilizada.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

A avaliação do escorrimento foi efectuada utilizando os dois métodos de ensaio preconizados na norma europeia EN 12697-18.

3.1 Materiais estudados

Para avaliação do escorrimento foram utilizadas duas misturas betuminosas do tipo SMA cujas principais características se apresentam no Quadro 1.

Quadro 1. Misturas betuminosas SMA estudadas

Identificação da mistura	Natureza dos agregados	Tipo de betume	% de betume	% de fibras na mistura betuminosa
SMA 12	Granodioritos	PMB 45/80-55	5,5	0; 0,2; 0,3 e 0,4
SMA 14	Granitos	PMB 45/80-65	6,0	0; 0,2; 0,3 e 0,4

Em todas as misturas foi utilizado fíler comercial, de origem calcária, e fibras celulósicas aglomeradas.

Ambas as misturas SMA foram fabricadas em laboratório e submetidas a ensaio no laboratório do Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias e Aeroportuárias do Departamento de Transportes do LNEC, tendo os materiais sido fornecidos pela empresa Rettenmaier Ibérica S.L Y CIA. S. COM (JRS).

Nas Figuras 3 e 4 representam-se, respectivamente, as curvas granulométricas obtidas para cada uma das misturas de agregados empregues no fabrico das misturas betuminosas SMA, bem como o respectivo fuso granulométrico.

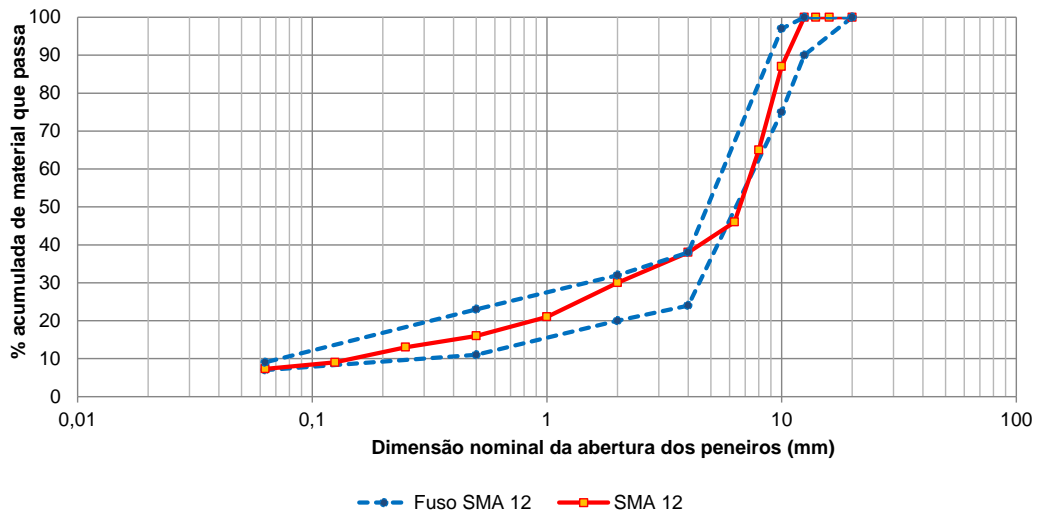


Fig. 3. Curva granulométrica da mistura de agregados da mistura SMA 12

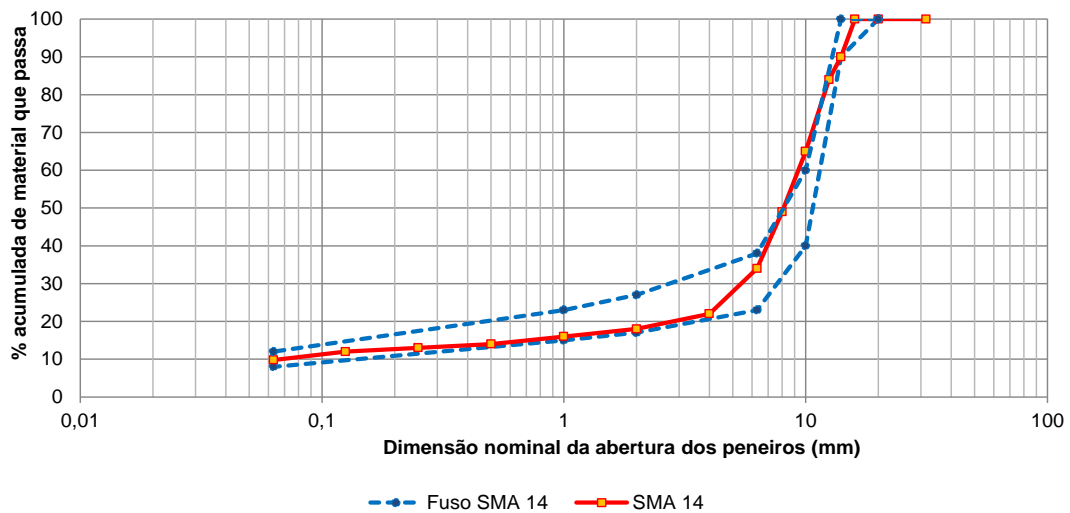


Fig. 4. Curva granulométrica da mistura de agregados da mistura SMA 14

3.2 Resultados dos ensaios

A avaliação do escorrimento das misturas betuminosas do tipo SMA foi, como referido anteriormente, baseada no ensaio do cesto (*Basket method*) e no ensaio do copo (*Schellenberg method*), de acordo com o procedimento indicado na norma europeia EN 12697-18. Os ensaios foram realizados para as misturas SMA 12 e SMA 14 a uma temperatura constante de 180 °C e 185 °C, respectivamente.

Foram também realizados ensaios sobre misturas de controlo, fabricadas com diversas percentagens de betume, mas sem qualquer adição de fibras.

No Quadro 2 são apresentados os resultados dos ensaios. É ainda apresentado neste quadro, uma estimativa da percentagem mínima de fibras necessária para que o escorrimento (D) seja inferior a 0,3 %, valor comumente adoptado a nível mundial [9, 10].

Nas Figuras 5 e 6 é efectuada a representação gráfica dos resultados dos ensaios apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Resultados do escorrimento de material betuminoso, obtidos para as misturas SMA 12 e SMA 14

Identificação das misturas ensaiadas	Tipo de mistura SMA	P _b (%)	Método de ensaio	P _{fibras} (%)	D (%)	(*)P _{fibras} necessária para garantir que D < 0,3 %
SMA12-B5,5-MC	SMA 12	5,5	Método do Cesto	0	0	0
				0,2	0	
				0,3	0	
				0,4	0	
SMA12-B5,5-MS			Método de Schellenberg	0	0,59	0,13
				0,2	0,14	
				0,3	0,11	
				0,4	0,05	
SMA14-B6,0-MC	SMA 14	6,0	Método do Cesto	0	3,80	0,18
				0,2	0	
				0,3	0	
				0,4	0	
SMA14-B6,0-MS			Método de Schellenberg	0	3,23	0,33
				0,2	0,76	
				0,3	0,36	
				0,4	0,18	

Legenda: P_b – Percentagem de betume; P_{fibras} – Percentagem de fibras; D – Escorrimento, em percentagem

(*) Valor estimado

No Quadro 2, das duas misturas SMA analisadas, é possível observar um maior escorrimento para a mistura SMA 14, independentemente da percentagem de fibras utilizadas. Tal poderá ser resultante, nomeadamente, da utilização de: agregados com maior dimensão nominal (menor superfície específica); uma maior percentagem de betume; assim como da utilização de uma curva granulométrica mais descontínua comparativamente ao que é adoptado na SMA 12.

Independentemente do tipo de mistura SMA analisada, no Quadro 2, assim como nas Figuras 5 e 6, observa-se que um aumento da percentagem de fibras celulósicas utilizadas nas misturas SMA tende a promover uma diminuição do material betuminoso escorrido.

Porém, se se considerarem individualmente ambos os métodos de avaliação do escorrimento preconizados na norma EN 12697-18, é possível constatar, através da leitura do Quadro 2, que o método de *Schellenberg* tende a apresentar, para ambas as misturas SMA (SMA 12 e SMA 14), uma diminuição gradual do escorrimento em função da utilização de uma maior percentagem de fibras celulósicas. No caso do método do cesto, não é possível concluir de forma evidente uma tendência na variação da percentagem de escorrimento, uma vez que, nos ensaios efetuados sobre a mistura SMA 12, o escorrimento é sempre nulo independentemente da percentagem de fibras celulósicas utilizada. Para a mistura SMA 14, a variação da percentagem de escorrimento tende a ser semelhante à que é observada com o método de *Schellenberg*.

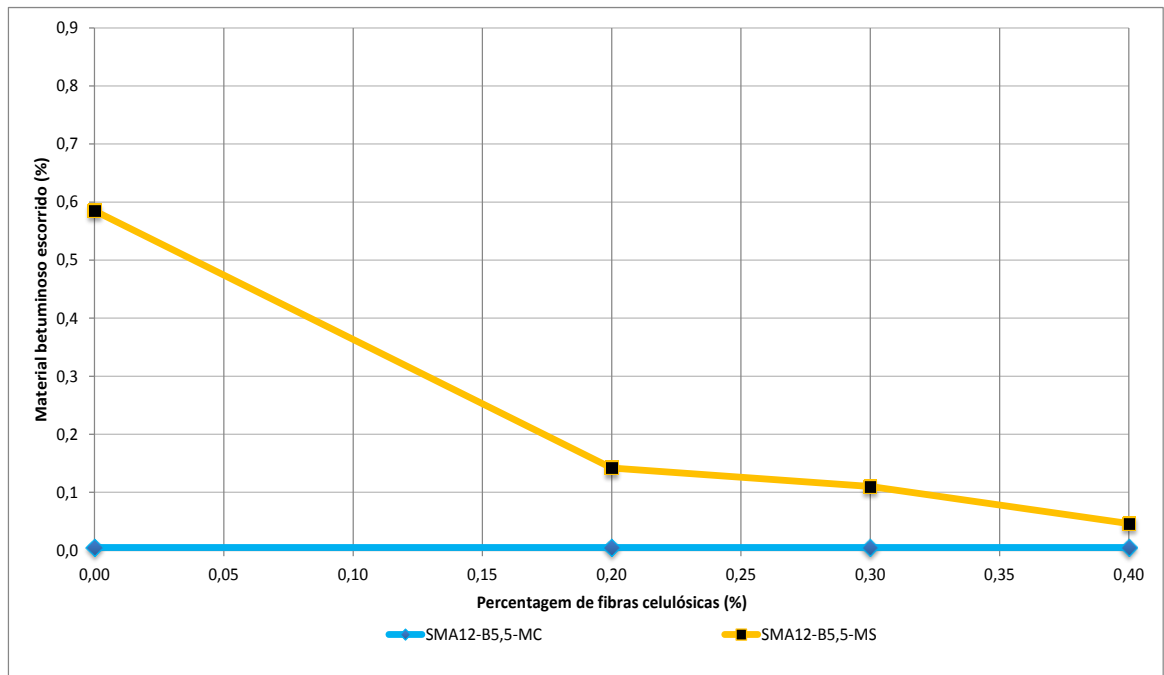


Fig. 5. Percentagem de material escorrido em função da percentagem de fibras celulósicas adoptada (SMA 12)

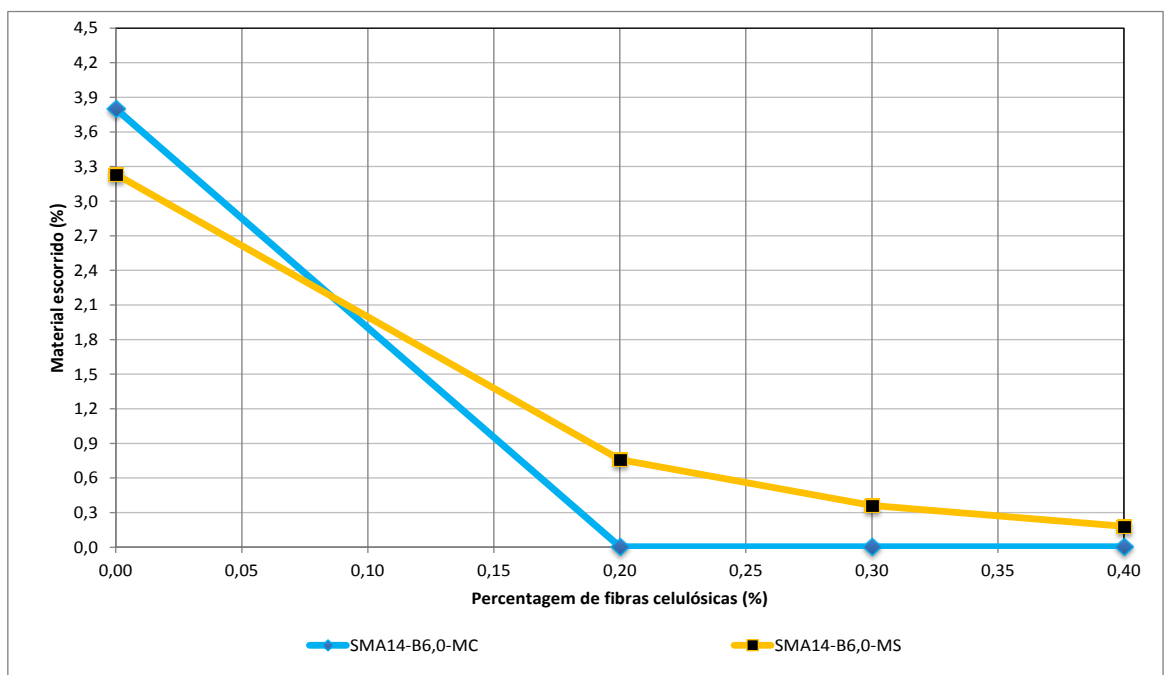


Fig. 6. Percentagem de material escorrido em função da percentagem de fibras celulósicas adoptada (SMA 14)

De acordo com as Figuras 5 e 6 é possível constatar que o método de *Schellenberg* ou método do copo tende a apresentar valores de escorrimento superiores aos obtidos através do método do cesto, à excepção da mistura SMA 14 com 0 % de fibras, onde o valor de escorrimento obtido no método do cesto é superior ao observado no método do copo.

Se estimada a percentagem de fibras celulósicas necessária para garantir que as misturas betuminosas SMA apresentem um escorrimento inferior a 0,3 %, relativamente à massa total da mistura betuminosa (valor usualmente utilizado a nível mundial), é aferido que o método de *Schellenberg* requer para ambas as misturas SMA analisadas a necessidade de utilização de uma maior percentagem de fibras comparativamente ao método do cesto. De facto, de acordo com os valores estimados apresentados no Quadro 2, a percentagem de fibras celulósicas a utilizar no fabrico das misturas SMA analisadas (SMA 12 e SMA 14) de modo a garantir um escorrimento de material inferior a 0,3 % é, para a SMA 12, de 0 % e de 0,13 %, respectivamente, segundo o método do cesto e de *Schellenberg* e, para a SMA 14, de 0,18 % e 0,33 %, respectivamente, segundo o método do cesto e de *Schellenberg*.

Dos dois métodos de ensaio analisados, o método de *Schellenberg* (ou método do copo) comparativamente ao método do cesto, tende a ser: mais condicionante, requerendo uma maior percentagem de fibras celulósicas para o fabrico das misturas SMA analisadas; e mais sensível à variação da percentagem de fibras celulósicas utilizadas.

Para avaliar a influência da percentagem de fibras utilizadas, se considerado um intervalo de -0,1 % e +0,1 % relativamente a 0,3 % de fibras celulósicas, no Quadro 2 facilmente se constata que, no caso da mistura SMA 12, o valor do escorrimento aumenta 0,03 % e 0,06 %, quando se diminui a percentagem de fibras de 0,3 % para 0,2 % e de 0,4 % para 0,3 %, respectivamente.

No caso da mistura SMA 14, constata-se que esta tende a apresentar uma maior sensibilidade à redução da percentagem de fibras utilizadas, verificando-se um aumento do escorrimento de 0,40 % e de 0,18 %, quando se passa a percentagem de fibras de 0,3 % para 0,2 % e de 0,4 % para 0,3 %, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Em suma, os resultados dos ensaios deste estudo, para avaliação do escorrimento nas misturas betuminosas do tipo SMA, permitiram obter as seguintes conclusões principais:

- (i) Ambos os métodos de ensaio preconizados na EN 12697-18 – método do cesto e método de *Schellenberg* – apresentam procedimentos semelhantes e de execução relativamente simples. Porém, a avaliação através do método de *Schellenberg* é mais rápida e económica, permitindo comparativamente ao método do cesto reduzir a duração do ensaio em 2 horas, para a mesma temperatura de ensaio, e a utilização de menos 100 g de agregados para cada ensaio individual realizado.
- (ii) Na norma europeia EN 12697-18 (“Binder drainage”) é efectuada a avaliação do escorrimento de material betuminoso e não apenas do ligante betuminoso, dado que em ambos os métodos preconizados não é possível assegurar apenas o escorrimento de ligante.
- (iii) Para ambos os métodos de avaliação do escorrimento é possível constatar que a utilização de fibras celulósicas apresenta um efeito inibidor do escorrimento de material betuminoso nas misturas SMA analisadas;
- (iv) Observa-se um maior escorrimento para a mistura SMA 14, relativamente à mistura SMA 12, independentemente da percentagem de fibras utilizadas. Tal poderá ser resultante, nomeadamente, da utilização de: agregados com maior dimensão nominal; uma maior percentagem de betume; assim como da utilização de uma curva granulométrica mais descontínua comparativamente ao que é adoptado na mistura SMA 12.
- (v) A percentagem de fibras celulósicas estimada a utilizar no fabrico das misturas SMA analisadas (SMA 12 e SMA 14) de modo a garantir um escorrimento de material inferior a 0,3 % é de cerca de 0 % e de 0,13 % para a mistura SMA 12 e de cerca de 0,18 % e 0,33 % para a mistura SMA 14, segundo os métodos do cesto e de *Schellenberg*, respectivamente. Para ambas as misturas, o método do cesto requer menos 0,14 % de fibras celulósicas relativamente ao método de *Schellenberg*.

- (vi) O método de *Schellenberg* tende a apresentar uma maior sensibilidade ao escorrimento comparativamente ao método do cesto. Tal poderá indicar que os orifícios do cesto poderão ficar colmatados com mástique betuminoso e/ou agregados grossos impossibilitando o adequado escorrimento do material betuminoso nas misturas betuminosas SMA. Da mesma forma, o método de *Schellenberg*, comparativamente ao método do cesto, tende a ser mais condicionante, requerendo a adição de maiores percentagens de fibras celulósicas para a obtenção do mesmo nível de escorrimento nas misturas SMA analisadas e a ser mais sensível à variação da percentagem de fibras celulósicas utilizadas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da empresa JRS nomeadamente, pela disponibilização dos materiais imprescindíveis à realização dos ensaios laboratoriais. É ainda efectuado um agradecimento pelo apoio dos técnicos do laboratório do Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias e Aeroportuárias do Departamento de Transportes do LNEC à concretização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

1. E. R. Brown, *Experience With Stone Matrix Asphalt in the United States*. National Center for Asphalt Technology, NCAT Report 93-04, Auburn University, 1992.
2. E. R. Brown & J. E. Haddock, *Method to Ensure Stone-on-Stone Contact in SMA Paving Mixtures*. TRR 1583, National Research Council, TRB, USA, pp. 11-18, 1997.
3. E. R. Brown & R. B. Mallick, *Evaluation of Stone-on-Stone Contact in Stone Matrix Asphalt*. TRR 1492, National Research Council, TRB, USA, pp. 208-219, 1995.
4. ARRB, *Technical Note 16 – Stone Mastic Asphalt*. ARRB Transport Research, Austroads, 2004.
5. EN 12697-18: 2004 – Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt. Part 18: Binder drainage. CEN, European Committee for Standardization, Bruxelas.
6. NP EN 13108-5: 2006(ed1)/AC:2008 – Bituminous mixtures – Material specifications – Part 5: Stone Mastic Asphalt. IPQ, Instituto Português da Qualidade, Almada.
7. NP EN 13108-20: 2008 – Misturas betuminosas – Especificações dos materiais. Parte 20: Ensaios de tipo. IPQ, Instituto Português da Qualidade, Almada.
8. EN 12697-35:2004/A1:2007 (ed1) – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 35: Laboratory mixing. IPQ, Instituto Português da Qualidade, Almada.
9. AASHTO T305 – *Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures*.
10. K. D. Stuart, *Stone Mastic Asphalt (SMA) Mixture Design*. FHWA Report RD-92-006, FHWA, McLean, 1992.