

NOVO MODELO DE ESPECIFICAÇÕES DE LIGANTES BETUMINOSOS

Vicente Perez Mena¹, Teresa Carvalho²

¹Cepsa Espanha, Departamento Técnico Asfaltos, Carretera Daganzo km 5,5, 28806 Alcalá de Henares, Madrid, Espanha

²Cepsa Portuguesa, Departamento Técnico Asfaltos, Avenida Columbano Bordalo Pinheiro 108 – 3º, 1070-067 Lisboa, Portugal

email: teresa.carvalho@cepsa.com; <http://www.cepsa.pt>

Sumário

No plano de trabalho do comité europeu de normalização, para ligantes betuminosos CEN TC-336, foram adotadas algumas prioridades, por forma a definir um novo modelo de especificações mais adaptado à realidade e tendo em conta o desempenho do ligante na mistura betuminosa. De acordo com esta filosofia foi decidido estabelecer e desenvolver especificações europeias para produtos betuminosos, em conformidade com o Regulamento de Produtos para a Construção, estabelecer métodos de ensaio que descrevam as características e o desempenho desses produtos e desenvolver especificações de produto de acordo com seu desempenho.

Nesta comunicação tratar-se-á de explicar como as especificações dos produtos betuminosos serão adaptadas à abordagem de desempenho do produto, quais os ensaios necessários e como as novas especificações, que estão a ser desenvolvidas para esses produtos no mercado europeu, serão colocadas em prática.

Palavras-chave: Especificações de Ligantes Betuminosos; Desempenho; Nova abordagem

1 INTRODUÇÃO

Os Ligantes betuminosos procedentes da destilação de petróleo têm sido utilizados na construção de estradas há mais de um século. Em todo este tempo, tem havido um desenvolvimento significativo dos mesmos, conduzindo a uma variedade de produtos que permite a realização de diferentes técnicas e soluções de aplicação em estradas, que vão desde os tratamentos superficiais até misturas betuminosas de elevado desempenho.

No caso específico dos betumes, as especificações dos produtos não têm sofrido grandes alterações, tendo havido uma abordagem mais baseada nas propriedades empíricas e em propriedades advindas da experiência acumulada.

No entanto, dão-se duas circunstâncias interessantes que nos levam a avançar: primeiro, tem sido demonstrado que as propriedades empíricas básicas (penetração, temperatura de amolecimento, etc.) não preveem nem discriminam o comportamento de ligantes mais sofisticados, como é o caso dos modificados com polímeros. Por outro lado, desenvolveram-se métodos analíticos fundamentais capazes de avaliar de forma mais precisa o comportamento viscoelástico de um material betuminoso sobre uma ampla gama de temperaturas, tais como ensaios reológicos com o reómetro dinâmico de corte.

Depois da primeira experiência realizada por técnicos americanos que consideraram especificar utilizando uma abordagem baseada no desempenho Superpave do Programa de Pesquisa Highway Estratégico (SHRP), abordagem essa que se encontra em constante evolução, na Europa considerou-se efetuar a atualização das especificações de produto face à realidade atual e tendo em conta o desempenho do produto na mistura betuminosa.

Assim, no plano de trabalho do Comité Técnico CEN TC-336 “Bituminous Binders”, foram especificamente definidas as seguintes prioridades:

- Estabelecimento e desenvolvimento de especificações europeias para determinar as características dos produtos betuminosos, em conformidade com o Regulamento relativo aos produtos para construção.
- Estabelecimento métodos de ensaio que descrevam as características e o desempenho desses produtos.
- Desenvolvimento de especificações de produto de acordo com seu desempenho.

Nesta comunicação explicar-se-á como vão ser adotadas as especificações para ligantes betuminosos com a abordagem baseada no desempenho, quais poderão ser os ensaios necessários e o que significarão, na prática, estas especificações.

2 NORMALIZAÇÃO EUROPEIA DE PRODUTOS BETUMINOSOS

2.1 Mandato europeu

A partir da Diretiva Europeia de 21 de dezembro de 1988, é estabelecida a necessidade de aproximar as leis, regulamentos e disposições administrativas dos estados membros, relativas aos produtos da construção. Nesse sentido, foi emitido o Mandato Europeu M/124, em julho de 1998, no qual são descritas as bases para essa harmonização. Isto significa que as especificações de produto, outrora desenvolvidas para cada país em concreto, deverão ser discutidas, passando a ser especificações harmonizadas e únicas para todos os países dos estados membros. Neste documento são definidas quais as características de desempenho que são relevantes para cada um dos produtos da construção.

Em resposta ao referido mandato, o Comité Técnico TC 336 elaborou um documento em que especifica como planeia desenvolver estas especificações.

Alguns dos aspetos mais importantes da resposta ao mandato M/124, em relação aos produtos betuminosos são:

- Desenvolvimento da norma europeia EN 12591 [1] de ligantes betuminosos para pavimentação, elaborada a partir das normas particulares que cada país tinha, e fazendo a integração numa normativa comum, na qual foram consideradas as características mais relevantes para definir o comportamento do material.
- Os mesmos princípios são considerados para a especificação da EN 14023 [2] de betumes modificados.

As características essenciais consideradas em ambos os tipos de produtos são as que aparecem nas especificações:

- Consistência a temperaturas intermédias, medida através da penetração.
- Consistência a temperaturas elevadas, medida através da temperatura de amolecimento.
- Fragilidade a temperatura baixa, medida através do ensaio Fraass.
- Dependência da consistência com a temperatura, conhecida como suscetibilidade térmica, apenas aplicável aos ligantes modificados, medida através do índice de penetração (Ip).
- Recuperação elástica, apenas para betumes modificados.
- Coesão, apenas para betumes modificados.
- Durabilidade da consistência com o envelhecimento, medida através da variação de massa, penetração e temperatura de amolecimento após envelhecimento a curto prazo, com o RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)
- Estabilidade ao armazenamento, no caso dos betumes modificados.

Por último, no regulamento de produtos da construção (CPR), são estabelecidas as regras para o mercado de produtos de construção comercializados na Europa promovendo uma linguagem técnica comum, para avaliar o desempenho dos materiais.

3 ENFOQUE NO DESEMPENHO

O comportamento de um ligante betuminoso é bastante interessante, sendo que uma das suas características mais importantes é a sua suscetibilidade térmica, ou seja, as propriedades mensuráveis que dependem da temperatura. Esta suscetibilidade térmica é a que permite que, o ligante ao ser aquecido o suficiente poder ser misturado com os agregados e, uma vez esta mistura arrefecida possa suportar as cargas de tráfego, tendo, em conjunto com os restantes componentes da mistura betuminosa, as propriedades necessárias para um correto desempenho no pavimento.

O comportamento do betume depende também do tempo de aplicação da carga, isto é, para a mesma força e o mesmo betume, a resposta será diferente se esta carga for aplicada mais rápida ou lentamente.

Ambos os efeitos, velocidade de carga e temperatura, podem ser simulados de forma complementar. Significando, por isso, que baixas temperaturas podem-se estudar com aplicações de cargas rápidas e temperaturas elevadas podem-se estudar com aplicações lentas de carga e vice-versa.

Também é sabido que o betume tem um comportamento viscoelástico porque exhibe, simultaneamente, ambas as características, sendo uma ou outra mais evidente nos extremos.

3.1 Desempenho

Logicamente, na altura de se definir as especificações por desempenho de um ligante betuminoso, é necessário conhecer as possíveis patologias que se podem encontrar num pavimento. Assim, teoricamente, devemos procurar que característica pode representar um melhor ou pior desempenho no produto final. Podemos distinguir como situações a enfrentar:

- A deformação permanente, geralmente mais crítica a altas temperaturas.
- O fendilhamento por fadiga, que tem como referência a aplicação repetida de cargas a temperaturas de serviço intermédias.
- Fendilhamento a baixa temperatura, produzida pela contração do material.

Dito isto, é muito importante ressaltar que estes problemas não são devidos, unicamente, ao comportamento do betume mas também à formulação da mistura e seu conjunto. Assim, por exemplo, podemos ter problemas de rodadeiras devido a uma má formulação no esqueleto mineral, aparentes problemas de fadiga que provenham simplesmente de uma inadequada estimação das cargas de tráfego ou fissurações prematuras em misturas com deficientes conteúdos de betume.

No que se refere ao caso particular de ligantes modificados, fica cada vez mais patente a necessidade de ter novas especificações e que estas reflitam melhor o comportamento esperado do material.

Assim, os principais motivos para evoluir até às especificações de desempenho são:

- Escassa informação do comportamento viscoelástico do material.
- As propriedades a baixa temperatura não serem medidas adequadamente, especialmente nos ligantes modificados, naqueles em que o FRAASS não dá resultados de acordo com a realidade.
- Os efeitos da fadiga não serem adequadamente considerados.
- Não ser considerado o comportamento do material em função da sua etapa de envelhecimento.

3.2 Modelo americano

Os primeiros a adotar claramente especificações com enfoque na formulação de misturas betuminosas baseando-se no desempenho foram os norte-americanos, com o desenvolvimento do sistema conhecido como SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement) realizado a partir do plano estratégico de investigação iniciado em 1978 (Strategic Highway Research Program) [6].

Os ligantes foram especificados com base em temperaturas extremas que eram capazes de suportar (em condições adequadas) e definidos parâmetros reológicos para caracterizar o comportamento crítico face à falha possível do material. Assim, simplificando, um grau PG 64-22 indicaria bom comportamento esperado desse ligante em zonas onde as temperaturas máxima e mínima estimadas estejam entre os 64 °C e -22 °C.

Certamente que o modelo SUPERPAVE não é definitivo e continua a ser desenvolvido, sendo que ainda existem alguns problemas para resolver. Por isso foram adicionados alguns ensaios e parâmetros que melhor conseguem explicar o comportamento dos ligantes, sobretudo dos ligantes modificados como é o caso do ensaio MSCRT (Multiple Stress Creep and Recovery Test).

O conhecimento e experiência prévia dos nossos colegas do outro lado do Atlântico será em parte aproveitada no desenvolvimento das novas especificações europeias.

4 AS ESPECIFICAÇÕES EUROPEIAS COM BASE NO DESEMPENHO

Conscientes no Mandato da Comissão Europeia sobre o desenvolvimento das especificações com base no desempenho dos produtos era necessário dar o passo desde as especificações puramente empíricas até às de desempenho. No entanto, a alteração do modelo apresenta alguns problemas como sejam a falta de experiência geral no setor no que se refere a ensaios reológicos, a complexidade dos ensaios, a duração dos mesmos e o custo dos equipamentos.

4.1 Betumes simples vs betumes complexos

O resultado de uma primeira análise do CEN, em como abordar o processo de alteração do modelo de especificações, levou à consideração de dois tipos de ligantes: Betumes simples, basicamente os convencionais, que consideramos suficientemente bem caracterizados nas especificações atuais e betumes complexos, como aqueles em que isso não acontece, como é o caso dos betumes modificados com polímeros.

O primeiro resultado desta abordagem é o facto de, atualmente, se estar a rever a norma dos betumes modificados com uma perspetiva de desempenho, incorporando ensaios reológicos que sejam mais adequados. Enquanto que para os ligantes convencionais foi resolvido manter, de momento, as especificações atuais e incorporar, através de um anexo informativo, os ensaios de desempenho relevantes.

4.2 A futura norma EN 12591

No processo de revisão da norma EN 12591, “Betumes e ligantes betuminosos. Especificações de betumes para pavimentação”[1], começou em janeiro de 2015 e o resultado final da mesma foi submetido a votação em 2017, sendo provada pelos estados membros. No entanto, por questões formais não foi ainda publicada.

A modificação mais importante que sofrerá a dita norma é a incorporação de um anexo de carácter informativo (Anexo B), onde se incluem as propriedades de desempenho (Suscetibilidade térmica e Comportamento a baixa temperatura após envelhecimento). Estes parâmetros serão considerados “A reportar”.

Salienta-se que estes valores são valores informativos, o que quer dizer que não é necessário cumprir nenhum limite nem especificação. Todos os valores são igualmente válidos. Cabe esperar que a partir da informação compilada durante os próximos anos, se defina um conjunto de especificações com valores e limites concretos para aplicar nas próximas revisões da norma.

4.3 As normas EN 13924-1 e EN 13924-2

As normas EN 13924-1 “Especificações de betumes duros de pavimentação” e EN 13924-2 “Especificações de betumes multigraduados para pavimentação” substituem e anulam a EN 13924 “Especificações de betumes duros para pavimentação” [3,4].

Estas normas também sofreram o seu processo de revisão semelhante ao da EN 12591, fruto do qual se incorpora um anexo (Anexo B), onde se apresenta uma lista de propriedades informativas baseadas numa caracterização reológica.

Adicionalmente, para os betumes multigraduados também se solicitará, no referido anexo, informação sobre o seu comportamento após envelhecimento por PAV (Pressure Aging Vessel), no que diz respeito aos valores de penetração, variação de massa e aumento da temperatura de amolecimento.

5 MODOS DE FALHA E PARÂMETROS REOLÓGICOS,

Os principais mecanismos de falha de um pavimento (deformação plástica, falha por fadiga e fendilhamento térmico) estão relacionados com o comportamento viscoelástico do betume [5].

Em função da temperatura, do esforço e do tempo de carga a que está submetido o betume, predomina a sua componente viscosa (capacidade de fluir como um líquido) ou a sua componente elástica (capacidade de dissipar energia como um sólido elástico). As técnicas reológicas DSR (Dynamic Shear Rheometer) e BBR (Bending Beam Rheometer) permitem caracterizar o comportamento face a um esforço de corte e de flexão respetivamente. Ambas as técnicas se baseiam na aplicação de uma carga e posterior medição da deformação. Esta deformação é expressa sob a forma de duas propriedades principais:

- Resistência total do ligante à deformação expressa através do módulo complexo (G^*) no DSR e módulo de rigidez (S) no BBR.
- Grau de contribuição para a resistência das componentes elástica (deformação recuperável) e viscosa (deformação permanente) expressa através do ângulo de fase (δ) no DSR ou a capacidade de dissipação de energia expressa através da velocidade de relaxamento (m) no BBR.

Assim, os betumes a temperaturas intermédias, tenderão a comportar-se como semi-sólidos com valores baixos de δ e G^* elevados (a força necessária para deforma-los é elevada e a capacidade de recuperar o seu estado inicial é alta), enquanto que ao aumentar a temperatura, o módulo G^* diminui e o ângulo de fase δ aumenta (o material é cada vez mais deformável e assemelha-se a um líquido). Pelo contrário, a temperaturas muito baixas comporta-se como um sólido: um valor alto de S (alta rigidez) indicando que a contração térmica induz um elevado desenvolvimento de tensões, enquanto que um valor alto de m indica uma elevada velocidade de relaxamento dessas tensões.

5.1 Falha por deformações plásticas (rodeiras)

A formação de rodeiras deve-se à acumulação de tensões pela passagem repetida dos veículos. Parte do trabalho de deformação da camada superficial do pavimento é recuperado de forma elástica e parte é dissipada em deformações permanentes e calor, dando lugar à falha. Este modo de falha é importante a temperaturas médias/altas durante os primeiros anos de serviço do pavimento, uma vez que à medida que vai envelhecendo, o ligante aumenta a rigidez e a formação de rodeiras é menos provável.

Para uma adequada resistência à formação de rodeiras, os ligantes devem apresentar um módulo (G^*) elevado, uma vez que implica uma elevada resistência total às deformações e uma componente elástica elevada (valor de δ baixo) desde o momento da sua aplicação na estrada. Neste contexto, a resistência face à formação de rodeiras é avaliada através do DSR sobre betume envelhecido a curto prazo (RTFOT – Rolling Thin Film Oven) considerando como valor crítico $G^* = 0,05$ MPa e reportando a temperatura a que se alcança o dito valor e o valor do ângulo de fase a essa temperatura. Quanto maior for a temperatura a que se cumpre o critério de igualdade e menor delta, mais resistente será o pavimento à formação de rodeiras.

5.2 Falha por fadiga

A fadiga deve-se a cargas cíclicas abaixo da carga crítica e é produzida a temperaturas próximas da ambiente. A resistência à fadiga depende da capacidade do material se recuperar após a carga cíclica. Desta forma, um comportamento altamente elástico (valores de δ baixos) favorece a recuperação. Em camadas finas é um fenómeno controlado por deformação, a resistência à fadiga vê-se favorecida por valores de G^* baixos, que implicam um menor desenvolvimento das tensões ante a deformação induzidas pela carga cíclica e, portanto, uma recuperação mais fácil do estado tensional inicial.

A resistência face a fadiga é avaliada através do DSR sobre betume envelhecido a curto prazo (RTFOT) considerando um módulo máximo $G^* = 5$ MPa, reportando de igual forma a temperatura que se alcança e o ângulo de fase correspondente. A temperaturas abaixo desta, o valor do módulo é tão elevado que ante a deformação imposta pela carga cíclica, o nível tensional é tão elevado que pode dar lugar a falhas. Desta forma, os valores de temperatura aos que $G^* = 5$ MPa serão menores quanto mais resistente for o ligante à fadiga.

5.3 Fendilhamento térmico

É o mecanismo de falha predominante a temperaturas baixas e é o resultado da acumulação de tensões devidas à contração térmica do pavimento. Este mecanismo de falha é importante nos ligantes altamente envelhecidos, que se caracterizam por uma elevada rigidez e uma baixa capacidade de relaxamento de tensões.

A resistência ao fendilhamento é avaliada através do BBR sobre o betume previamente submetido a um envelhecimento severo (RTFOT seguido de PAV) que simula anos de serviço na estrada. Reportam-se os valores de temperatura nos quais se alcançam os valores críticos de $S = 300$ MPa e $m = 0,300$. Quanto menores forem ambas as temperaturas para um ligante, mais resistente ao fendilhamento será o pavimento fabricado a partir do mesmo.

5.4 Descrição dos ensaios

As propriedades informativas reológicas do ligante betuminoso, consideradas no Anexo B da futura especificação EN 12591 podem ser divididas em duas categorias: As relacionadas com a sensibilidade a temperaturas médias (10-40 °C) e altas (40 a 80 °C) e as relacionadas com a sensibilidade a baixas temperaturas (-36 a 0 °C).

Comportamento a temperaturas médias/altas: Determinação de T e δ por DSR

O comportamento do ligante a médias e altas temperaturas é avaliado através das características reológicas G^* (módulo complexo) e δ (ângulo de fase) sobre uma amostra de betume envelhecida por RTFOT (envelhecimento a curto prazo segundo a norma EN 12607-1), figura 1.

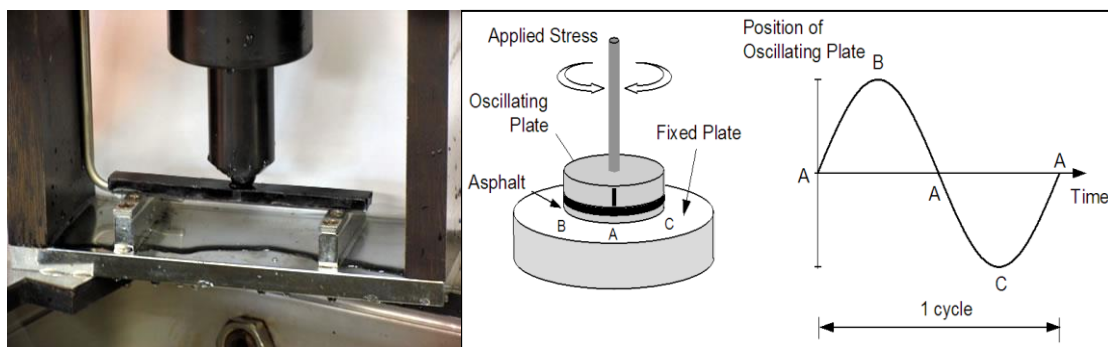


Fig.1. Esquema de trabalho do BBR e esquema de trabalho do ensaio no DSR [7]

O ensaio com o DSR (Dynamic Shear Rheometer), descrito na norma EN 14770, realiza-se aplicando uma carga de corte constante oscilatória numa amostra de ligante colocada entre dois pratos metálicos paralelos. O ensaio é realizado a temperaturas de 10 °C a 80 °C e frequências entre 0,1 Hz e 10 Hz.

O módulo complexo (G^*) é determinado como a relação entre a amplitude da tensão e a amplitude da deformação sofrida pelo material.

As temperaturas às quais $G^* = 5$ MPa e $G^* = 0,05$ MPa são obtidas através da interpolação logarítmica na isócrona a uma frequência de 1,59 Hz, de G^* vs T (Fig.2).

Os ângulos de fase correspondentes são obtidos por interpolação linear das temperaturas obtidas na curva δ vs T, à dita frequência.

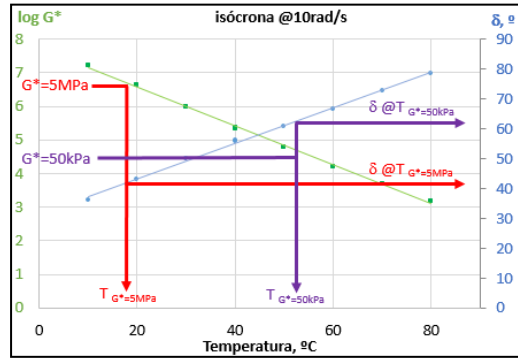


Fig.2. Obtenção de valores de temperatura e ângulo de fase

Comportamento a baixas temperaturas: Determinação de S e m por BBR (Bending Beam Rheometer)

O comportamento do ligante a baixas temperaturas é avaliado através das características reológicas S (módulo de rigidez) e m (velocidade de relaxamento) sobre uma amostra de betume altamente envelhecido. O envelhecimento consiste em submeter uma camada fina de betume, previamente envelhecida por RTFOT (EN 12607-1), a um efeito de temperatura (100 °C) e alta pressão (2,1 MPa) durante um total de 20 horas, seguindo a norma EN 14769 (PAV: Pressure Ageing Vessel).

O ensaio BBR (Fig.3) permite medir a resistência do material à flexão. Seguindo a norma EN 14771, o ensaio consiste em aplicar uma carga constante sobre uma viga de amostra durante um determinado tempo, medindo a flexão no ponto médio. Para este fim, a viga de amostra é colocada no suporte do equipamento, apoiando-se em dois pontos e mantendo-se submergida num banho à temperatura de ensaio. É aplicada uma carga normalizada constante de (980±50) mN, durante 240 segundos, registrando a evolução do valor de deflexão (deformação) que é incrementado ao longo do ensaio. O módulo de rigidez (S) é calculado nos tempos de carga 8,0 s, 15,0 s, 60,0 s, 120 s e 240 s, como a relação entre a tensão e a deformação, e o valor de m como a pendente (em valor absoluto) da curva log(S) vs log(t).

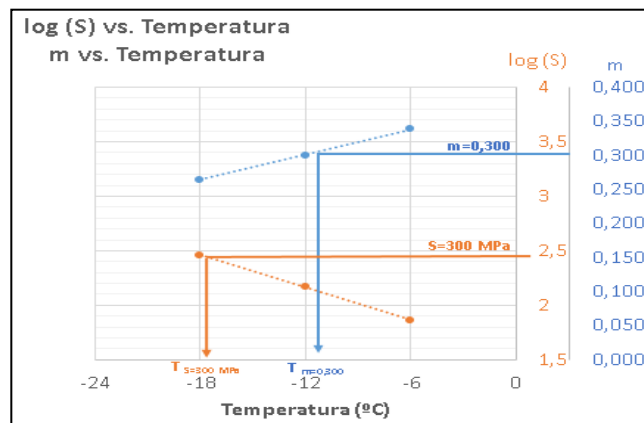


Fig.3. Determinação do módulo de rigidez e velocidade de relaxamento através do BBR

O ensaio é repetido com um novo provete a uma temperatura distinta, habitualmente 6 °C, acima ou abaixo da temperatura de ensaio anterior, São reportados os parâmetros S e m a 60,0 s, às temperaturas ensaiadas.

A temperatura à qual S assume 300 MPa é obtida através da interpolação logarítmica na curva S vs T e a correspondente a m = 0,300 por interpolação linear na curva m vs T.

6 A NORMA EN 14023 DE BETUMES MODIFICADOS COM POLÍMEROS

No caso da norma EN 14023, de betumes modificados com polímeros para pavimentação [2], também se encontram em marcha trabalhos para a sua revisão, desde o ponto de vista totalmente de desempenho, o que significa que se vão adicionar ensaios reológicos.

A última revisão desta norma já conta com uma descrição das características por classe de desempenho, para que um ligante possa ser, por exemplo, classe 1 de penetração, classe 2 de coesão e classe 3 em estabilidade ao armazenamento. Cada produtor deverá declarar que classes de desempenho cumpre cada um dos seus produtos.

A grande diferença em relação à norma EN 12591 é que, para este caso, não se tratará de um anexo informativo mas sim do próprio corpo da especificação. Para aquelas características sobre as quais não haja muita experiência, a classe existente será “declared value”, valor declarado pelo produtor, sem limite específico.

Assim, as principais alterações previstas são:

- Adicionam-se mais classes de penetração, até betumes muito moles, fundamentalmente utilizados no norte da Europa.
- É incorporado o ensaio MSCR para a determinação do comportamento do ligante face às deformações plásticas. Este ensaio é realizado recorrendo ao reómetro de corte direto e basicamente, consiste em, em vez de aplicar um esforço sinusoidal contante, aplicar uma carga normalizada durante um segundo, deixando a amostra repousar outros nove segundos. Seguidamente volta-se a aplicar a carga. O resultado permite medir a fluência acumulada do ligante, ao mesmo tempo que se mede a componente recuperada deste.
- No entanto, ainda não está definido se este ensaio se realizará sobre amostras envelhecidas após RTFOT, que é logicamente o momento em que é mais sensível este tipo de falha na mistura, ou se sobre ligante virgem, uma vez que a intenção é encurtar o tempo necessário para uma caracterização mínima do ligante.

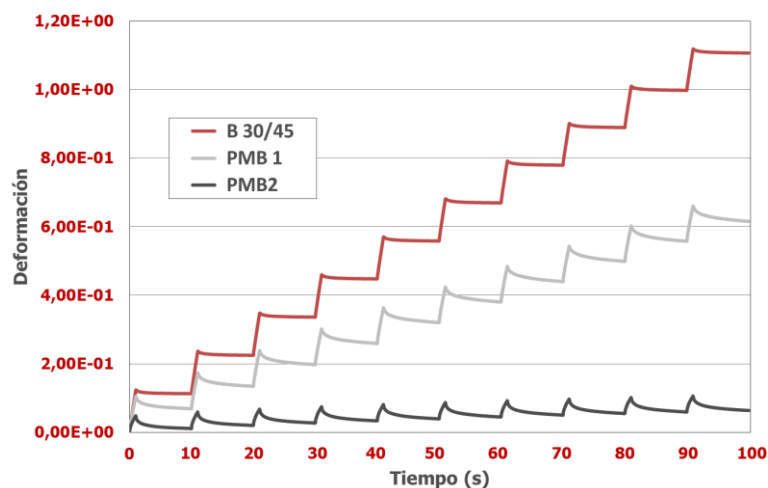


Fig.4. Resultados do ensaio MSCR nos distintos ligantes

É importante destacar que, de momento, se vai manter a temperatura de amolecimento como ensaio para determinar o desempenho a altas temperaturas, em parte para facilitar o controlo em obra e facilitar, na medida possível, uma transição suave até às novas especificações.

- O ensaio FRAASS é eliminado para a determinação do desempenho a baixa temperatura e é substituído pela determinação das temperaturas nas quais as variáveis S (módulo) e m (pendente do módulo vs tempo a 60 segundos) no ensaio BBR alcançam os valores $S = 300$ MPa e $m = 0,300$ respetivamente.
- São mantidos os ensaios para a determinação da coesão já utilizados: Força-ductilidade e pendulo Vialit.

- Como propriedades adicionais, são calculadas as temperaturas às quais G^* iguala os 50 kPa e os 5 kPa e os valores de ângulo de fase a essas temperaturas. Estas determinações serão efetuadas tanto para amostras após RTFOT como para amostras após envelhecimento acelerado PAV.
- Serão mantidas, de momento, as características recuperação elástica e estabilidade ao armazenamento.

Resumidamente, as alterações fundamentais são a inclusão de estimações a realizar com o DSR e o BBR e a determinação das ditas propriedades depois de RTFOT e/ou PAV em vez de em betume original. No entanto, ainda não está definido se este ensaio se realizará sobre amostras envelhecidas após RTFOT, que é logicamente o momento em que é mais sensível este tipo de falha na mistura, ou se é sobre ligante virgem, uma vez que a intenção é encurtar o tempo necessário para uma caracterização mínima do ligante.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho pretende-se dar a conhecer como estão e vão evoluir, nos tempos futuros, as normas para especificar os ligantes betuminosos.

Podemos, então, concluir que:

- Existe uma diretiva e mandato da Comissão Europeia pelos quais estamos obrigados a desenvolver especificações baseadas no desempenho dos produtos.
- Atualmente, os instrumentos para ensaios baseados no desempenho, mais interessantes, são o reómetro de corte direto DSR e reómetro de viga BBR, utilizados nas especificações americanas SUPERPAVE e, frequentemente, em investigações sobre ligantes.
- O enfoque dado na União Europeia às especificações baseadas no desempenho é bastante conservador, distinguindo entre betume simples, nos quais estes ensaios não aportam muito valor, e os betumes complexos para os quais os novos ensaios são necessários.
- Tanto a próxima norma EN 12591 de betumes convencionais como a normas EN 14023 de betumes modificados, incluirão determinações a realizar com estes equipamentos. O mesmo acontece para as normas de betumes duros e multigraduados.
- Os novos ensaios de desempenho permitem distinguir melhor o desempenho dos diferentes ligantes utilizados no mercado.
- Não obstante, a implementação destas especificações será gradual e será necessário acumular dados e experiência por forma a dispor informação sobre as diferentes classes de desempenho para cada característica.
- A nova norma de betumes convencionais EN 12591 e a última revisão da dos betumes duros EN 13924 já se encontram aprovadas no Comité Técnico TC 336 e estima-se que sejam publicadas oficialmente em 2020.
- No que se refere à norma dos betumes modificados, estima-se a votação formal desta seja efetuada em 2019, por forma a ser publicada no ano 2020 para a respetiva aplicação.

8 REFERÊNCIAS

1. EN 12591 Betumes e Ligantes Betuminosos. Especificações de betumes convencionais para pavimentação.
2. EN 14023 Betumes e Ligantes Betuminosos. Especificações de betumes modificados com polímeros.
3. EN 13924 – 1 Betumes e ligantes betuminosos. Especificação de betumes especiais para pavimentação. Parte 1: Betumes duros para pavimentação.
4. EN 13924 – 2 Betumes e ligantes betuminosos. Especificação de betumes especiais para pavimentação. Parte 2: Ligantes betuminosos multigraduados.
5. María González, Francisco Barceló et al.(2018) Reología de los ligantes españoles en el contexto del anexo informativo de la nueva EN12591. XIII Jornada Nacional ASEFMA
6. Mc Gennis, Anderson et al.(1996) Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de Superpave. Asphalt Institute, Lexington, EEUU.
7. Site <https://www.pavementinteractive.org/>