



DOCUMENTO DE APLICAÇÃO

RECIPAV, Engenharia e Pavimentos,
Unipessoal, Lda.
Rua Luís de Camões, 5, 1.º Andar
2070-101 CARTAXO
Portugal
tel.: +351 24 370 49 34
fax: +351 24 370 49 36
e-e: email@recipav.pt

MBR-BMB® MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS

DA 15

CI/SfB

S9 (Ajr)

CDU

625.8.06

ISSN

1646-3595

MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO
ROAD MATERIALS
MATERIAUX ROUTIERS

MAIO DE 2008

A situação de validade do DA pode ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt).

O presente Documento de Aplicação, de carácter voluntário, define as características e estabelece as condições de execução e de utilização em pavimentos rodoviários e aeroportuários de Misturas Betuminosas Rugosas com Betume Modificado com alta percentagem de Borracha (MBR-BMB®), fabricadas a partir de ligante BMB®, produzidas e comercializadas pela empresa RECIPAV, Engenharia e Pavimentos, Unipessoal, Lda.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente à utilização do produto MBR-BMB® descrito na secção 1 do presente Documento de Aplicação, em camadas de pavimentos rodoviários e aeroportuários, desde que se verifiquem as seguintes condições:

- a empresa RECIPAV assegura a constância das condições de produção do ligante BMB® utilizado no fabrico das misturas betuminosas MBR-BMB®, nomeadamente através de um adequado controlo interno da produção, e acompanha regularmente a produção e aplicação daquelas misturas, de acordo com o descrito na secção 3;
- o campo de aplicação das misturas betuminosas MBR-BMB® respeita o estabelecido na secção 2;
- a execução em obra respeita as regras descritas na secção 4.

A utilização destas misturas betuminosas em obras de pavimentação fica ainda condicionada pelas disposições aplicáveis da regulamentação em vigor.

O presente Documento de Aplicação considera-se válido até 31 Maio de 2011, podendo ser renovado mediante solicitação atempada ao LNEC.

O LNEC reserva-se, no entanto, o direito de proceder à suspensão deste Documento de Aplicação perante qualquer facto que ponha em dúvida a constância da qualidade do produto MBR-BMB®.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Maio de 2008.

O CONSELHO DIRECTIVO

Carlos Matias Ramos
Presidente



1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

1.1 Descrição geral

A mistura betuminosa MBR-BMB® (Mistura Betuminosa Rugosa com Betume Modificado com alta percentagem de Borracha) destina-se à execução de camadas de pavimentos rodoviários e aeroportuários, com funções idênticas às das misturas betuminosas tradicionais contendo betume de pavimentação como ligante. A mistura MBR-BMB® é produzida com betume modificado pela adição de borracha reciclada de pneus e destina-se a ser aplicada em camadas de desgaste e de regularização, com o objectivo de aumentar a resistência à fadiga e retardar a propagação de fendas. Quando colocada em camadas de desgaste, esta mistura confere ainda ao pavimento boas características antiderrapantes.

O ligante betuminoso utilizado neste tipo de misturas é produzido pela empresa RECIPAV, com equipamento específico instalado junto à central de fabrico de misturas betuminosas da obra, a partir de um betume base de penetração nominal conhecida e de borracha reciclada de pneus usados. Este tipo de ligante, fabricado com altos conteúdos de borracha, tem a designação comercial de BMB® (Betume Modificado com Borracha).

O produto MBR-BMB® é constituído por uma mistura de agregados com granulometria descontínua, por um ligante betuminoso do tipo BMB® e por fíler, sendo produzido na central de misturas betuminosas da obra pelo empreiteiro. As espessuras habituais de aplicação desta mistura situam-se entre os 30 e os 60 mm.

1.2 Ligante betuminoso

1.2.1 Betume base

O betume base a modificar é um betume de pavimentação com penetração nominal 35/50 ou 50/70, conforme a norma europeia EN 12591:1999, seleccionado em função das características exigidas no projecto.

1.2.2 Granulado de borracha

O granulado de borracha utilizado no fabrico do BMB® é obtido a partir da reciclagem de borracha de pneus, 100% vulcanizada. Para poder ser utilizada no fabrico de BMB® a borracha de pneus é previamente processada e moída, resultando num granulado seco, não aglutinado. Para a moagem da borracha é utilizado um processo criogénico, sem provocar degradação da estrutura molecular inicial dos polímeros de borracha vulcanizada, com características bem definidas quanto à morfologia das partículas e quanto à reactividade química com o betume. As características declaradas pela empresa RECIPAV para o granulado de borracha são as seguintes:

- teor em fibra máximo de 0,1% (ASTM D 5603-01);
- teor em aço máximo de 0,3% (ASTM D 5603-01);
- teor em água máximo de 2% (ASTM D 1864-89);
- dimensão máxima nominal de 0,6 mm;
- granulometria descontínua obedecendo ao fuso apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1

Fuso granulométrico do granulado de borracha

Abertura dos peneiros ASTM	Percentagem acumulada de material que passa (%) (ASTM D 5644-01)
1,180 mm (nº 16)	100
0,850 mm (nº 20)	95 a 100
0,600 mm (nº 30)	85 a 100
0,430 mm (nº 40)	45 a 70
0,250 mm (nº 60)	5 a 25
0,075 mm (nº200)	0 a 5

1.2.3 Betume modificado com borracha (BMB®)

O betume modificado com alta percentagem de borracha reciclada de pneus é obtido a partir da modificação, por via húmida, de um betume base de penetração nominal 35/50 ou 50/70, adicionando-se-lhe granulado de borracha numa quantidade que pode variar entre 18% e 22% em massa (sobre a massa total do ligante modificado). A percentagem de borracha é estabelecida num estudo de formulação, tendo em atenção as características exigidas no projecto.

O BMB® fabricado apresenta as propriedades indicadas no Quadro 2.

1.3 Agregados e fíler

A mistura de agregados e fíler utilizada no fabrico da mistura betuminosa rugosa com BMB® possui uma dimensão máxima nominal (D) de 14 mm e uma granulometria descontínua enquadrada no fuso que se apresenta no Quadro 3 e que se representa graficamente na Figura 1. Esta mistura deve ser obtida a partir de três fracções granulométricas distintas e de fíler comercial.

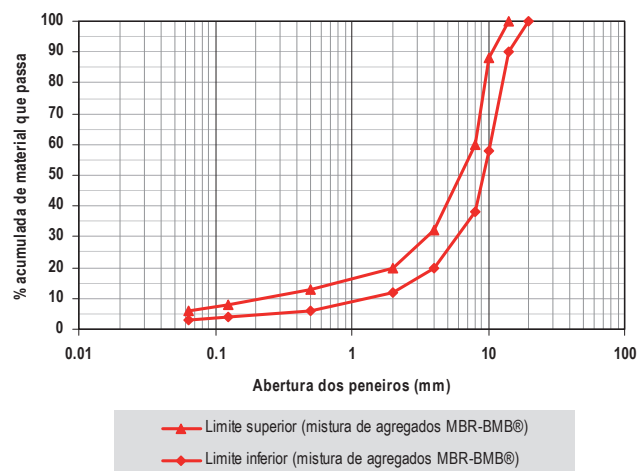


Figura 1 – Fuso granulométrico da mistura de agregados e fíler do produto MBR-BMB®

QUADRO 2
Propriedades do BMB®

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante ⁽¹⁾	
			Betume base 35/50	Betume base 50/70
Viscosidade aparente, a 175°C (viscosímetro <i>Brookfield</i> com <i>thermosel</i> , haste SC4-27, 20 rpm)	EN 13302:2003	mPa.s	2500 a 4500	
Penetração a 25°C (100g, 5s)	EN 1426:1999	0,1 mm	15 a 30	20 a 35
Temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola	EN 1427:1999	°C	≥ 68	≥ 65
Resistência ao endurecimento pelo método RTFOT ⁽²⁾ , a 163°C	EN 12607-1:1999	Varição da massa	≤ 0,8	
		Penetração a 25°C (100g, 5s) retida	≥ 60	
		Aumento da temperatura de amolecimento	≤ 12	
Recuperação elástica, a 25°C	EN 13398:2003 modificada, para um alongamento de 10 cm	%	≥ 75	

⁽¹⁾ Resultados confirmados em ensaios realizados pelo LNEC.

⁽²⁾ Endurecimento por acção do calor e do ar numa película fina de betume em movimento, RTFOT (*Rolling Thin Film Oven Test*).

QUADRO 3

Fuso granulométrico da mistura de agregados e filler

Abertura dos peneiros (NP EN 933-2:1999 e NP EN 13043:2004)	Percentagem acumulada de material que passa (%) (NP EN 933-1:2000)
20 mm	100
14 mm	90 a 100
10 mm	58 a 88
8 mm	38 a 60
4 mm	20 a 32
2 mm	12 a 20
0,500 mm	6 a 13
0,125 mm	4 a 8
0,063 mm	3 a 6

Nas restantes características geométricas, físicas e mecânicas, os agregados utilizados no fabrico da mistura betuminosa rugosa com BMB® devem obedecer às especificações do caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para os agregados a utilizar no fabrico de misturas betuminosas rugosas.

No fabrico da mistura MBR-BMB® utiliza-se filler comercial, numa percentagem mínima de 3% (2%, no caso de se utilizar cal hidratada) em massa (sobre a massa total da mistura), com propriedades que satisfaçam as especificações do caderno

de encargos estabelecido pelo dono de obra para este tipo de material. Neste tipo de mistura não se deve utilizar filler recuperado proveniente do sistema de recuperação de poeiras da central de fabrico.

As propriedades dos agregados e do filler devem ser determinadas em conformidade com a norma europeia NP EN 13043:2004.

1.4 Mistura betuminosa MBR-BMB®

A mistura betuminosa MBR-BMB® é constituída por agregados, filler e BMB®. A quantidade de ligante BMB® pode variar entre 8% e 9% em massa (sobre a massa total da mistura betuminosa). No Quadro 4 resume-se a composição desta mistura.

QUADRO 4

Descrição do produto MBR-BMB®: composição da mistura

Produto	Dimensão máxima do agregado (mm)	Ligante	Percentagem de ligante na mistura betuminosa
MBR-BMB®	14	BMB® com 18% a 22% de borracha ⁽¹⁾	8% a 9% de BMB® ⁽²⁾

⁽¹⁾ Percentagem ponderal de borracha relativa à massa total de BMB®.

⁽²⁾ Percentagem ponderal de BMB® relativa à massa total da mistura.

No Quadro 5 indicam-se as características principais da mistura MBR-BMB®.

QUADRO 5

Descrição do produto MBR-BMB®: características da mistura

Característica	Método de ensaio		Unidade	Valores nominais
	Norma de ensaio	Condições específicas de ensaio		
Porosidade, V_m (calculada a partir da baridade do provete saturado com a superfície seca (SSD) e da baridade máxima teórica)	EN 12697-5:2002 – método A; EN 12697-6+A1:2007 – método B; EN 12697-8:2003	–	%	3,5 a 6,5
Resistência conservada em ensaios de compressão Marshall, <i>IRC</i>	MIL-STD-620A ⁽¹⁾	Moldagem dos provetes: EN 12697-30: 2004; 2 × 75 pancadas	%	≥ 80
Resistência conservada em ensaios de tracção indirecta, <i>ITSR</i>	EN 12697-12:2003 ⁽¹⁾	Moldagem dos provetes: EN 12697-30: 2004; 2 × 75 pancadas; Temperatura do ensaio de tracção indirecta: 25°C	%	≥ 65

⁽¹⁾ Para a realização destes ensaios são moldados provetes com o compactador de impacto, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140°C e 150°C.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

A mistura MBR-BMB® destina-se a ser aplicada em camadas de desgaste e de regularização de pavimentos, com o objectivo de aumentar a resistência à fadiga e retardar a propagação de fendas. Quando colocada em camadas de desgaste, esta mistura confere ainda ao pavimento boas características antiderrapantes.

3 FABRICO, CONTROLO DA QUALIDADE E ARMAZENAMENTO

3.1 Fabrico do ligante BMB® e controlo da qualidade

O BMB® é fabricado junto das centrais de misturas betuminosas das obras, com equipamento adequado para o efeito, fornecido e instalado pela empresa RECIPAV.

Para o fabrico de BMB®, o betume base, previamente aquecido a uma temperatura aproximada de 190 °C, é introduzido num misturador. Seguidamente procede-se à adição, em contínuo, da borracha reciclada de pneus moída, de acordo com a percentagem estabelecida no estudo de formulação. No misturador inicia-se a reacção do betume com a borracha, a qual tem continuação na cisterna de armazenamento do BMB®, para onde a mistura de betume e de borracha é seguidamente transferida. Para concluir o processo de modificação do betume pela borracha, a mistura de betume e de borracha permanece na referida cisterna durante um período mínimo de 30 min., geralmente de 45 min. e não ultrapassando 150 min., a uma temperatura de 185 °C, em permanente agitação e com controlo da temperatura.

Uma vez produzido o BMB®, este é transferido para a unidade de mistura dos materiais da central de fabrico de misturas betuminosas a quente.

Para o fabrico do ligante BMB® a empresa RECIPAV dispõe de um sistema de controlo interno da produção que incide sobre

as matérias-primas e sobre o produto acabado, sendo, em cada lote de produção, nomeadamente, determinada a viscosidade do ligante betuminoso.

As condições de fabrico do BMB® e o respectivo controlo interno da produção foram apreciados pelo LNEC, tendo-se concluído que são adequados. No Anexo I apresenta-se uma listagem dos ensaios e verificações, bem como a respectiva periodicidade, realizados pela empresa no âmbito do controlo interno da produção do BMB®. No Anexo II apresenta-se a listagem de ensaios e verificações a realizar pela empresa fabricante da mistura no âmbito do controlo interno da produção da mistura MBR-BMB®.

O sistema de gestão da empresa RECIPAV está certificado segunda a norma ISO 9001: 2000 (Sistema de Gestão da Qualidade) (certificado nº PT – 2006/CEP.2679).

3.2 Armazenamento do BMB®

De uma forma geral, uma vez concluída a produção de BMB®, este é imediatamente transferido para a unidade de mistura dos materiais da central de fabrico. É no entanto permitido o armazenamento do betume modificado com borracha produzido por períodos não superiores a 10h, a uma temperatura superior a 160°C, e nunca excedendo 180°C, em permanente agitação, por forma a garantir a homogeneidade do produto.

Em casos excepcionais devidamente justificados, poder-se-á armazenar o betume modificado com borracha produzido por períodos superiores, devendo neste caso, o ligante ser mantido a uma temperatura nominal de 130°C. Uma vez terminado o período de armazenamento, o BMB® a utilizar na mistura betuminosa deverá ser homogeneizado e novamente aquecido lenta e uniformemente, até atingir a temperatura de fornecimento.

Nas demais disposições gerais de armazenamento e dosagem do ligante modificado serão respeitadas as especificações do caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para ligantes betuminosos a empregar no fabrico de misturas betuminosas a quente e para o tipo de central de produção utilizado na obra.

3.3 Fabrico da mistura betuminosa MBR-BMB® e controlo da qualidade

A mistura MBR-BMB® pode ser fabricada em centrais contínuas (com tambor secador-misturador) ou descontínuas (com tambor secador e com misturador), devendo a temperatura de fabrico estar compreendida entre 175°C e 190 °C.

Na unidade de mistura da central de fabrico de misturas betuminosas, é realizada a mistura do ligante BMB® com os agregados e o filer nas devidas proporções. A temperatura nominal de fabrico da mistura betuminosa é 180 °C, não devendo em circunstância alguma exceder 195 °C.

Nas demais disposições gerais de fabrico a quente da mistura betuminosa rugosa serão respeitadas as especificações do caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para o tipo de central de produção utilizado na obra.

No que concerne ao fabrico do produto MBR-BMB®, a empresa RECIPAV acompanha regularmente a sua produção, bem como a sua aplicação, até à conclusão dos trabalhos de pavimentação (vd 5).

O controlo interno de produção das misturas MBR-BMB® é efectuado quer sobre as matérias-primas utilizadas, quer sobre a mistura betuminosa produzida. As características indicadas em 1.3 para os agregados e o filer utilizados no fabrico da mistura MBR-BMB® devem ser verificadas com a periodicidade indicada no caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para materiais a empregar em misturas rugosas para camadas de desgaste.

As tolerâncias de fabrico adoptadas para a mistura MBR-BMB® são as indicadas no Anexo II.

4 APLICAÇÃO EM OBRA

A aplicação em obra da mistura MBR-BMB® deve ser sempre precedida da realização de um trecho experimental, por forma a verificar as condições reais de transporte, espalhamento e compactação das misturas betuminosas no local de aplicação, e as características da mistura compactada.

O transporte da mistura MBR-BMB® entre a central de fabrico e o local de aplicação deve ser realizado no menor intervalo de tempo possível, e sempre em camiões cobertos, para evitar o arrefecimento da mistura. A aplicação da mistura apenas pode ser realizada com tempo seco e com temperatura ambiente superior a 10 °C.

A regra de colagem a executar sobre a camada subjacente à camada de MBR-BMB® deve ser realizada com emulsão betuminosa modificada. O espalhamento da mistura MBR-BMB® deve ser realizado com espalhadoras de rasto com sistema de nivelamento manual, de espessura constante, a uma temperatura não inferior a 165°C. À semelhança de outras misturas betuminosas com

ligantes modificados, a compactação só deve ser efectuada com recurso a cilindros com rolo de rasto liso. Durante a compactação a temperatura da mistura deve situar-se acima de 150 °C.

As tolerâncias a observar relativamente à espessura da camada e à sua regularidade superficial, avaliada recorrendo a uma régua de 3 m, são idênticas às adoptadas para camadas de desgaste de pavimentos. A porosidade da mistura deve-se situar dentro dos limites estabelecidos no Quadro 5 em, pelo menos, 95% dos tarolos extraídos.

5 MODALIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

5.1 Modalidades de comercialização

A empresa RECIPAV comercializa o ligante de betume modificado com alta percentagem de borracha, que é utilizado no fabrico de misturas betuminosas MBR-BMB®. Durante a execução das misturas betuminosas MBR-BMB®, esta empresa fornece o produto BMB® na central da obra para o fabrico de misturas betuminosas a quente.

5.2 Assistência técnica

A empresa RECIPAV presta assistência técnica durante a produção e a aplicação em obra das misturas betuminosas MBR-BMB®.

6 ANÁLISE EXPERIMENTAL

6.1 Condições de ensaio

Para caracterização das misturas betuminosas MBR-BMB® foram realizados, no LNEC, ensaios de caracterização das matérias-primas e do produto MBR-BMB®, tendo por base os documentos normativos aplicáveis.

Foram efectuados ensaios sobre amostras recolhidas em obras, bem como sobre provetes moldados em laboratório.

Para o fabrico de mistura betuminosa MBR-BMB® em laboratório, utilizaram-se agregados e filer de naturezas diversas, recolhidos junto de diferentes produtores, bem como ligante betuminoso do tipo BMB® fabricado pela empresa RECIPAV, utilizando dois tipos de betume base, um de penetração nominal 35/50 e outro de penetração nominal 50/70.

A recolha de amostras foi efectuada na presença de técnicos do LNEC.

6.2 Ensaios realizados

A análise experimental efectuada pelo LNEC consistiu na realização de ensaios de caracterização das misturas betuminosas MBR-BMB® fabricadas em obra e em laboratório, bem como na avaliação do desempenho.

Os ensaios realizados foram os seguintes:

a) Agregados e filer:

- propriedades geométricas (análise granulométrica; forma das partículas; teor de finos);

- propriedades mecânicas e físicas (resistência à fragmentação; massa volúmica e absorção de água; coeficiente de polimento).

b) Ligante BMB®:

- propriedades reológicas (viscosidade aparente; penetração a 25°C; temperatura do ponto de amolecimento pelo método de anel e bola; resistência ao endurecimento pelo método RTFOT; recuperação elástica).

c) Mistura betuminosa MBR-BMB®:

- caracterização das misturas betuminosas compactadas (composição volumétrica; percentagem de ligante e sensibilidade à água);
- propriedades relacionadas com o desempenho estrutural (módulo de deformabilidade; resistência à fadiga; resistência à deformação permanente);
- propriedades relacionadas com o desempenho funcional (profundidade de textura; resistência à derrapagem).

Os resultados dos ensaios, as técnicas utilizadas para a realização dos mesmos e a apreciação daqueles resultados constam do relatório LNEC *Estudo para concessão do Documento de Aplicação de Misturas Betuminosas Rugosas com Betume Modificado com alta percentagem de Borracha - MBR-BMB® - em obras de pavimentação*, elaborado para a empresa RECIPAV.

7 CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

Em face dos resultados obtidos nos ensaios realizados, considera-se que a mistura MBR-BMB® aplicada em camadas de desgaste e de regularização de pavimentos tem um bom desempenho em condições normais de utilização.

Nos Quadros 6 e 7 apresentam-se de forma resumida os valores nominais declarados pelo fabricante para as propriedades relacionadas com o desempenho estrutural e funcional, respectivamente. Estes valores foram confirmados em ensaios realizados pelo LNEC.

QUADRO 6

Propriedades relacionadas com o desempenho estrutural

Característica		Método de ensaio ⁽¹⁾		Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante ⁽²⁾	
		Norma de ensaio	Condições específicas de ensaio		Betume base 35/50	Betume base 50/70
Módulo de rigidez		EN 12697-26:2004	Flexão em 4 pontos; Temperatura: 20 °C; Frequência de carregamento: 10 Hz Extensão de tracção: 50×10^{-6} m/m	MPa	3000 a 4500	2500 a 3500
Resistência à fadiga	Diferença entre os valores de pico da extensão, correspondente a uma vida à fadiga de 1×10^6 ciclos	AASHTO TP8-94	Flexão em 4 pontos; Temperatura: 20 °C; Frequência de carregamento: 10 Hz	$\mu\text{m}/\text{m}$	≥ 400	≥ 500
	Extensão correspondente a uma vida à fadiga de 1×10^6 ciclos, ϵ^6	EN 12697-24:2004	Flexão em 4 pontos; Temperatura: 20 °C; Frequência de carregamento: 10 Hz	$\mu\text{m}/\text{m}$	≥ 200	≥ 250
	Inclinação da curva de fadiga, p			-	- 4 a - 6	
Resistência à deformação permanente	Velocidade de deformação entre 105 min. e 120 min.	NLT-173/84	Ensaio de simulação em pista de laboratório; Temperatura: 60 °C	$\mu\text{m}/\text{min.}$	≤ 10	≤ 14
	Taxa de deformação em ensaio de pista, WTS_{AIR}	EN 12697-22:2003	Ensaio de pista; Equipamento pequeno; Procedimento B; Acondicionamento ao ar; Temperatura: 60 °C	$\text{mm}/10^3$ ciclos de carga	$\leq 0,08$	$\leq 0,09$
	Percentagem de profundidade de rodeira, PRD_{AIR}			%	$\leq 6,0$	$\leq 7,0$

⁽¹⁾ Para a realização dos ensaios utilizaram-se provetes recolhidos em obra e provetes moldados em laboratório com compactador de rolo.

⁽²⁾ Resultados confirmados em ensaios realizados pelo LNEC.

QUADRO 7

Propriedades relacionadas com o desempenho funcional

Característica	Método de ensaio		Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante ⁽¹⁾	
	Norma de ensaio	Condições específicas de ensaio		Betume base 35/50 ou 50/70	
Profundidade de textura superficial (valor médio MTD)	EN 13036-1:2001	Técnica volumétrica da mancha	mm	≥ 1,0	
Resistência à derrapagem	Coeficiente de atrito pontual (Pendulum Test Value)	EN 13036-4:2007	Ensaio com o Pêndulo Britânico; Deslizador grande com borracha CEN; Escala C	PTV	≥ 70
	Coeficiente de atrito em contínuo	BS 7941-2:2000	Ensaio com o Grip Tester; Velocidade: 50 km/h; Película de água: 0,5 mm	Grip Number	≥ 0,65

⁽¹⁾ Resultados confirmados em ensaios realizados pelo LNEC

8 CONCLUSÕES DAS VISITAS A OBRAS EM SERVIÇO

Foram realizadas visitas a obras em serviço, algumas já com cerca de nove anos, que permitiram verificar o comportamento das camadas de desgaste de pavimentos rodoviários realizadas com MBR-BMB®. As obras visitadas cobriam situações diversas quanto ao tipo de betume base utilizado no fabrico do ligante BMB®, quanto à percentagem de BMB® e quanto à natureza dos agregados utilizados no fabrico da mistura betuminosa.

As visitas realizadas permitiram observar um comportamento satisfatório das camadas de desgaste em MBR-BMB®, não tendo sido detectada qualquer anomalia significativa.

Verificou-se também a capacidade das camadas de desgaste em MBR-BMB® para conferir ao pavimento as adequadas características funcionais, apresentando boas características antiderrapantes.

9 CONDIÇÕES DE EMPREGO

9.1 Recomendações de segurança e saúde

O Plano de Segurança e Saúde das obras onde é aplicado o MBR-BMB® deve incluir as seguintes recomendações específicas:

- Durante todo o processo de fabrico deve-se impedir o contacto do produto quente com a água, e evitar a introdução de vapor nas linhas vazias ou manguelras. Deve-se também evitar o sobreaquecimento do produto.
- O manuseamento quer do ligante BMB®, quer da mistura betuminosa MBR-BMB®, deve ser efectuado utilizando equipamento individual de protecção adequado,

nomeadamente capacete com viseira de protecção e luvas resistentes a altas temperaturas (pelo menos 150°C).

- Durante o manuseamento destes produtos deve-se evitar a inalação de fumo resultante do aquecimento dos materiais, colocando-se de costas para o vento. No caso do seu manuseamento em espaços confinados, ou no caso de as condições atmosféricas assim o exigirem, deve ser utilizado equipamento de protecção respiratória.
- Durante a aplicação da mistura betuminosa devem-se usar botas resistentes ao calor e vestuário adequado à operação a efectuar.

9.2 Acompanhamento do controlo interno da produção

É através do acompanhamento do controlo interno da produção, por parte da fiscalização, que se pode verificar se existe identidade entre o produto fornecido para uma dada obra e o que é objecto do presente Documento de Aplicação. Cabe à fiscalização decidir, caso a caso, da necessidade de auditar os ensaios realizados no âmbito do controlo interno da produção.

Devem ser efectuados ensaios de controlo interno da produção que permitam verificar que as características dos produtos BMB® e MBR-BMB® referidas nos Quadros 2 e 5 se enquadram dentro dos limites que aí se especificam, tendo em conta as frequências de ensaio, os limites e as tolerâncias de fabrico indicadas nos Anexos I e II.

O LNEC poderá realizar, durante o período de validade do presente Documento de Aplicação, visitas às obras onde estejam a ser fabricadas misturas MBR-BMB®, que permitam obter informações sobre a constância da qualidade da produção de BMB® e de MBR-BMB®.

10 REFERÊNCIAS

As misturas betuminosas MBR-BMB® para pavimentação são comercializadas em Portugal há cerca de nove anos.

Segundo dados fornecidos pela empresa RECIPAV, terão sido aplicadas em Portugal, desde 1999, mais de 230 000 toneladas de MBR-BMB®, indicando-se de seguida algumas das obras mais significativas onde aquelas misturas betuminosas foram aplicadas, e respectivas extensões:

EN104 – Trofa/Vila do Conde (22 km)

EN105 – Limite de Distrito do Porto/Santo Tirso (11 km)

IP4 – Rossas/Bragança (25 km)

EN2 – Ferreira do Alentejo (10 km)

EN267 – São Marcos da Serra/Monchique (12 km)

IC1 – Ourique/Santana da Serra (18 km)

IP2 – Portalegre/ Limite de Distrito de Évora (12 km)

Acessos e Circulares do Estádio Loulé/Faro (12 km)

EN365.2 – Cartaxo/Variante à EN 365.2 (2,1 km)

EN1 – Beneficiação entre Landiosa e Picoto (15 km)

A9 (CREL) – Estádio Nacional/Túnel de Carenque (9 km)

EN226 – Lamego/Ponte do Abade (18 km)

ANEXO I

Ensaio de Controlo Interno da Produção do BMB®

Propriedade	Norma de ensaio	Unidade	Critérios de aceitação		Frequência	Observações
			Betume base 35/50	Betume base 50/70		
Temperatura do BMB® no tanque de reacção	–	° C	185 a 195		Antes de iniciar o fornecimento	–
Viscosidade aparente do BMB® à saída do tanque de reacção, a 175°C (viscosímetro <i>Haake</i>)	Procedimento interno RECIPAV	mPa.s	3500 a 5000		Antes de iniciar o fornecimento	As amostras são recolhidas de acordo com a ASTM D140-01 e EN 58:2004
Temperatura do BMB® à saída do tanque de reacção	–	° C	185 a 195		Antes de iniciar o fornecimento	–
Caudal de fornecimento do BMB® (caudalímetro <i>micromotion</i>)	–	l/min	Em função da capacidade da central		Contínua	Apenas aplicável nas centrais contínuas
Viscosidade aparente, a 175°C (viscosímetro <i>Brookfield</i> com <i>thermoset</i>)	EN 13302:2003	mPa.s	2500 a 4500		1 por obra	Para a realização destes ensaios utiliza-se uma haste SC4-27 e uma velocidade de rotação de 20 rpm
Penetração a 25°C (100g, 5s)	EN 1426:1999	0,1 mm	15 a 30	20 a 35	1 por obra	–
Temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola	EN 1427:1999	° C	≥ 68	≥ 65	1 por obra	–
Resistência ao endurecimento pelo método RTFOT, a 163 °C	Varição da massa	EN 12607-1:1999	%	≤ 0,8	1 por obra	–
	Penetração a 25°C (100g, 5s) retida		%	≥ 60		
	Aumento da temperatura de amolecimento		%	≤ 12		
Recuperação elástica, a 25°C	EN 13398:2003 modificada, para uma extensão de tracção de 10 cm	%	≥ 75		1 por obra	–

ANEXO II

Ensaio de Controlo Interno da Produção da Mistura MBR-BMB®

Propriedade	Norma de ensaio	Unidade	Critérios de aceitação	Frequência	Observações
Granulometria da mistura após extracção do ligante	EN 12697-2:2002	%	± 2	1 ensaio por período de trabalho	Tolerâncias admissíveis em relação à fórmula de trabalho aprovada.
		%	± 4		
		%	± 6		
		%	± 7		
		%	$- 8$ $+ 5$		
		%	$- 2$		
Percentagem de ligante BMB®	EN 12697-39:2004	%	$\pm 0,3$	1 ensaio por período de trabalho	Uma vez que no processo de incineração da mistura betuminosa com BMB® nem todo o ligante é incinerado, é necessário determinar previamente, sobre amostras de BMB® recolhidas em obra, qual a quantidade de resíduo deste material que resulta do processo de incineração.
Porosidade, V_m (calculada a partir da baridade do provete saturado com a superfície seca (SSD) e da baridade máxima teórica)	EN 12697-5:2002 – método A; EN 12697-6+A1:2007 – método B; EN 12697-8: 2003	%	3,5 a 6,5	3 ensaios por semana de trabalho sobre provetes moldados em laboratório e 1 ensaio por cada troço de 500 m sobre tarolos extraídos de camadas aplicadas	–
Resistência conservada em ensaios de compressão Marshall, <i>IRC</i>	MIL-STD-620A	%	≥ 80	1 ensaio por semana de trabalho	Moldagem dos provetes: EN 12697-30: 2004; Para a realização destes ensaios são moldados provetes com o compactador de impacto, com 2×75 pancadas, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140 °C e 150 °C.
Resistência conservada em ensaios de tracção indirecta, <i>ITSR</i>	EN 12697-12:2003	%	≥ 65	1 ensaio por estudo e por cada 10 000 toneladas de MBR- BMB®	Ver observação anterior sobre a moldagem dos provetes. Temperatura do ensaio de tracção indirecta: 25 °C

ISSN 1646-3595
9 771646 359005
23015