



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

MBA-BMB® MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS

DA 3

CI/SfB

s9 (Ajr)

CDU

625.8.06

ISSN

1646-3595

MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO
ROAD MATERIALS
MATERIAUX ROUTIERS

NOVEMBRO DE 2006

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 Abertas com Betume Modificado com alta percentagem de Borracha (MBA-BMB®), fabricadas a partir de ligante BMB® produzido e comercializado 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 MBA-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 MBA-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 MBA-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 30 de Novembro de 2009, 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 MBA-BMB®.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Novembro de 2006.

A DIRECÇÃO

Carlos Matias Ramos
Presidente do LNEC



1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

1.1 Descrição geral

A mistura betuminosa MBA-BMB® (Mistura Betuminosa Aberta 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 MBA-BMB® é produzida com betume modificado pela adição de borracha reciclada de pneus e destina-se essencialmente a camadas de desgaste, conferindo ao pavimento características antiderrapantes satisfatórias e contribuindo para a redução do ruído. Esta mistura pode ainda ser aplicada em camadas de pavimento intermédias, com o objectivo de retardar a propagação de fendas.

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 MBA-BMB® é constituído por uma mistura de agregados com granulometria descontínua, por um ligante betuminoso do tipo BMB® e por filler, sendo produzido na central de misturas betuminosas da obra. As espessuras habituais de aplicação desta mistura situam-se entre os 25 e os 40 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 pneu, 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. O granulado de borracha possui as seguintes características declaradas pela empresa RECIPAV:

- teor em fibra máximo de 0,1% (ASTM D 5603-01);
- teor em aço máximo 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

Dimensão nominal das aberturas 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 - 100
0,600 mm (nº 30)	85 - 100
0,430 mm (nº 40)	45 - 70
0,250 mm (nº 60)	5 - 25
0,075 mm (nº200)	0 - 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.

QUADRO 2

Propriedades do BMB®

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Valores nominais declarados ⁽¹⁾ pelo fabricante	
			Betume base 35/50	Betume base 50/70
Viscosidade aparente ⁽²⁾ , a 175°C	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 ⁽³⁾ , a 163°C	EN 12607-1: 1999	Variação da massa	%	≤ 0,8
		Penetração a 25°C (100g, 5s) retida	%	≥ 60
		Aumento da temperatura de amolecimento	°C	≤ 12

⁽¹⁾ Resultados confirmados através de ensaios realizados no LNEC.

⁽²⁾ Viscosímetro Brookfield, com thermosel, haste SC4-27, 20 rpm.

⁽³⁾ Endurecimento por acção do calor e do ar numa película fina de betume em movimento, RTFOT (Rolling Thin Oven Test).

1.3 Agregados e filer

A mistura de agregados e filer utilizada no fabrico da mistura betuminosa aberta com BMB® possui uma dimensão máxima nominal de 10 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 filer comercial.

QUADRO 3

Fuso granulométrico da mistura de agregados e filer

Dimensão nominal das aberturas dos peneiros (NP EN 933-2: 1999 e NP EN 13043: 2004)	Percentagem acumulada de material que passa (%) (NP EN 933-1: 2000)
12,5 mm	100
10 mm	90 – 100
8 mm	70 – 88
4 mm	20 – 35
2 mm	6 – 10
0,500 mm	3 – 7
0,063 mm	2 – 4

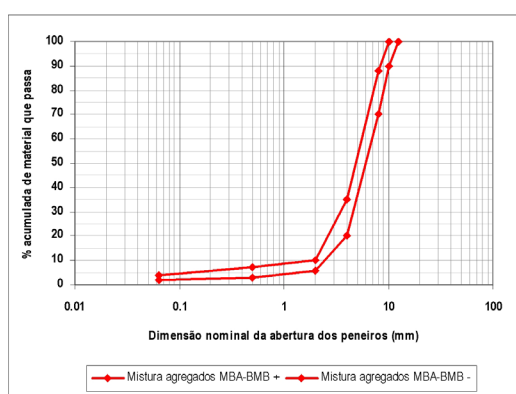


Figura 1 – Fuso granulométrico da mistura de agregados e filer da MBA-BMB®

Nas restantes características geométricas, físicas e mecânicas, os agregados utilizados no fabrico da mistura betuminosa aberta 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 drenantes.

No fabrico da mistura MBA-BMB® utiliza-se filer 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 filer recuperado proveniente do sistema de recuperação de poeiras da central de fabrico.

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

1.4 Mistura betuminosa MBA-BMB®

A mistura betuminosa MBA-BMB® é constituída por agregados, filer e BMB®. A quantidade de ligante BMB® pode variar entre 9% e 10 % em massa (sobre a massa total da mistura betuminosa). No Quadro 4 resume-se a composição desta mistura.

QUADRO 4

Descrição do produto MBA-BMB®: composição da mistura

Produto	Dimensão máxima do agregado (mm)	Ligante	Percentagem de ligante na mistura betuminosa
MBA-BMB®	10	BMB® com 18% a 22% de borracha ⁽¹⁾	9% a 10% 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 MBA-BMB®.

QUADRO 5

Descrição do produto MBA-BMB®: características da mistura

Característica	Método de ensaio		Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante ⁽¹⁾
	Norma de ensaio	Condições específicas de ensaio		
Porosidade (calculada a partir da baridade geométrica ⁽²⁾ e da baridade máxima teórica), V_m	EN 12697-5: 2002 – método A EN 12697-6: 2003 – método D EN 12697-8: 2003	-	%	12 – 18
Perda de massa (ensaio Cantabro), PL	EN 12697-17: 2004	Moldagem dos provetes ⁽³⁾ : EN 12697-30: 2004; Temperatura: 25°C	%	≤ 10
Resistência conservada em ensaios de compressão Marshall	MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes ⁽³⁾ : EN 12697-30: 2004	%	≥ 75

⁽¹⁾ Resultados confirmados através de ensaios realizados no LNEC.

⁽²⁾ Designa-se por baridade geométrica a baridade do provete determinada com base no volume calculado através de medições das suas dimensões.

⁽³⁾ Para a realização destes ensaios são moldados provetes com o compactador de impacto (Marshall), a uma temperatura de compactação compreendida entre 140°C e 150°C, e utilizando para o efeito 1050 g de mistura betuminosa MBA-BMB®.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

A mistura MBA-BMB[®] destina-se a ser aplicada em camadas de desgaste de pavimentos, com objectivos essencialmente funcionais (características antiderrapantes e redução do ruído), embora o seu elevado teor em ligante lhe confira uma boa resistência à propagação de fendas, o que poderá proporcionar uma aplicação como camada intermédia, com vista a retardar a propagação de fendas, num sistema multicamadas.

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 admissão, 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 minutos, geralmente entre 45 e 150 minutos, 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 da produção que incide sobre as matérias-primas e sobre o produto acabado, sendo, em cada lote de produção, por exemplo, 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 satisfatórios. No Anexo I apresenta-se uma listagem dos ensaios e verificações, bem como a respectiva periodicidade, realizados pela empresa no âmbito do controlo 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 da produção da mistura MBA-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 195°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 ser utilizado 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 MBA-BMB[®] e controlo da qualidade

A mistura MBA-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 aberta 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 MBA-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 de produção das misturas MBA-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 MBA-BMB[®] devem ser verificadas com a periodicidade indicada no caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para materiais a empregar em misturas drenantes para camadas de desgaste.

As tolerâncias de fabrico adoptadas para a mistura MBA-BMB[®] são as indicadas no Quadro 6.

4 APLICAÇÃO EM OBRA

A aplicação em obra da mistura MBA-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 MBA-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 rega de colagem a executar sobre a camada subjacente à camada de MBA-BMB[®] deve ser realizada com emulsão betuminosa modificada. O espalhamento da mistura MBA-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

QUADRO 6

Tolerâncias de fabrico da mistura MBA-BMB®

Característica		Método de ensaio	Unidade	Tolerância de fabrico ⁽¹⁾ (pontos percentuais)
Porcentagem de ligante BMB®		EN 12697-39: 2004 ⁽²⁾	%	± 0,3
Granulometria ⁽³⁾ da mistura de agregados e filler	Material que passa no peneiro de 0,063 mm	NP EN 933-1: 2000	%	± 1
	Material que passa no peneiro de 0,500 mm		%	± 2
	Material que passa no peneiro de 2,0 mm		%	± 3
	Material que passa no peneiro de abertura igual ou superior a 4,0 mm		%	± 4

⁽¹⁾ Tolerâncias admissíveis em relação à fórmula de trabalho declarada.

⁽²⁾ 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.

⁽³⁾ Granulometria declarada pelo produtor da mistura.

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 MBA-BMB®. Durante a execução das misturas betuminosas MBA-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 MBA-BMB®.

6 ANÁLISE EXPERIMENTAL

6.1 Condições de ensaio

Para caracterização das misturas betuminosas MBA-BMB® foram realizados, no LNEC, ensaios de caracterização das matérias-primas e do produto MBA-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 MBA-BMB® em laboratório, utilizaram-se agregados e filler 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 MBA-BMB® fabricadas em obra e em laboratório, bem como na avaliação do desempenho.

Os ensaios realizados foram os seguintes:

- Agregados e filler:
 - 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).
- 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).
- Mistura betuminosa MBA-BMB®:
 - caracterização das misturas betuminosas compactadas (composição volumétrica; percentagem de ligante; perda de massa no ensaio Cântabro e resistência conservada);
 - propriedades relacionadas com o desempenho estrutural (módulo de deformabilidade; resistência à fadiga; resistência às deformações permanentes);
 - 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 Abertas com Betume Modificado com alta percentagem de Borracha - MBA-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 MBA-BMB® aplicada em camadas de desgaste de pavimentos tem um comportamento satisfatório em condições normais de utilização.

Nos Quadros 7 e 8 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 7

Propriedades relacionadas com o desempenho estrutural

Característica		Método de ensaio		Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante ⁽¹⁾	
		Norma de ensaio	Condições específicas de ensaio		Betume base 35/50	Betume base 50/70
Módulo de deformabilidade		EN 12697-26: 2004	Flexão em 4 pontos; Temperatura: 20°C; Frequência de carregamento: 10 Hz	MPa	1500 – 2500	1000 – 2000
Resistência à fadiga	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	$\mu\text{m}/\text{m}$	≥ 450	≥ 500
	Declive da curva de fadiga, p			-	4 – 5	
Resistência às deformações permanentes	Deformação final (120 min.)	NLT-173/84 ⁽²⁾	Ensaio de simulação em pista de laboratório; Temperatura: 60°C	mm	≤ 5	≤ 10
	Velocidade de deformação entre 105 min. e 120 min.			$\mu\text{m}/\text{min.}$	≤ 12	≤ 24

⁽¹⁾ Resultados confirmados em ensaios realizados pelo LNEC.

⁽²⁾ Para a realização deste ensaio utilizaram-se provetes recolhidos em obra e provetes moldados em laboratório com um cilindro compactador.

QUADRO 8

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	EN 13036-1: 2001	-	mm	$\geq 1,1$
Resistência à derrapagem	BS 7941-2: 2000	Velocidade: 50 km/h; Película de água: 0,5 mm	Grip Number	$\geq 0,75$

⁽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 seis anos, que permitiram verificar o comportamento das camadas de desgaste de pavimentos rodoviários realizadas com MBA-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 MBA-BMB®, não tendo sido detectada qualquer anomalia significativa.

Verificou-se também a capacidade das camadas de desgaste em MBA-BMB® para conferir ao pavimento as adequadas

características funcionais, apresentando características anti-derrapantes satisfatórias e contribuindo para a redução dos níveis de ruído.

9 CONDIÇÕES DE EMPREGO

9.1 Recomendações de segurança e de higiene

Durante todo o processo de fabrico deve-se impedir o contacto do produto quente com a água, e evitar-se a introdução de vapor nas linhas vazias ou mangueiras. Deve-se também evitar o sobreaquecimento do produto.

O manuseamento quer do ligante BMB®, quer da mistura betuminosa MBA-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). Recomenda-se ainda o uso de avental e casaco de crute.

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 Ensaio de recepção

É através de ensaios de recepção 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, cabendo às fiscalizações decidir, caso a caso, da necessidade da sua realização.

Devem ser efectuados ensaios de recepção que permitam verificar que as características dos produtos BMB® e MBA-BMB® referidas nos Quadros 2, 5 e 6 se enquadram dentro dos limites que aí se especificam.

O LNEC poderá realizar, durante o período de validade do presente Documento de Aplicação, visitas às obras onde estejam

a ser fabricadas misturas MBA-BMB®, que permitam obter informações sobre a constância da qualidade da produção de BMB® e de MBA-BMB®.

10 REFERÊNCIAS

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

Segundo dados fornecidos pela empresa RECIPAV, terão sido aplicadas em Portugal, desde 2000, mais de 70 000 toneladas de MBA-BMB®, indicando-se de seguida algumas das obras mais significativas onde aquelas misturas betuminosas foram aplicadas, e respectivas extensões:

IP9 – Nó de Viana/Nó de Nogueira (6 km)

A8 – CRIL/Loures (3 km)

IP5 – Guarda/Vilar Formoso (28 km)

A8 – Torres Vedras Sul/Torres Vedras Norte (8 km)

A2 – Palmela/Marateca (2 km)

A8 – Torres Vedras/Bombarral (12 km)

IP7 (A2) – Nó de Almada (Sul/Norte) (1 km)

EN14 – Limite de Distrito do Porto/Braga (23 km)

Ponte Vasco da Gama: troço inicial (Lisboa) (1 km)

A8 – Sublanço Delgada/São Mamede (9 km).

ANEXO I

ENSAIOS 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 – 195		Antes de iniciar o fornecimento	-
Viscosidade do BMB® à saída do tanque de reacção (viscosímetro <i>Haake</i>)	-	cP	3500 – 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 – 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 ⁽¹⁾	EN 13302: 2003	mPa.s	2500 - 4500		1 por obra	-
Penetração a 25°C (100g, 5s)	EN 1426: 1999	0,1 mm	15 – 30	20 – 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	Variação da massa	EN 12607-1: 1999	%		1 por obra	-
	Penetração a 25°C (100g, 5s) retida		%			
	Aumento da temperatura de amolecimento		%			

⁽¹⁾ Viscosímetro Brookfield, com thermosel, haste SC4-27, 20 rpm.

ANEXO II

ENSAIOS DE CONTROLO INTERNO DA PRODUÇÃO DA MISTURA MBA-BMB®

Propriedade		Norma de ensaio	Unidade	Critérios de aceitação	Frequência	Observações
Granulometria da mistura de agregados e filler	Material que passa no peneiro de 0,063 mm	NP EN 933-1: 2000	%	± 1	Um ensaio por período de trabalho	Tolerâncias admissíveis em relação à fórmula de trabalho aprovada
	Material que passa no peneiro de 0,500 mm		%	± 2		
	Material que passa no peneiro de 2,0 mm		%	± 3		
	Material que passa no peneiro de abertura ≥ 4,0 mm		%	± 4		
Percentagem de ligante BMB®		EN 12697-39: 2004	%	± 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 (calculada a partir da baridade geométrica e da baridade máxima teórica), V_m		EN 12697-5: 2002 – método A EN 12697-6: 2003 – método D EN 12697-8: 2003	%	12 a 18	3 ensaios por semana de trabalho sobre provetes moldados em laboratório e 1 ensaio por cada troço de 500m sobre tarolos extraídos de camadas aplicadas	Designa-se por baridade geométrica a baridade do provete determinada com base no volume calculado através de medições das suas dimensões
Perda de massa (ensaio Cantabro), PL		EN 12697-17: 2004	%	≤ 10	1 ensaio por semana de trabalho	Moldagem provetes: EN 12697-30: 2004; Temperatura: 25°C; Para a realização destes ensaios são moldados provetes com o compactador de impacto (Marshall), a uma temperatura de compactação compreendida entre 140°C e 150°C, e utilizando para o efeito 1050 g de mistura betuminosa MBA-BMB®
Resistência conservada em ensaios de compressão Marshall		MIL-STD-620A	%	≥ 75	1 ensaio por semana de trabalho	Ver observação anterior sobre a moldagem dos provetes

