




**UTILIZAÇÃO DE BORRACHA
PROCEDENTE DE NFU's NA
MODIFICAÇÃO DE BETUMES DE
PAVIMENTAÇÃO**

CRP (5/04/2006)

Índice

1. Antecedentes
 2. Diferentes procedimentos de incorporação de borracha de NFU nas misturas betuminosas.
 3. Betumes borracha.
 4. Caracterização do betume-borracha.
 5. Comportamento das misturas betuminosas.
 6. Manual de utilização de borracha de NFU em misturas betuminosas.
 7. CEDEX-Estudo comparativo BMB-3b/BMP-3b
- 

1. Antecedentes

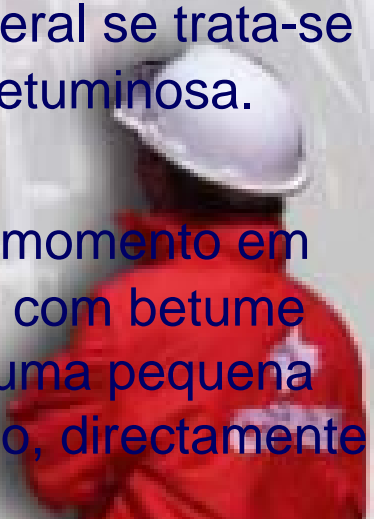


The annual accumulation of used tyres in EU-countries

Country:	Used Tyres / Year:	Population:
Netherlands	65.000 tn	15.492.800
Belgium	70.000 tn	10.143.000
Spain	330.000 tn	39.241.900
Great Britain	400.000 tn	58.684.000
Italy	360.000 tn	57.330.500
Austria	41.000 tn	8.045.800
Greece	58.500 tn	10.474.600
Portugal	45.000 tn	9.920.800
France	380.000 tn	58.265.400
Sweden	65.000 tn	8.737.500
Germany	650.000 tn	81.845.000
Total	2.542.640 tn	372.552.900



2. Diferentes procedimentos de incorporação de borracha de NFU nas misturas betuminosas

1. **Via húmida.** Consiste em modificar betumes incorporando certas quantidades de um determinado tipo de pó de pneus e aditivos, em condições determinadas de temperatura, tempo, energia de agitação, etc.
 2. **Via seca.** Utiliza pó de pneus como se de pó mineral se trata-se ou seja como se fosse mais um inerte da mistura betuminosa.
 3. **Via mista.** É uma técnica que se encontra neste momento em desenvolvimento. Baseia-se no fabrico de misturas com betume modificado com borracha procedente de NFU's e uma pequena quantidade de pó de pneu como inerte de aportação, directamente no misturador da central betuminosa.
- 

3.1. Betumes modificados com borracha (BMB)

1. A CEPSA desenvolveu betumes-borracha estáveis ao armazenamento, utilizando **pó de borracha reactivado** obtido a partir de NFU`s.
2. Foram formulados (com betumes asfálticos seleccionados provenientes das nossas refinarias) **betumes-borracha estáveis** que cumprem as especificações exigidas aos betumes modificados com polímeros.
3. A sua **fabricação** tem lugar nas mesmas **centrais** de produção dos BMP, que são capazes de dispersar eficazmente as partículas de pó de borracha. O **transporte** é efectuado **em cisternas**.
4. Os produtos obtidos são **mais homogéneos** que os fabricados “in situ” sendo as **percentagens de pó de borracha** admissíveis para conseguir betumes estáveis e para os poder manejar adequadamente nas instalações, **menores (<15%)** que os fabricados “in situ”.

4.1 Ensaios

- Ensaios de caracterização habituais para os BMP.
- Avaliação da susceptibilidade térmica. Resistência ao envelhecimento.
- Comportamento elástico.
- Compatibilidade e Estabilidade ao armazenamento.



5.1 Experiência em obra

- Troço experimental com mistura betuminosa fabricada com B35/50 e com betume modificado com pó de borracha de pneus fora de uso tipo BMB-2 numa auto-estrada Espanhola em Junho de 2005, com bons resultados até ao momento.
- ENSAIO MARSHALL (com 5% ligante s/a). Provetes compactados com 75 pancadas a 150-155° C com B35/50 e a 170-175 ° C com BMB-2.

	B40/50	BMC-2	Especificaciones PG3 para T00 y T0
Estabilidad (KN)	15,7	15,2	> 15
Deformación (mm.)	2,6	2,35	2-3
Densidad s.s.s (g/cm ³)	2,378	2,364	-
Huecos mezcla (%)	5,2	5,8	4-6
Huecos áridos (%)	16,2	6,7	> 15

5.2 Experiência em obra

ENSAIO DE IMERSÃO-COMPRESSÃO

Com menos 0,3% de ligante (4,7% s/a) para assegurar o bom comportamento da mistura à acção da água.

Manteve-se as provetas em imersão durante 24 horas em água a 60°C

	B40/50	BMC-2	Especificación PG3
Resistencia en seco (Kg/cm ²)	61,2	55,9	
Resistencia tras inmersión (Kg/cm ²)	53,7	49,7	
Resistencia conservada (%)	88	93	> 75%
Densidad s.s.s. (g/cm ³)	2,340	2,343	

i.

5.2 Experiência em obra

ENSAIO DE PISTA DE LABORATORIO

Para assegurar o bom comportamento da mistura à formação de rodeiras, realizou-se o ensaio com **0,3% a mais de ligante (5,3% s/a)**.

	B40/50	BMC-2	Especificación PG-3 para T00 y T0
$V_{105-120}$ (mm/min.)	$2,35 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$< 15 \cdot 10^{-3}$
Deformación total (mm)	0,93	0,77	

i.

5.2 Experiência em obra

MÓDULO DINÂMICO

Sobre Provetes de H=2D a 20 °C y 10 Hz.

	B40/50	BMC-2
<i>Módulo dinámico (MPa)</i>	7868	6439
<i>Angulo de fase (°)</i>	17,5	18,7

i.

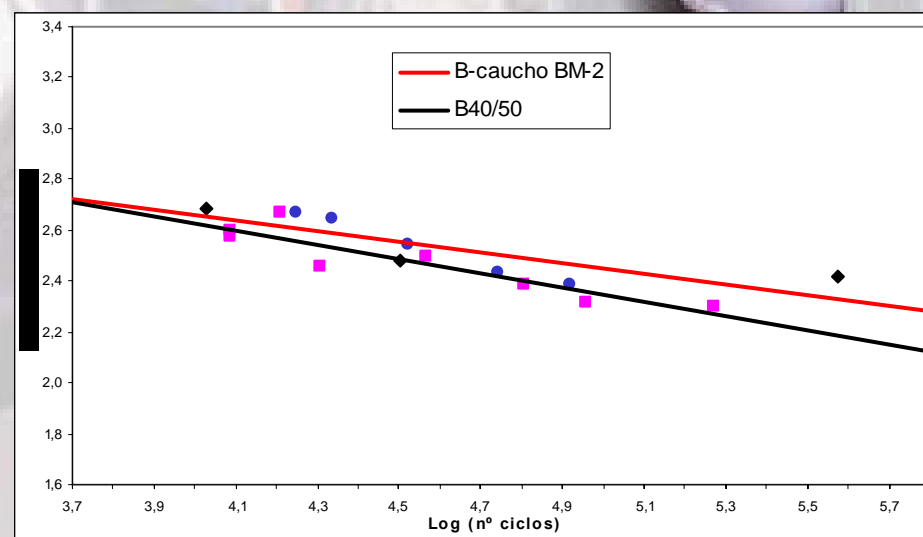
FADIGA À FLEXOTRACÇÃO DINÂMICA (NLT-350)

A 20°C y 10Hz

Os valores obtidos para a fadiga à compressão diametral são:

• $\epsilon_6 = 116$ para o B 35/50

• $\epsilon_6 = 174,4$ para o BMB-2



5.2 Colocação das misturas em obra


Espalhamento

O espalhamento em obra das misturas betuminosas com pó de borracha de pneu é efectuado de forma convencional, no entanto deve-se ter mais cuidados para evitar o arrefecimento prematuro do material. A elevada viscosidade do ligante dificulta a compactação a temperaturas inferiores a 120 °C.



5.2 Colocação das misturas em obra

Compactação

- A compactação principal deve iniciar-se à temperatura de 160 °C e parar quando se atingem os 130 °C. Sendo conveniente terminar a superfície quando se atinge os 115 °C.
 - Podem utilizar-se compactadores metálicos estáticos ou vibratórios, no entanto no caso de misturas abertas ou rugosas não deve ser utilizada a vibração.
 - Em misturas com BB e alto conteúdo de betume não é aconselhável utilizar cilindros de pneus pois o material tende a aderir as rodas e a levantar-se.
 - Os compactadores devem utilizar líquidos anti-aderentes.
- 

6. Manual para a utilização de borracha de PFU em misturas betuminosas

- Ajuda técnicos e gestores de vias para a utilização de este tipo materiais, dando uma série de **recomendações sobre a utilização de pó de borracha de NFU em misturas betuminosas para vias de comunicação.**
- Documento em fase de estudo, onde se apresentarão os **critérios para a selecção e uso do pó de borracha**, dosificação, fabricação, colocação em obra e controle de qualidade das unidades de obra correspondentes.
- Tratará de otimizar a utilização de pó de borracha para **conseguir os benefícios potenciais das distintas técnicas.**
- Contemplará uma **PROPOSTA DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA ESTES PRODUTOS.**



O trabalho realizado consistiu em 3 partes:

- Caracterização reológica dos ligantes
- Fabricação e ensaio de 2 tipos de misturas betuminosas (uma drenante e uma tipo semidensa S12)
- Estudo da resistência à propagação de fissuras



Conclusões:

- Ambos os ligantes apresentam propriedades viscoelásticas similares no seu estado original
- O BMP apresenta um comportamento superior relativamente às deformações plásticas, segundo a metodologia SHRP
- O BMB apresenta um comportamento ligeiramente superior no que respeita à fadiga, segundo a metodologia SHRP
- A durabilidade teórica dos pavimentos utilizando BMP é superior às dos pavimentos onde a mistura betuminosa foi fabricada com BMB

OBRIGADO!

