



recipav[®]

Engenharia e Pavimentos, Lda.

Grupo Águas de Portugal

A UTILIZAÇÃO DO BMB EM PORTUGAL: A EXPERIÊNCIA OBTIDA AO LONGO DE 7 ANOS NAS OBRAS EM SERVIÇO



Paulo Fonseca e Rui Barros

Recordando o que é o BMB

- Incorpora de 20 a 22% de granulado de borracha
- EN 14023:2005 – Betumes Modificados
- Material definido pela ASTM D 6114-97 (2002)

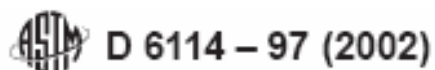


TABLE 1 Physical Requirements for Asphalt-Rubber Binder

Binder Designation ^A		Type I	Type II	Type III
Apparent Viscosity, 175°C (347°F):cP Modified Test Method D 2196, Method A, (see 5.4) ^{B,C}	min	1500	1500	1500
	max	5000	5000	5000
Penetration, 25°C (77°F) 100g, 5 s: 1/10 mm (Test Method D 5)	min	25	25	50
	max	75	75	100
Penetration, 4°C (39.2°F), 200g, 60 s: 1/10 mm (Test Method D 5)	min	10	15	25
Softening Point: °C (°F) (Test Method D 36)	min	57.2 (135)	54.4 (130)	51.7 (125)
Resilience, 25°C (77°F): % (Test Method D 5329)	min	25	20	10
Flash Point: °C (°F) (Test Method D 93)	min	232.2 (450)	232.2 (450)	232.2 (450)
Thin-Film Oven Test Residue (Test Method D 1754) ^D
Penetration Retention, 4°C (39.2°F): % of original (Test Method D 5)	min	75	75	75

A experiência Portuguesa com o BMB

Característica	Unidade	Método de teste	Valor
Viscosidade, Brookfield a 175°C	cP	ASTM D2196	4500
Penetração	0,1 mm	EN 1426	26
Temperatura Anel Bola	°C	EN 1427	70
Resiliência a 25°C	%	ASTM D5328	45
Resistência ao Endurecimento:		RTFOT EN 12607-1	
Penetração conservada	%	EN 1426	70
Aumento Tab	°C	EN 1427	10

A Experiência em números (1999 - 2006)

- **BMB fabricado: 36.900 ton:**
 - ✓ Em Portugal: 22,900 ton;
 - ✓ Em Espanha, Áustria, Alemanha: 14.000 ton;
- **Misturas betuminosas com BMB: 431.000 ton;**
- **Extensão pavimentada com BMB: 350 km;**

A Experiência em números (1999 - 2006)

Dono de Obra	BMB (ton)	Mistura Betuminosa (ton)	Dono de Obra (%)
Estradas de Portugal	13.340	156.941	36%
Concessionárias	4.570	50.777	12%
Câmaras Municipais	2.430	28.588	7%
Outras Entidades	2.560	30.117	7%
Europa	14.000	164.706	38%
Total	36.900	431.129	

O Fabrico do BMB



As utilizações do BMB

- **Dois tipos de misturas betuminosas:**
 - ✓ MBR – BMB (rugosa): 8,5 a 9% de BMB
 - ✓ MBA – BMB (aberta): 9,5 a 10,5% de BMB
- **SAMI – membrana anti-propagação de fendas**
 - ✓ Taxa de aplicação de BMB: 2,6 kg/m²

As Misturas Betuminosas com BMB

- **Características intrínsecas das misturas:**

	Módulo de Deformabilidade (MPa)	Porosidade (%)	V_b - Teor volumétrico em betume (%)	ε₆ (μm)
MBR-BMB	3800	4,5 a 6,5	17,5	420
MBA-BMB	2000	12 a 16	19,2	550

	V₁₂₀-V₁₀₅ (μm/min)
MBR-BMB	4
MBA-BMB	8

Ensaios:

Fadiga: EN 12697-26: 10Hz, 20°C

Pista: NLT 173:60°C, 900 kPa

Estratégias de utilização

- **MBR – BMB:**

- ✓ Estrutural (Fadiga, propagação fendas, envelhecimento, baixa rigidez);
- ✓ Funcional (Macro textura, atrito, ruído);

- **MBA – BMB:**

- ✓ Funcional (ruído, projecção de água, atrito baixas e altas velocidades, envelhecimento);
- ✓ Anti-propagação de fendas (camada desgaste ou intermédia);

A diferenciação das misturas com BMB

- **Elevada resistência à fadiga:**
 - ✓ 10 vezes superior às misturas convencionais;
- **Elevada resistência à propagação de fendas:**
 - ✓ misturas + elásticas e devido propriedades do BMB;
- **Redução de ruído comprovada:**
 - ✓ -6 dB(A) e -10 dB(A) comparação MBA-BMB com rugosa convencional e BAC. Estudos AEA;
- **Elevada resistência ao envelhecimento;**
 - ✓ maiores filmes asfálticos e protecção dos maltenos;

Características funcionais das misturas em serviço

- Resistência ao Deslizamento:

- Grip-Tester:

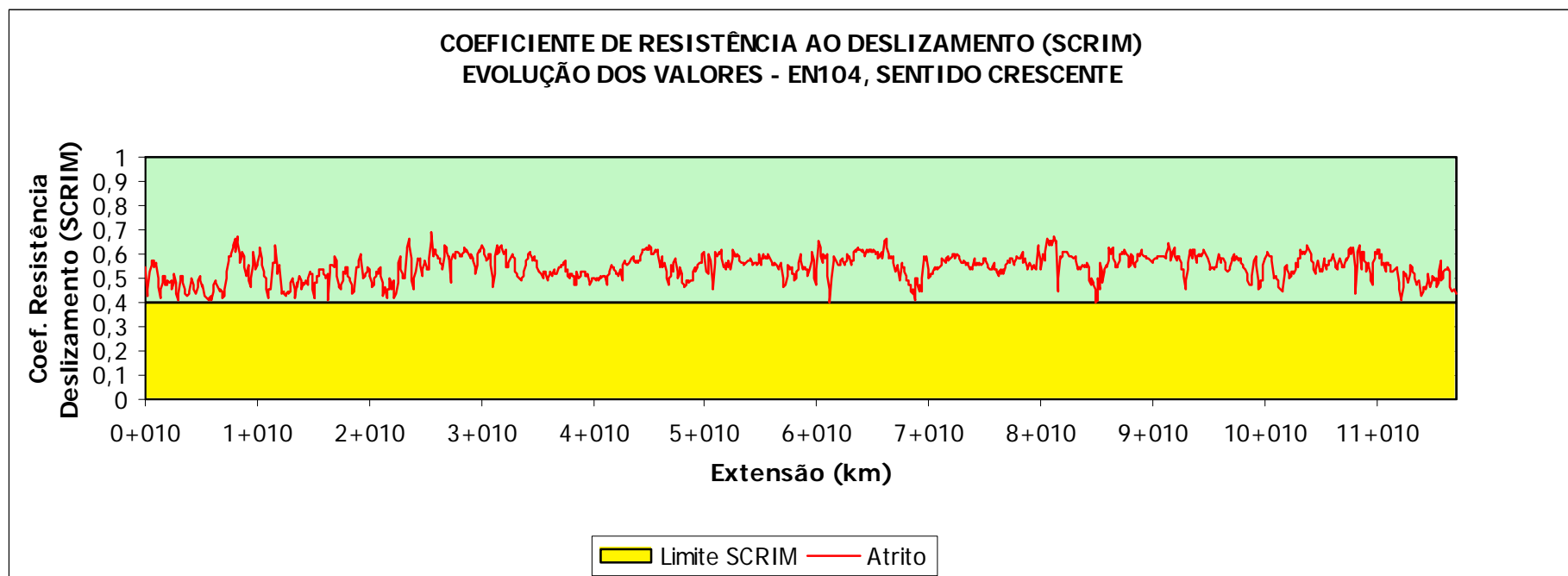
- ✓ Scrim = $0,89 \times \text{Grip Number (CEN 227/WG5)}$



Características funcionais das misturas em serviço

	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	SCRIM: Valor característico (M- σ)	Tipo de Mistura	Ano de entrada em serviço	Tipo de agregado
EN 104 Trofa / Azurara	0,55	0,05	0,50	MBR-BMB	1999	Granítico
EN 105 Ermesinde / Sto. Tirso	0,52	0,05	0,47	MBR-BMB	2000	Granítico
EM 538 Avis	0,77	0,07	0,70	MBR-BMB	2004	Seixo Britado
IC1 Ourique / Santana da Serra	0,66	0,05	0,61	MBR-BMB	2004	Dioritos

Características funcionais das misturas em serviço



Características funcionais das misturas em serviço

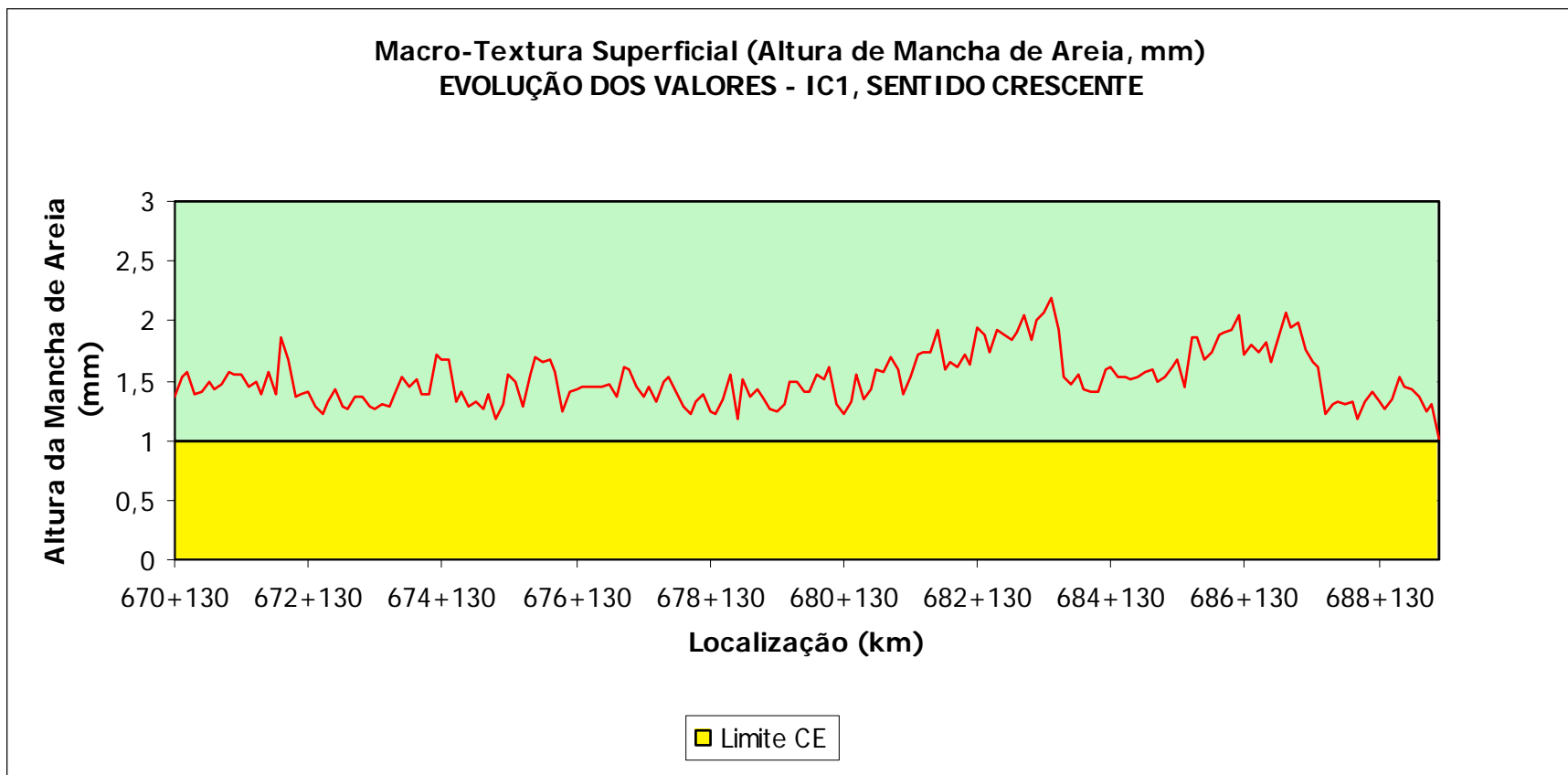
- Profundidade de Textura:
 - Equipamento Laser: Mean Profile Depth, MPD
 - ✓ $ETD = 0,8 \times MPD + 0,2$ (Correlação: ISO 13473-1)

Tipo de mistura betuminosa	Altura de areia (mm)
Betão betuminoso	Aa > 0,6
Betão betuminoso drenante	Aa > 1,2
Microbetão rugoso	Aa > 1,0
Argamassa betuminosa	Aa > 0,4
Mistura betuminosa de alto módulo	Aa > 0,4

Características funcionais das misturas em serviço

	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	ETD - Valor característico (M-σ)	Tipo de Mistura	Ano de entrada em serviço
EN 104 Trofa / Azurara	1,45	0,27	1,18	MBR-BMB	1999
EN 105 Ermesinde / Sto. Tirso	1,38	0,15	1,23	MBR-BMB	2000
EM 538 Avis	1,77	0,28	1,49	MBR-BMB	2004
IC1 Ourique / Santana da Serra	1,52	0,22	1,30	MBR-BMB	2004

Características funcionais das misturas em serviço



Conclusões

- Experiência de 7 anos de utilização do BMB;
- A utilização de altas percentagens de ligante ($\pm 9\%$) com incorporação de elevada percentagem de borracha ($\pm 22\%$) permite obter misturas com excelentes propriedades elásticas e óptima resistência à deformação permanente;
- Excelentes propriedades funcionais comprovadas: Ruído e Atrito;
- Para certificar a experiência com a utilização do BMB: Homologação LNEC das misturas e Certificação de Produto BMB;