

Projeto Ecosurf: camadas de desgaste descontínuas de altas prestações produzidas com material fresado reutilizado em taxas de 30%

M^a Elena Bautista Dávila, Gerente de Assistência Técnica Sênior – Repsol – Espanha

Hélio Nunes, Gerente Comercial Asfaltos – Repsol – Portugal

M^a Lucía Miranda Pérez, Gerente de Assistência Técnica Sênior – Repsol – Espanha



INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Resultados utilização betume
modificado com rejuvenescedores

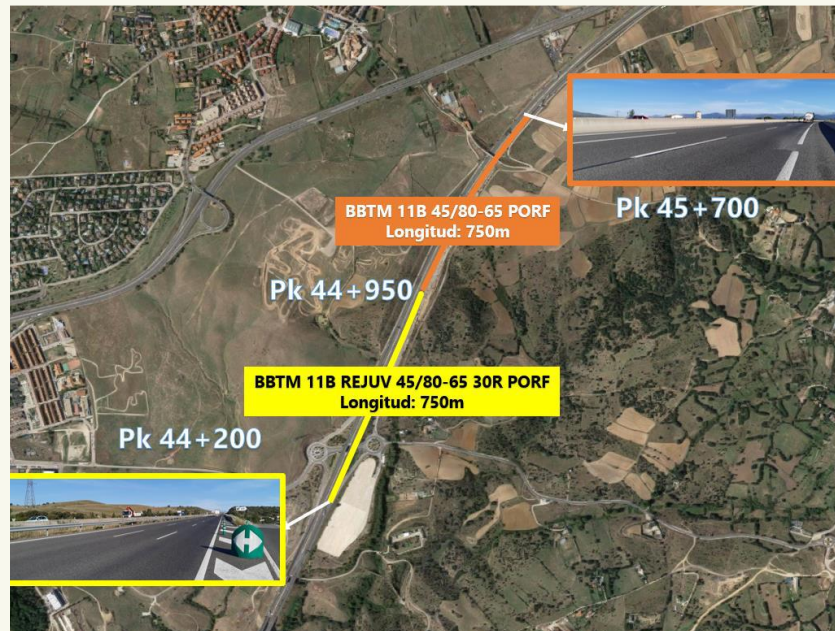
Mistura descontínua do tipo BBTM11B
com 30% RAP.

Obra reabilitação superficial via veículos
lentos da autoestrada A-1 (Madrid)

Tráfego pesado T0

Inclinação longitudinal ascendente 4,1%

Comparação com outro trecho contíguo com o
mesmo tipo de mistura BBTM11B com PMB
45/80-65 e sem material reutilizado



MATERIAIS

FRESADO REUTILIZADO

Tratado e analisado em detalhe para conhecer as suas propriedades, principalmente se vai ser utilizado em camadas de desgaste.

Granulometria das partículas (preto e branco), recuperação e ensaios empíricos, químicos e reológicos prestacionais



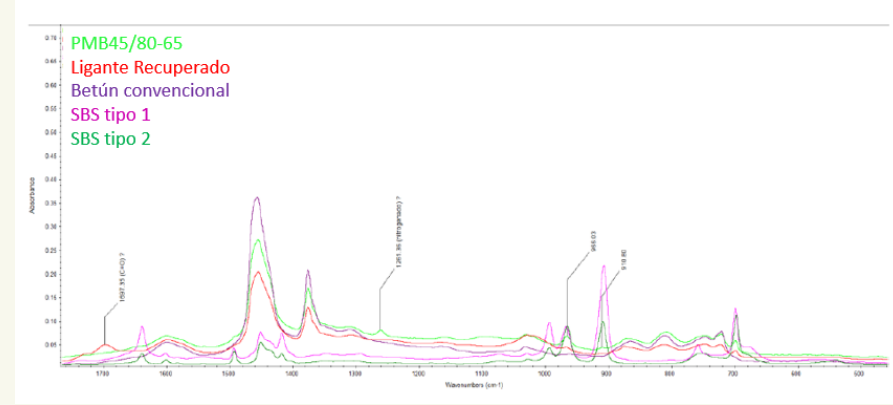
Ensaio	Ligante do fresado
Ligante s/mistura (%)	3,7
Penetração (0,1 mm)	5
Temperatura amolecimento (°C)	84,4
$T_{G^* = 15 \text{ kPa}}$ (25 mm, 1 mm gap)	85,4
$\delta T_{G^* = 15 \text{ kPa}}$	67,8
$T_{G^* = 5 \text{ MPa}}$ (8 mm, 2 mm gap)	39,0
$\delta T_{G^* = 5 \text{ MPa}}$	46,9

MATERIAIS

CARACTERIZAÇÃO DO LIGANTE EXTRAÍDO

Conhecer o grau de modificação do ligante envelhecido, foram realizados ensaios de espectroscopia infravermelha (IV)

Betume envelhecido, betume modificado, betume convencional e polímero virgem.



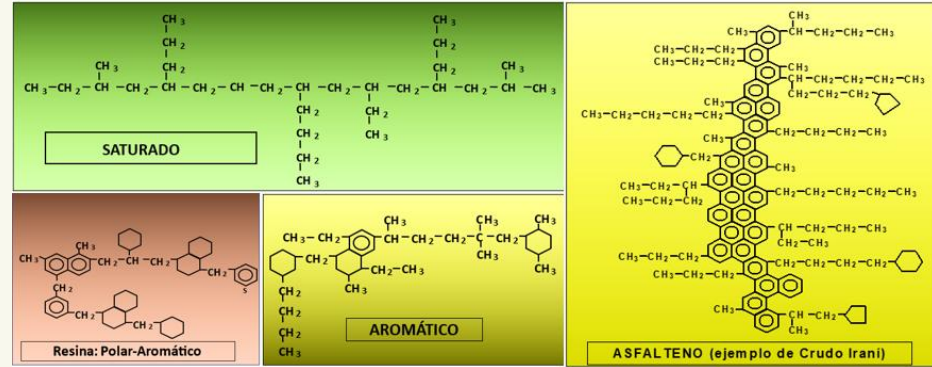
MATERIAIS

ENVELHECIMENTO DO LIGANTE

Para adição de "rejuvenescedores" é fundamental conhecer as características do betume envelhecido.

Permite-nos fixar a dosagem de rejuvenescedores necessária para regenerar a composição química do betume envelhecido.

Componentes químicos do betume
Distribuição dos componentes no betume



MATERIAIS

FORMULAÇÃO PMB 45/80 REJUV

Betume modificado (PMB 45/80 REJUV) com polímero e aditivos rejuvenescedores para restaurar as propriedades do ligante envelhecido e conseguir um ligante modificado final do tipo PMB 45/80-65

Mistura PMB REJUV com o ligante extraído da fresado em laboratório (PMB 45/80 REJUV R30)

Ensaio	PMB 45/80 REJUV	PMB 45/80 REJUV R30	PMB 45/80-65 Referência
Penetração, 0,1 mm	87	40	45-80
T amolecimento, °C	70,0	66	≥65
F. ductilidade, 5 °C, J/cm²	6,8	4,3	≥3
Rec. elástica, %	92	80	≥70
Betume envelhecido pelo RTFOT			
T_{G*} = 15 kPa	51,3	63,3	58,4
δ T_{G*} = 15 kPa	56,4	63,1	60,7
T_{G*} = 5 MPa	12,1	19,1	16,3
δ T_{G*} = 5 MPa	56,6	49,2	48,2

MATERIAIS

AGREGADO NATURAL

Agregado porfírico procedente de Villacastín (Segovia)

Areia calcária de Morata de Tajuña (Madrid)

Filer de aportação

Cumprem as especificações do PG-3, misturas betuminosas descontínuas a quente para camadas de desgaste

MISTURA BETUMINOSA PARA TRECHO EXPERIMENTAL

Selecionou-se uma mistura descontínua tipo BBTM11B com percentagens de fresado até 30%

Peneiros, UNE EN	Fuso granulométrico mistura BBTM 11B (PG3)		Fórmula trabalho padrão	Fórmula trabalho REJUV R30
16	100	100	100	100
11,2	90	100	99	100
8	60	80	67	69
4	17	27	20	22
2	15	25	18	21
0,5	8	16	11	13
0,063	4	6	5,2	5,6
% ligante s/m		5,0	5,3	5,2

ENSAIOS MISTURA - TRECHO EXPERIMENTAL

ENSAIOS MECÂNICOS

Ensaio mecânico sobre provetes de mistura fabricada para o trecho experimental compactados em laboratório

Mistura BBTM 11B	Padrão	REJUV R30
Densidade máx. (Mg/m ³)	2,524	2,514
Densidade aparente, (Mg/m ³)	2,121	2,064
Vazios mistura (%)	16	17,9
Vazios agregados (%)	26,6	28,6
Vazios preenchidos ligante (%)	40,1	37,4
Resistência ar (ITS) (MPa)	1,61	1,37
Resistência água (ITS) (MPa)	1,51	1,23
Resistência conservada (ITSR) (%)	94,3	89,7
WTS ar (µm/ 1000 ciclos)	0,069	0,066
RD ar (%)	7,06	6,50
RD ar (mm)	2,12	1,96
Escorrimento (%)	0,34	0,22
Perda partículas (%)	5,7	4,7
Módulo rigidez, (MPa)	2984	2145
Fadiga 4 ptos, ϵ_6 (µm/m)	210	189

ENSAIOS MISTURA - TRECHO EXPERIMENTAL

CARACTERIZAÇÃO DE LIGANTES EXTRAÍDOS DAS MISTURAS

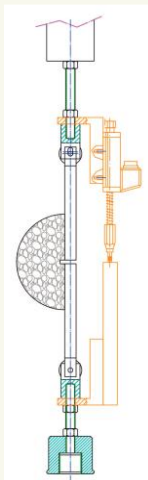
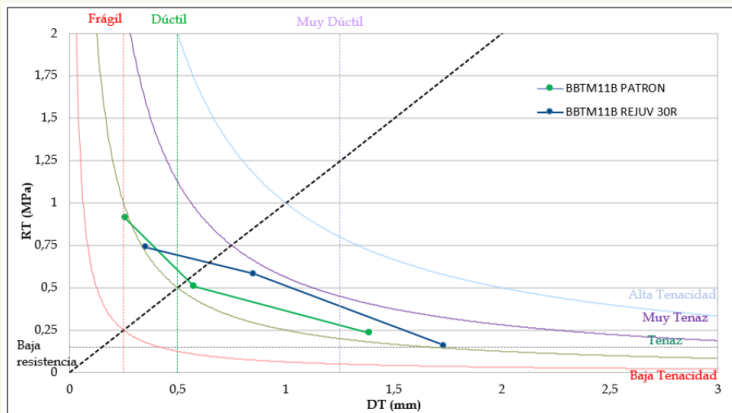
Os ligantes de ambas misturas foram recuperadas através de extração com diclorometano para posterior caracterização

Mistura BBTM 11B	Padrão	REJUV R30
Ligante s/mistura (%)	4,7	4,9
Penetração (0,1 mm)	34	40
Temperatura amolecimento (°C)	75,2	74,6
MSCRT 60°C		
Recuperação a 3,2 kPa (%)	89,0	86,3
R_{diff} (%)	-0,4	-0,4
J_{nr-diff} (kPa)	0,6	2,1

ENSAIOS MISTURA - TRECHO EXPERIMENTAL

CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FISSURAÇÃO

Curvas de isotenacidade obtidas no ensaio Fénix



Temperatura de ensaio (°C)	20	5	-5
Mistura	BBTM 11B (REJUV R30)		
Indicador Rigidez (IRT) (MPa/mm)	1,58	2,84	3,07
Energia total rotura (Gd) (J/m ²)	370	856	681
Tenacidade (T) (J/m ²)	310	709	531
Indicador de tenacidade (IT) (mN)	557	607	184
Afastamento (d50pm) (mm)	2,19	1,22	0,68
Carga máxima (Fmax) (kN)	0,46	1,55	2,00
Resistência à tração (RT) (MPa)	0,16	0,60	0,74
Afastamento tenacidade (DT) (mm)	1,73	0,85	0,35

Temperatura de ensaio (°C)	20	5	-5
Mistura	BBTM 11B (padrão)		
Indicador Rigidez (IRT) (MPa/mm)	1,49	2,02	3,07
Energia total rotura (Gd) (J/m ²)	462	610	590
Tenacidade (T) (J/m ²)	397	485	410
Indicador de tenacidade (IT) (mN)	566	305	115
Afastamento (d50pm) (mm)	1,76	0,95	0,60
Carga máxima (Fmax) (kN)	0,66	1,54	2,40
Resistência à tração (RT) (MPa)	0,24	0,52	0,91
Afastamento tenacidade (DT) (mm)	1,39	0,58	0,26

ENSAIOS MISTURA - TRECHO EXPERIMENTAL

Resumo

Ensaio	Fórmula laboratório		Provas em central		Trecho experimental	
	Padrão	Rejuv R30	Padrão	Rejuv R30	Padrão	Rejuv R30
Densidade máxima (Mg/m³)	2,501	2,481	2,521	2,506	2,524	2,514
Conteúdo em vazios (%)	13,7	10,6	11,7	13,8	16,0	17,9
Resistência conservada (ITSR) (%)	100,7	101,0	86,1	90,8	94,3	89,7
WTS ar (µm/ 1000 ciclos)	0,022	0,073	0,033	0,032	0,069	0,066
Escorrimento (%)	-	-	0,35	0,34	0,34	0,22
Perda partículas (%)	5	9,2	9	5,2	5,7	4,7
Rigidez (MPa)	-	-	3162	3559	2984	2145
Fadiga (µm/m)	-	-	167	233	210	189

Ensaio	Padrão	REJUV R30
MTD médio (mm)	1,78	2,31



CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios da formulação de laboratório, do ensaio industrial em central e da aplicação em obra, permitem concluir que:

- A mistura formulada no projeto Ecosurf tem as mesmas características mecânicas e de desempenho que uma mistura tradicional sem adição de material reciclado.
- As propriedades mecânicas obtidas em ambas as misturas, caracterizadas segundo os ensaios que o PG-3 estabelece para a formulação de misturas a quente, são semelhantes.



CONCLUSÕES

É possível executar camadas de desgaste ambientalmente mais sustentáveis, reutilizando material proveniente da fresagem das camadas de desgaste sobre as quais se pretende atuar.

Os resultados dos ensaios empíricos e reológicos realizados ao betume extraído do trecho experimental com betume PMB REJUV são semelhantes aos obtidos com o PMB 45/80-65 extraído da mistura padrão. Além disso, observa-se uma notável melhoria das propriedades de desempenho em relação às que apresentava o betume extraído da fresagem inicial.



PROJETO ECOSURF



OBRIGADA!

CONTATO

mebautistad@repsol.com

