

ARTIGO REF: 6742

MISTURAS BETUMINOSAS TEMPERADAS: UMA SOLUÇÃO ADEQUADA PARA PAVIMENTOS EM ZONAS REMOTAS

Fernando Martinho^{1(*)}, Luís Picado Santos², Silvino Capitão³

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa - Depart. de Eng^a Química - Lisboa, Portugal

²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa - Depart. de Eng^a Civil, Arq. e Georrec. - Lisboa, Portugal

³Instituto Polit. de Coimbra, Inst. Superior de Eng^a de Coimbra e CESUR/CERIS, IST, Univ. de Lisboa, Portugal

(*)*Email*: fernando.martinho@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O fabrico de misturas betuminosas tem vindo a beneficiar, ao longo das últimas décadas, da introdução de melhorias significativas no sentido de se conseguir maior conformidade nos vários processos associados, essencialmente, em aspetos técnicos, ambientais e económicos. [Martinho *et al.*, 2017]. As misturas betuminosas temperadas são promissoras porque permitem melhorias em alguns desses aspetos, nomeadamente, na redução das temperaturas de produção e compactação.

Este tipo de misturas começou a ser desenvolvido nos EUA na década de 50 do século XX, procurando-se a redução do consumo energético, tendo recorrido a técnicas de fabrico com espuma de betume (resultante da injeção de vapor de água no betume quente). Mais tarde, a sua utilização foi implementada em vários países da América, da Austrália e da Europa [Martinho, 2014]. Entretanto, outros objetivos foram acrescentados e conseguidos, como por exemplo, a redução na libertação de gases, a possibilidade de transportar as misturas a maiores distâncias e a tendência para ter maior trabalhabilidade num espectro mais amplo de condições climáticas do que as misturas convencionais.

Na prática, para baixar a temperatura de fabrico, é apenas necessário incluir um aditivo ou utilizar um processo que origine formação de espuma de betume. Atualmente, existem diversas formas de conseguir essa redução de temperaturas, implicando algumas delas a modificação (temporária ou permanente) das propriedades do betume utilizado na produção da mistura. Em alguns dos tipos de processos, ou aditivos, a ligação betume-agregado é, ainda, ajustada quimicamente [Capitão *et al.*, 2012].

No contexto da realidade no continente africano, em que as misturas betuminosas são, em muitos casos, aplicadas em zonas afastadas das origens dos materiais, ou obrigam a várias deslocamentos das centrais de fabrico, é fundamental que as misturas possam ser transportadas durante mais tempo e que a sua aplicação seja feita nas melhores condições. Pelo que já se conhece das misturas betuminosas temperadas, julga-se que estas, também, são muito indicadas para aplicação neste tipo de geografias e não só nos países mais frios.

Neste trabalho, apresentam-se os resultados obtidos em duas misturas temperadas que podem ser aplicadas em camadas de base/regularização (AC 20 base/bin 35/50) e é feita a sua comparação com os obtidos numa mistura tradicional (fabricada a quente), todas produzidas com o mesmo tipo de agregados. As misturas temperadas foram fabricadas a 120 °C e a sua compactação foi feita a 100 °C.

As composições das 3 misturas betuminosas foram estudadas tendo em conta as propriedades apresentadas por cada um dos materiais usados e os objetivos pretendidos para as mesmas. Na Tabela 1 estão identificados os materiais e as características das composições estudadas.

Tabela 1 - Materiais usados e características das 3 misturas, moldadas em laboratório.

Misturas		Aditivos	Baridade kg/m ³	VMA %	Porosid. média %	Ensaio Marshall		ITSR %
Ref ^a	Tipo					Deform. mm	Estabil. kN	
M01	Temperada	Rediset	2 256	15,4	5,5	3,3	6,6	94,2
M02	Temperada	Viatop CT40	2 270	16,1	6,2	3,6	6,3	98,9
M03	Quente	-	2 357	14,2	3,9	3,2	14,4	93,1

Natureza dos agregados usados: calcária; Tipo de betume: 35/50.

Para comparação da valia técnica das 3 misturas foram realizados ensaios de avaliação do seu desempenho mecânico. Foram avaliadas as resistências à deformação permanente (através do ensaio *wheel tracking*) e à fadiga (em ensaios de flexão em 4 pontos) e foram determinados os módulos de rigidez e os respetivos ângulos de fase, para várias frequências de aplicação da carga. Os resultados obtidos nos referidos ensaios estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados médios obtidos nos ensaios de desempenho das 3 misturas, aplicadas em obra.

Misturas		Ensaio <i>wheel tracking</i> (¹)			Freq. de aplic. da carga (²) / mód. de rigidez / âng. fase				Resist. à fadiga (³)		
Ref ^a	Tipo	RD m m	PRD %	WTS mm/10 ³ c.	3 Hz MPa / °	5 Hz MPa / °	10 Hz MPa / °	20 Hz MPa / °	<i>a</i>	<i>b</i>	ε_6 µm/m
M01	Temperada	3,97	6,71	0,228	3703,1 30,3	4355,4 28,0	5272,9 23,2	6255,7 16,7	2774,3	-0,220	133
M02	Temperada	1,85	3,04	0,055	3954,2 28,4	4600,1 26,7	5539,6 22,0	6559,8 15,8	2904,2	-0,227	126
M03	Quente	4,09	6,58	0,248	3217,3 23,7	3688,6 23,7	4346,5 19,9	5135,3 15,0	2120,2	-0,198	138

(1) Ao ar @ 50°C; (2) @ 20°C & 50 µm/m; (3) *a* e *b* são os parâmetros da reta que representa a lei de fadiga ($\varepsilon = a \times N^b$) e ε_6 é a microextensão para 1 milhão de ciclos.

Da análise dos resultados expostos na Tabela 2 pode inferir-se que as misturas temperadas (M01 e M02) apresentam comportamentos em linha com o da mistura a quente convencional (M03) e, portanto, não têm qualquer desvantagem orgânica e de desempenho quando usadas no lugar das convencionais, tendo a vantagem de permitirem um transporte mais longo porque podem ser compactadas a temperaturas muito mais baixas que as convencionais.

REFERÊNCIAS

- [1]-Martinho, F.; Picado-Santos, L. & Capitão, S. Mechanical properties of warm-mix asphalt concrete containing different additives and recycled asphalt as constituents applied in real production conditions. *Construction and Building Materials*, 131. Elsevier Ltd. (2017) 78-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.051>.
- [2]-Martinho, F. Misturas Betuminosas Temperadas com Incorporação de Subprodutos Industriais - Caracterização e Validação Tecnológica. [Tese de Doutoramento]. Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa (2014) 1-348.
- [3]-Capitão, S.; Picado-Santos, L. & Martinho, F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 36. Elsevier Ltd. (2012) 1016-1024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038>.