

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS ASFÁLTICAS DE LIGANTE MODIFICADO COM BORRA OLEOSA DE PETRÓLEO

DENES CARLOS SANTOS DA GRAÇA¹, ERINALDO HILÁRIO CAVALCANTE²,
GISÉLIA CARDOSO³

¹ MSc. Engenharia Química, UFS, São Cristóvão-SE; Fone: (79) 3245-4755, dagracadcs@yahoo.com.br

² Dr. Professor Engenharia Civil, UFS, São Cristóvão-SE. Fone: (79) 2105-6600, erinaldo@ufs.br ³ Dra. Professora Engenharia Química, UFS, São Cristóvão-SE. Fone: (79) 2105-6328, giselial@ufs.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC 2014
12 a 15 de agosto de 2014 - Teresina-PI, Brasil

RESUMO: Modificadores de ligantes asfálticos vêm sendo avaliados na busca de melhor adequar o desempenho mecânico das misturas asfálticas às atuais condições de uso. Contudo, ligantes modificados apresentam comportamento reológico não-Newtoniano, diferentemente dos ligantes puros, que apresentam comportamento Newtoniano, podendo levar a restrições no uso de algumas metodologias convencionais de usinagem de misturas asfálticas. Neste estudo, a modificação do ligante asfáltico CAP 50/70 foi realizada utilizando-se 10% e 20%, em massa, de *masterbatch*'s, de borracha de pneus inservíveis com borra oleosa de petróleo na proporção 15/85 (CM1) e 85/15 (CM2), e dosado seguindo a Norma DNER – ME 043/95. Resultados mostraram que é possível dosar misturas asfálticas com o CAP 50/70 modificado com borra de petróleo seguindo a metodologia da referida Norma quando o comportamento reológico do ligante não distancia muito do comportamento de um fluido Newtoniano obtendo bom comportamento de resistência à tração.

PALAVRAS-CHAVE: ligante modificado, comportamento mecânico, mistura asfáltica.

MECHANICAL BEHAVIOR OF ASPHALT MIXTURES OF MODIFIED BINDER WITH OILY SLUDGE OIL

ABSTRACT: Modifiers asphalt binders have been evaluated in the search for better tailor the mechanical conditions present of asphalt mixtures performance use. However, the modified binders exhibit non-Newtonian rheological behavior, unlike the pure binder, which exhibit Newtonian behavior, which may lead to restrictions on the use of some conventional machining methods of asphalt mixtures. In this study, modification of the asphalt binder CAP 50/70 was carried out using 10% and 20%, by weight of masterbatch's rubber scrap tires with oily sludge oil in the proportion 15/85 (CM1) and 85 / 15 (CM2), and assayed following the standard DNER - ME 043/95. The results showed that it is possible to dispense asphalt mixtures with the CAP 50/70 modified with oil sludge following the methodology of that standard when the rheological behavior of the linker distance not much of a Newtonian fluid behavior and to obtain good performance of tensile strength.

KEYWORDS: modified binder, mechanical behavior, asphalt mixture.

INTRODUÇÃO: O percentual de ligante asfáltico, assim como a porosidade dos agregados minerais são fatores determinantes na adesividade e na impermeabilidade do revestimento asfáltico em pavimento. Excesso de ligante promove suscetibilidade ao aparecimento de deformações permanentes pela maior mobilidade da mistura, e uma quantidade insuficiente do mesmo promove a sua desagregação. Dessa forma, o teor de projeto de ligante asfáltico para pavimento rodoviário deve ser a quantidade de ligante adequada para que a mistura do agregado mineral com o ligante asfáltico não se deforme por falta ou excesso de ligante. Contudo, os ligantes asfálticos modificados, contrariamente aos puros, apresentam comportamento reológico não-Newtoniano e em decorrência dessa alteração a dosagem de mistura asfáltica convencional com ligante asfáltico modificado necessita ser avaliada. O método Marshall é um dos mais utilizados, em todo o mundo, no processo de dosagem de ligante em misturas asfálticas para pavimento rodoviário. Neste estudo, amostras de ligante asfáltico CAP 50/70

modificado com 10% e 20% em massa de *masterbatch's* de borracha de pneus inservíveis com borra de petróleo, nas proporções 15/85 (CM1) e 85/15 (CM2) respectivamente, foram avaliadas quanto à dosagem em mistura asfáltica pelo método Marshall, de acordo com a Norma DNER – ME 043/95 – Método de Ensaio - Misturas betuminosas a quente.

MATERIAL E MÉTODOS: Os materiais utilizados neste trabalho foram o cimento asfáltico de petróleo CAP 50/70, cedido pela EMURB – Aracaju/SE; a borra de petróleo de fundo de tanque de armazenamento como agente modificador de CAP, cedido pela Petrobras/UN-SEAL e a borracha de pneus inservíveis oriunda de unidade de recauchutagem de pneus da cidade de Itabaiana/SE, na forma de partículas de dimensões inferiores a 0,595 mm, na forma de *masterbatch's* nas proporções borracha/borra 15/85% em massa (CM1) e 85/15% em massa (CM2). Os agregados minerais empregados na obtenção das misturas asfálticas (brita, pó de pedra e areia) foram caracterizados quanto à granulometria e massa específica segundo a norma DNIT 031/2004 – ES. Como *filler* foi utilizado o cimento Portland CP-II-Z-32-RS, da marca POTY, do grupo Votorantim. Na a determinação da dosagem de ligante nas misturas asfálticas em estudo foi empregado o procedimento descrito por Bernucci *et al.* (2006).

A Tabela 8 mostra a composição da mistura asfáltica usada para a determinação do teor de projeto usada para o CAP 50/70 e o CM1-10 e devidas proporções de agregados.

Tabela 1 – Ajuste do percentual em massa dos agregados em função do teor de ligante em dosagem Marshall para o CAP 50/70 e modificado CM1-10

MISTURA	BRITA (%)	PÓ DE PEDRA (%)	AREIA (%)	FILLER (%)	CAP 50/70 (%)
1	40	30	25	5	4,0
2	40	30	25	5	4,5
3	40	30	25	5	5,0 *
4	40	30	25	5	5,5
5	40	30	25	5	6,0

* (valor de partida)

O ligante asfáltico é um material que apresenta comportamento Newtoniano quando na temperatura de processamento de misturas asfálticas (170°C) e a depender da temperatura de uso e do tempo de carregamento do pavimento apresenta comportamento não Newtoniano. Contudo, quando modificado, em geral, em ambas as condições, apresenta comportamento de fluido não-Newtoniano, o que torna a avaliação do comportamento reológico de ligante asfáltico modificado, nas temperaturas de usinagem e compactação de misturas, assim como na temperatura de uso, de grande importância para aferir qualidade ao revestimento do pavimento (Faxina *et al.*, 2006; Thives, 2011; Wu, S, 2009). Para medir o comportamento viscoso e viscoelástico dos materiais, recorre-se a viscosímetros e reômetros por não existir um só instrumento capaz de avaliar propriedades reológicas em toda a faixa de temperatura de interesse. Para a análise do comportamento reológico, na temperatura de processamento e compactação de misturas asfálticas em estudo, foi usado o viscosímetro *Brookfield DV-III Ultra*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O gráfico da Figura 1 mostra a distribuição granulométrica dos agregados minerais usados nas misturas, e a Figuras 2, a percentagens de volume de vazios (Vv) e dos valores da relação betume vazios (RBV), em função do percentual de ligante obtidos para a mistura asfáltica ensaiada, de acordo com o procedimento de dosagem da Norma DNER - ME 043/95. A aplicação do método de dosagem resultou na obtenção de valor igual a 5,5% para o teor de projeto de ligante, calculado pela média aritmética entre os pontos X2 e X3, valor característico para as misturas asfálticas dosadas com esses materiais.

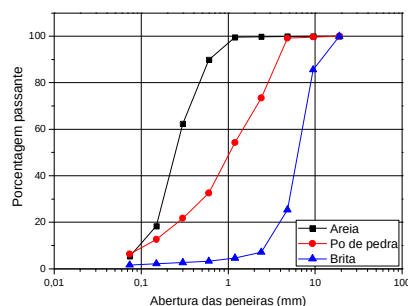


Figura 1 – Distribuição granulométrica dos agregados minerais.

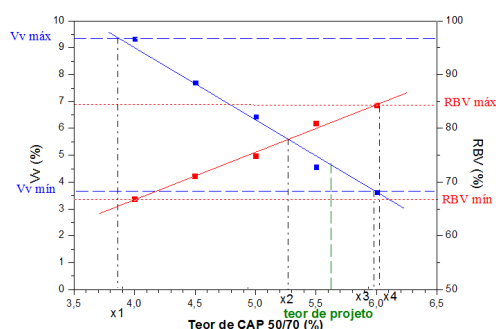


Figura 2 – Curva de determinação do teor de projeto de ligante para o CAP 50/70 puro.

As Figuras 3(ab) mostram o comportamento da tensão de cisalhamento e da viscosidade aparente, com a taxa de cisalhamento, do CAP 50/70 e dos ligantes modificados CM1-10, CM1-20, CM2-10 e CM2-20, respectivamente, na temperatura de 170°C. Observa-se na Figura 2 (a) que somente o CAP 50/70 apresenta um caráter Newtoniano, isto é, a curva tensão deformação passa na origem do gráfico, o que concorda com os resultados de análise reológica apresentados na literatura para o CAP 50/70 (Bernucci *et al.*, 2006 e Polacco *et al.*, 2006), enquanto que o comportamento da mesma curva para o CAP 50/70 modificado mostra que este apresenta comportamento não-Newtoniano e que esse comportamento é mais acentuado no ligante modificado com os *masterbatch's* CM2 o que pode ser atribuído à existência de maior concentração de borracha.

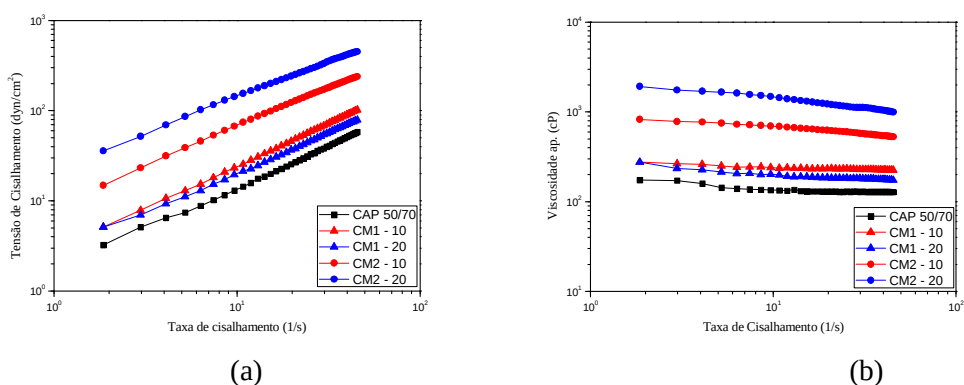


Figura 3: Comportamento reológico em regime permanente do CAP 50/70 e ligantes modificados - CM1-10; CM1-20; CM2-10 e CM2-20, na temperatura de 170°C: (a) tensão cisalhamento versus taxa de cisalhamento e (b) viscosidade aparente versus taxa de cisalhamento.

Na Figura 3(b) observa-se que o CAP 50/70 tem um comportamento de fluido Newtoniano, enquanto que o CAP 50/70 modificado apresenta comportamento de fluido pseudoplástico sendo este mais acentuado no CAP 50/70 modificado com o *Masterbatch* CM2. O que concorda com a literatura que afirma que na temperatura de processamento de mistura o ligante asfáltico modificado muda o seu comportamento reológico de fluido Newtoniano para Fluido não-Newtoniano.

A Figura 4 mostra o comportamento da propriedade mecânica RTCD obtida a partir do valor médio de 03 (três) corpos de provas para cada mistura de ligante asfáltico em estudo, com os seus respectivos valores de desvios médios, realizado seguindo a norma DNER – ME 138/94 (1994). Observa-se que o CAP 50/70 modificado CM1 aumenta RTCD com pequena variação de desvio médio, o que deve ser atribuída à menor viscosidade e o comportamento reológico com menor desvio do comportamento de um fluido Newtoniano, conseqüente de um menor teor de borracha na composição do *materbatch* em comparação ao CAP modificado CM2 que possui uma maior quantidade e um comportamento de fluido não-Newtoniano, do tipo pseudoplástico mais acentuado.

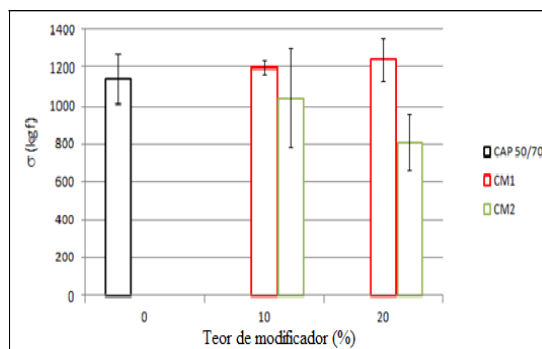


Figura 4 – Comportamento da RTCD das misturas em função dos teores de agentes modificadores

CONCLUSÕES: É possível dosar uma mistura asfáltica com o CAP 50/70 usando borra de petróleo como modificador do ligante seguindo o procedimento de dosagem descrito na Norma DNER - ME 043/95, e obter boas propriedades mecânicas tendo como agente modificador *masterbatch* com menor teor de borracha, o que pode ser atribuído ao seu menor desvio do comportamento reológico de um fluido Newtoniano.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao PEQ/UFS, à EMURB/Aracaju - SE pelo fornecimento dos materiais utilizados no estudo, ao Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (GEOPAV)/DEC-UFS pelo apoio na preparação e medidas das propriedades mecânicas das misturas asfálticas

REFERÊNCIAS

Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, e Fonseca, J.B. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.

DNER – ME 043/95 – Método de Ensaio - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. IPR, Rio de Janeiro, 1995

DNER – ME 138/94 - Misturas Betuminosas - Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, IPR, Rio de Janeiro, 1994.

Faxina, A. L.; Sória, M. H. A.; Leite, L. F. M. e Tinoco, A. Determinação das temperaturas de usinagem e de compactação de ligantes modificados com borracha moída e resíduo de óleo e xisto. In: 37ª Reunião Anual de Pavimentação. 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Brasil, 2006.

Thives, L. P.; Trichês, G.; Pereira, P. A. A.; Pais, J. C. *Influência do tipo de asfalto base no Desempenho mecânico de misturas com asfalto Borracha*. In: Anais do XVI CILA – Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto, 2011.

Wu, S.; Pang, L.; Tongmo, L.; Chunchen, Y.; Junzhu. Influence of aging on the evolution of structure, morphology and rheology of base and SBS modified bitumen. Construction and Building Materials 23 (2009) 1005–1010.