



AVALIAÇÃO DO MÓDULO COMPLEXO E ÂNGULO DE FASE DO LIGANTE ASFÁLTICO CAP 50/70 MODIFICADO POR ÓLEO DE LINHAÇA POR MEIO DAS CURVAS-MESTRE

Djalma Queiroga de Assis Neto ¹
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça ²

INTRODUÇÃO

Na construção civil a área de pavimentação é uma das que mais cresce no mundo, cada vez mais as pessoas necessitam deslocar-se grandes distâncias da forma mais eficiente possível e o transporte rodoviário é ainda a maneira mais usada. No Brasil, em torno de 60% da malha de transporte é rodoviária, porém somente 13% das rodovias brasileiras são pavimentadas. Além disso, 95% das estradas nacionais são pavimentadas com o cimento asfáltico de petróleo, comumente conhecido por CAP. Est tem como principais propriedades atrativas: Sua flexibilidade bastante controlável, custo inferior à outras opções, sua impermeabilidade e sua elevada durabilidade as ações de desgaste ambientais (HIJJAR, 2011; CNT, 2018).

Neste contexto, misturas asfálticas mornas de CAP são feitas em temperaturas mais baixas que as convencionais. Isso reduz o gasto com combustível e diminui as emissões de gases (LUCENA et al, 2015). Quando se diminui a temperatura para fabricação de uma mistura, menos energia é gasta na mesma, isso também ocasiona uma redução de custos. Foi constatado que diminuir a temperatura de usinagem leva a uma redução de até 30% no consumo de energia combustível, esta diminuição de temperatura na produção pode ser feita por meio de aditivos orgânicos/químico, emulsões e ligantes sintéticos (OTTO, 2009; LEE et al, 2012).

Um exemplo de aditivo orgânico é o óleo de linhaça, sendo natural e constituído basicamente de triacilglicerol contendo alta porcentagem de ácidos graxos poli-insaturados (FONSECA et al, 2009). O mesmo apresenta características promissoras, por ser oriundo de fontes renováveis e biodegradáveis, apresenta propriedades tensoativas, é um composto

¹ Mestrando do Curso de Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, djalmaqueiroganeto@gmail.com;

² Doutora pelo Curso de Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ana.duartemendonca@gmail.com.



antioxidante, de fácil mistura e economicamente viável para uso na construção civil (COSTA et al, 2015).

Uma das formas mais comuns de se representar os parâmetros reológicos testados é através das curvas mestre. Esta demonstra uma propriedade reológica desejada do ligante asfáltico versus frequência ou tempo de aplicação de um carregamento, mostrando assim o como o ligante se comporta em termo dessa propriedade para uma temperatura singular em uma gama elevada de frequências ou tempos de carregamento (SILVA, 2016).

De grande importância na determinação da estrutura de um ligante asfáltico, o módulo complexo (G^*) é uma característica que aponta os diferentes comportamentos do material, tanto a parte elástica deste quanto a parte viscosa. Fornece também uma medida de resistencia do ligante à força cisalhante. A perda ou ganho na resistência ao cisalhamento pela mudança de temperatura estão relacionados ao ângulo de fase (δ), que por sua vez é a diferença entre a tensão cisalhante aplicada e a deformação relacionada a esta (FROTA; SILVA, 2016; AIREY, 2003).

Portanto, este trabalho tem como desígnio avaliar o efeito da adição do óleo de linhaça ao ligante asfáltico por meio do método das curvas-mestre, analisando assim os parâmetros módulo complexo e ângulo de fase.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Ligante asfáltico CAP 50/70 proveniente da refinaria de Paulínia-SP – REPLAN;
- Óleo de linhaça disponível comercialmente na cidade de Campina Grande.

A metodologia utilizada para realização desta pesquisa consiste em ensaios e procedimentos feitos em 2 etapas:

A primeira etapa consistiu na modificação do cimento asfáltico de petróleo puro por meio da adição de óleo de linhaça no teor de 3% por peso. Por consequência, na segunda etapa foram feitos os ensaios reológicos no Reômetro de Cisalhamento Dinâmico para o CAP modificado e o CAP puro, com a obtenção de suas Curvas Mestre. O procedimento de mistura do ligante asfáltico ao óleo de Linhaça foi realizada em um misturador mecânico FISATOM, modelo 72. Os ensaios foram produzidos no Laboratório de Pavimentos, na Universidade Federal de Campina Grande.



Para se obter as Curvas Mestre, foi usado uma superposição de tempo e frequências. Uma faixa inicial de temperatura foi colocada de modo controlado, entre 46 °C e 52°C. Essa temperatura é acrescida a cada medição de frequências e cada faixa de medições dura em média 7 minutos. A amostra aquecida foi colocada no suporte do equipamento, que após um breve período de resfriamento foi acoplado à placa paralela superior para que a mesma fique aderida a esta parte. Um comando no equipamento faz com que o material na placa superior desça até formar uma película de 1 mm de ligante asfáltico, o excesso de ligante deve ser removido antes do início do teste.

O equipamento inicia o teste na menor temperatura indicada para o procedimento, subindo essa temperatura periodicamente. A partir daí o software do aparelho interligado ao computador processa os dados e gera as Curvas Mestre.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as curvas mestre do módulo complexo, verificou-se que os valores de G^* do CAP modificado com óleo de linhaça foram menores que os observados no CAP puro, evidenciando assim uma diminuição na rigidez do ligante. A redução dos valores de frequência corresponde a um aumento da temperatura, sendo assim, na faixa com as maiores temperaturas, o CAP puro apresenta valores de G^* próximos dos valores do ligante modificado, evidenciando maior rigidez. Com o aumento da taxa de frequência e correspondente redução da temperatura, a diferença de rigidez entre ambos se acentuou e observou-se um crescimento linear nos valores para ambos os ligantes.

Este comportamento indica que, com a redução da temperatura, o ligante modificado com óleo apresenta uma perda de rigidez mais expressiva em relação ao CAP 50/70, portanto, a adição de óleo de linhaça ao CAP puro apresenta maior benefício, em termos de rigidez, a temperaturas mais elevadas.

A partir da análise das curvas de ângulo de fase notou-se que na faixa de menor frequência e conseqüente maior temperatura, houve uma elevada oscilação dos valores, porém todos os valores de angulo foram menores que do CAP puro, evidenciando uma melhoria no comportamento viscoso e na trabalhabilidade do ligante. Já na faixa de maiores frequências não houve diferenças significativas com o CAP puro, evidenciando que a melhoria se dá predominantemente nas faixas de menores frequências.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A curva mestre do módulo complexo demonstrou que a adição de óleo de linhaça trouxe ao CAP uma diminuição nos valores de G^* , demonstrando assim que o óleo de linhaça tornou material mais fluido e menos viscoso, essa característica traz melhorias em alguns aspectos, como na sua elasticidade. Porém, em relação ao cisalhamento, sua resistência diminuiu em relação ao ligante puro, tendo um menor desempenho ante as deformações.

Em relação ao ângulo de fase, a curva mestre mostrou que à baixas frequências houve uma diminuição no parâmetro. Sabendo que, quão menor for o ângulo de fase, melhor a resposta elástica. Desta forma, em frequências menores, a modificação com óleo de linhaça apresentou ao ligante melhoria em sua elasticidade.

Assim, o óleo de linhaça se provou uma alternativa viável e sustentável para modificação das características de elasticidade e consequente melhoria na trabalhabilidade de ligantes asfálticos.

Palavras-chave: Reologia, Misturas asfálticas, Aditivos, Propriedades.

REFERÊNCIAS

AIREY, G. D. Rheological properties of styrene butadiene styrene polymer modified road bitumens. Fuel, v. 82, n. 14, p. 1709-1719. Outubro, 2003.

CNT, Confederação Nacional dos Transportes. **Modal Rodoviário**. Acesso: <http://www.cnt.org.br/Modal/modal-rodoviario-cnt>. Acesso em 03 de Junho de 2018.

COSTA, D. B.; CAVALCANTE, F. B.; RODRIGUES, J. K. G.; MENDONÇA, A. M. G. D.; LIRA, Y. C. **Influência da adição de óleo de linhaça nas propriedades reológicas do cimento asfáltico de petróleo**. 44^a RAPv, 18^o ENACOR, 2015.

FONSECA, M. M. e YOSHIDA, M. I. **Análise térmica do óleo de linhaça natural e oxidado**. Vértices, Campos dos Goytacaz/RJ, v. 11, n. 1/3, p. 61-75, jan./dez. 2009.

HIJJAR, M. F. **Cenário da infraestrutura rodoviária no Brasil**. Acesso: <http://www.ilos.com.br/web/cenario-da-infraestrutura-rodoviaria-no-brasil/>. Instituto ILOS. Setembro. 2011. Acesso em 03 de Junho de 2018.

LEE, S., KIM, H., AMIRKHANIAN, S. **“Influence of Warm Mix Additives on PMA Mixture Properties”**, Journal Materials Civil Engineering, pp. 991–997, 2012.



LUCENA, L.; SILVEIRA, I.; COSTA, D. **Avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo da Moringa Oleífera Lam para uso em misturas mornas.** Revista Matéria, v. 21, n. 1, p. 72-82, jul. 2015. ISSN 1517-7076.

OTTO, G. G. **Misturas asfálticas mornas: verificação da fadiga e do módulo complexo.** Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Florianópolis, 2009.

SILVA, A. C. L.; FROTA, C. A. Análise teórico-experimental do módulo dinâmico de compósitos asfálticos com argila calcinada. Revista Cerâmica, v. 62, p. 392-399. 2016.

SILVA, G. G. et al. **Estudos reológicos de aditivos utilizados na fabricação de misturas mornas.** Dissertação de M. Sc. UFCG/DEC. 2016.