



AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO LIGANTE ASFÁLTICO CAP 50/70 MODIFICADO POR ÓLEO DE LINHAÇA POR MEIO DAS CURVAS-MESTRE

Djalma Queiroga de Assis Neto¹
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça²

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cimento asfáltico de petróleo (CAP) é o mais utilizado, sendo responsável pela pavimentação de cerca de 95% das estradas, como também em grande parte do território urbano. Sua popularidade se deve principalmente ao seu custo inferior quando comparado a outras opções, por ser impermeável, apresentar flexibilidade bastante controlável e, por ter grande durabilidade e ter uma boa resistência aos agentes do ambiente (CNT, 2018).

Ao reconhecer a pavimentação como um setor em crescimento, é preciso buscar novos materiais sustentáveis para serem incorporados na produção do CAP. Desta forma, quando se diminui a temperatura para fabricação de uma mistura asfáltica, 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 (LEITE, 2013; OTTO, 2009).

A diminuição de temperatura na fabricação pode ser feita por meio de aditivos orgânicos/químico, emulsões e ligantes sintéticos, podendo-se obter reduções de até 37°C (LEE et al, 2012). Além disso, ao incorporar novos componentes, novas características podem ser encontradas, como melhorias na fadiga e no envelhecimento, por exemplo.

Nesse contexto, dentre os aditivos, é crescente a utilização de óleos vegetais. Um exemplo 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 antioxidante, de fácil mistura e economicamente viável para uso na construção civil (COSTA et al, 2015).

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.



Uma das características de misturas asfálticas onde se há ambição de melhorias por meio de aditivos é a viscosidade. Representada pelo símbolo de proporcionalidade (μ), é a resistência que um determinado material possui ante a um escoamento ou fluxo cisalhante, sendo positivamente proporcionais suas tensões e frequências de cisalhamento em fluidos newtonianos. Quando um fluido não obedece a essa proporção, é chamado não-newtoniano. Na reologia, é bastante comum empregar testes envolvendo cisalhamento de misturas asfálticas (BRINGEL, 2007).

Assim, o cisalhamento dinâmico acontece quando as tensões variam ao longo do teste e sua utilização é importante para determinar o comportamento reológico de determinada substância. Quando a viscosidade de um material é obtida através de um ensaio com cisalhamento dinâmico, onde acontece uma deformação angular e variação de frequências de cisalhamento, esta viscosidade é denominada complexa (η^*) (OURIQUE et al, 2015).

Uma das formas mais comuns de se representar os parâmetros reológicos testados é através das curvas mestre. Esta demonstra em um gráfico uma propriedade reológica 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).

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 o parâmetro de viscosidade.

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

Com base no ensaio de curva mestre, por meio do reômetro de cisalhamento direto, obteve-se a curva mestre da viscosidade complexa para o CAP puro e modificado com óleo de linhaça, para diferentes frequências.

Foi observado que para frequências menores que 10^{-3} Hz, as curvas de viscosidade se aproximam. Pode-se inferir que neste intervalo o modificador não alterou de forma significativa a viscosidade do ligante. Também se nota que neste intervalo a curva para o CAP modificado se torna oscilante. Tais oscilações podem ser causadas por interferências durante o ensaio, pois nessa faixa de frequência o experimento tem uma sensibilidade alta.

Considerando o trecho com frequências superiores a 10^{-3} Hz, verificou-se que houve redução da viscosidade complexa no CAP modificado em relação ao CAP puro. Há um decréscimo uniforme da viscosidade conforme o aumento das frequências. Essa queda na viscosidade era esperada, pois sendo o modificante um óleo, o mesmo agrega uma fluidez característica deste tipo de aditivo.

A redução da viscosidade complexa traz benefícios econômicos e ambientais, pelo fato desta reduzir a temperatura de usinagem e compactação do ligante asfáltico, agregando uma economia energética na sua produção e aplicação, mitigando assim as emissões de gases



poluentes na atmosfera. Outro ponto importante é que uma menor temperatura de compactação traz uma maior segurança aos operadores do asfalto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando os resultados da curva de viscosidade complexa, evidencia-se que o óleo de linhaça tornou o ligante mais fluido, ou seja, menos viscoso, o que diminuiu as temperaturas de usinagem e compactação da mistura, gerando uma economia energética durante a execução da obra, em outras palavras, tornando a pavimentação mais barata.

Assim, o óleo de linhaça se provou uma alternativa viável e sustentável para modificação da viscosidade de ligantes asfálticos, reduzindo assim o gasto energético vinculado a serviços de usinagem dos mesmos.

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

REFERÊNCIAS

BRINGEL, R. M. **Estudo Químico e Reológico de Ligantes Asfálticos Modificados por Polímeros e Aditivos**. Tese de D. Sc. Universidade Federal do Ceará. 2007.

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**. 44ª RAPv, 18º 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.

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

LEITE, L. F. **Sustentabilidade de Pavimentos Asfálticos**. SINICESP. São Paulo, 2013.

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

OURIQUE, P. A.; CRUZ, R. C. D.; ZORZI, J. E. **Influência da cera de carnaúba no comportamento reológico de misturas usadas na moldagem por injeção em baixa pressão**. Ceramica, v. 61, n. 357, p. 71–76, 2015. Associação Brasileira de Cerâmica.



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