

ESTUDO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS MORNAS MODIFICADAS COM ÓLEO DE MILHO

Wesley Rodrigues de Menezes¹; Paulo Roberto Barreto Torres²; Eduardo Antonio Guimarães Tenório³; Jefferson Honório Gomes da Silva⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande; wesleyrrm@gmail.com

² Universidade Federal de Campina Grande; paulobarretot@gmail.com

³ Universidade Federal de Campina Grande; eduardo_agt123@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Campina Grande; jefferson389@hotmail.com

Resumo: A procura por processos produtivos de pavimentação asfáltica eficiente é uma preocupação crescente no mundo. O uso de misturas asfálticas mornas pode diminuir o consumo de energia e da poluição ambiental, já que estas são misturas que reduzem a temperaturas de compactação e usinagem. A presente pesquisa é centrada na adição de óleo de milho novo em 2% do ligante, para produção de misturas mornas, onde foram produzidos corpos de provas em três temperaturas diferentes, a primeira foi à temperatura determinada pelo ensaio de viscosidade e as outras foram 10°C e 20°C abaixo da primeira, respectivamente. Nestas onde foram utilizados o método de Dosagem Superpave e os estudos das propriedades físicas, mecânicas e de estado dos materiais e das misturas asfálticas, com a intenção de verificar a viabilidade técnica do uso do óleo de milho como aditivo verde em misturas mornas. O ensaio mecânico realizado foi o de Resistência à Tração. Os resultados encontrados indicam que o óleo de milho pode ser utilizado como um aditivo nas misturas mornas, com uma temperatura de compactação de 120°C, promovendo assim uma redução dos custos energéticos e um menor impacto sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Óleo de Milho, propriedades, temperatura.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está diretamente relacionada com os índices de desenvolvimento de um país. Com isso, vem aumentando-se a procura por produtos que sejam eficazes e provoquem menores impactos ao meio ambiente, estimulando pesquisar com uso de materiais oriundos de fontes renováveis, cuja exploração criem benefícios à população que os explorem.

A área de infraestrutura de transportes pode garantir um desenvolvimento equilibrado especialmente ao setor rodoviário, responsável por mais de 60% da movimentação total de produtos no Brasil e em torno de noventa por cento (90%) dos cem milhões de toneladas anuais de produção de ligantes asfálticos são aplicados nessa indústria (MOTHÉ, 2009). Atualmente, aumentou-se o uso de ligantes asfálticos com agentes modificadores, como os polímeros, aditivos e resíduos industriais que podem proporcionar uma redução dos custos de manutenção do pavimento, na economia de energia e também na diminuição da poluição ambiental (MOTHÉ, 2009).

Existem diversos tipos de misturas asfálticas sendo que no Brasil, as misturas asfálticas à quente ainda são as mais utilizadas, no

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

entanto, com a intenção de reverter algumas situações desvantajosas como a utilização de temperaturas de usinagem e compactação elevadas que aumentam o custo do pavimento e também o risco à segurança dos operadores já está sendo utilizadas novas tecnologias.

De acordo com esse contexto, surgiram as misturas asfálticas mornas (em inglês, Warm Mix(es) Asphalt – WMA), que não condizem a apenas um produto, mas a várias tecnologias que tem por finalidade diminuir as temperaturas de usinagem e compactação da massa asfáltica em torno de 20 e 50° C em relação às misturas à quente convencional, mantendo o desempenho destas. Utilizadas desde a década de 90 as WMA tem como grande ponto positivo a redução das emissões de poluentes e do consumo energético, contribuindo com o meio ambiente (SOUZA, 2012).

As vantagens diretas e instantâneas das misturas asfálticas mornas são a diminuição da energia na fabricação da mistura, necessária para alcançar altas temperaturas que deixem atingir a viscosidade ideal do ligante para misturar de maneira adequada os agregados, facilidade na compactação e uma melhor trabalhabilidade. Quando ocorre a redução da temperatura em todas ou pelo menos umas destas fases, não perdendo as características técnicas, há uma diminuição de fumos e emissões, nas usinas e também nas obras. Além disso há um menor envelhecimento do ligante, ajudando a preservar as características de flexibilidade por uma maior parcela de tempo (BUDNY, 2012).

A redução das temperaturas de produção e aplicação das misturas asfálticas pode ser alcançada mediante a adição de óleos, que podem proporcionar benefícios de sustentabilidade evidentes a curto, médio e longo prazo, possíveis de agrupar em vantagens sociais, econômicas e ambientais (NYNAS, 2009).

O óleo de milho é oriundo de fonte renovável e biodegradável, pois tem como origem um grão que é um dos alimentos mais populares do mundo e é utilizado como “aditivo verde”. O óleo é um líquido de cor amarelo-ouro, rico em gordura poli-insaturada, ômega 6 e monoinsaturada. Além disso, possui características antioxidantes e que tendem a reduzir a viscosidade dos ligantes asfálticos, tornando-o atrativo para ser utilizado como aditivo na melhora das propriedades das misturas asfálticas (LUZ, 2017).

Tendo como base outras pesquisas onde o óleo de milho foi estudado em diferentes teores o objetivo desse trabalho é estudar propriedades mecânicas de misturas mornas produzidas com os ligantes modificados com óleo de milho, novo e residual utilizando temperaturas iguais e abaixo das determinadas no ensaio de viscosidade rotacional para o ligante modificado.

METODOLOGIA

- Óleo de Milho

O óleo de milho utilizado na pesquisa foi adquirido no comércio da cidade de Campina Grande-PB. Foi utilizada uma porcentagem de 2% para o óleo de milho, estes teores foram adotados baseados na pesquisa de Portugal (2016).

- Ligante asfáltico

Neste estudo foi utilizado o ligante asfáltico com índice de penetração 50/70, obtido pelo processo de destilação do petróleo, cujas especificações estão de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), a qual define os parâmetros de aceitação e classificação.

As propriedades físicas dos ligante puro e modificado com o óleo foram obtidas a partir da realização dos ensaios de penetração (DNIT-ME 155/2010), ponto de amolecimento (DNIT-ME 131/2010) e viscosidade rotacional (ASTM D 4402) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades físicas dos ligante puro e modificado

Ensaio	Ligante	
	Puro	Óleo de Milho
Ponto de Amolecimento (°C)	46	47
Penetração (0,1 mm)	57	80
Viscosidade Rotacional	135 °C	550
	150°C	280
	177°C	110
		74,23

De acordo com os valores encontrados para as propriedades físicas do ligante, a penetração teve um aumento e, conseqüentemente, redução da rigidez. Quando comparado com o ligante puro percebe-se um pequeno aumento no valor do ponto de amolecimento ficando os valores dentro do preconizado pela norma que estabelece 46°C como valor mínimo. O ensaio de Viscosidade Rotacional as misturas apresentaram valores dentro das especificações normativas, e dentro dos limites estipulados pela metodologia SUPERPAVE.

A adição do teor de óleo no ligante asfáltico interferiu diretamente na diminuição da temperatura de usinagem e compactação, que nessas condições são 150°C e 140°C, respectivamente. Estas são de extrema importância para o desenvolvimento do estudo, pois a partir da temperatura de compactação foi feita a redução de 10 e 20°C, respectivamente, e realizado todos os ensaios mecânicos para essas três temperaturas, que foram 140°C, 130°C e 120°C, para todas as misturas com os óleos.

- Agregados

Nessa pesquisa foram empregados os agregados: brita 19mm, brita 12,5mm e pó de pedra, todos de origem granítica, além de areia e cal hidratada (fíller). As propriedades físicas destes foram encontradas por meio da realização dos ensaios de massa específica do agregado graúdo e miúdo (DNIT-ME 081/98 e DNIT-ME 084/95, respectivamente); abrasão Los Angeles (DNIT 035/98 - ME); equivalente areia (DNIT 054/97 - ME). Os resultados destes ensaios estão apresentados na Tabela 2, e granulometria dos agregados graúdos e miúdos (DNIT-ME 083/98) na Figura 1.

Tabela 2: Propriedades físicas dos agregados

Agregado	Massa Específica Real (g/cm ³)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	Abrasão Los Angeles (%)	Equivalente Areia (%)
Brita 19 mm	2,81	2,71	16,80%	-
Brita 12,5 mm	2,79	2,69	21,50%	-
Areia	2,54	2,48	-	82,00%
Pó de Pedra	2,59	2,55	-	64,00%

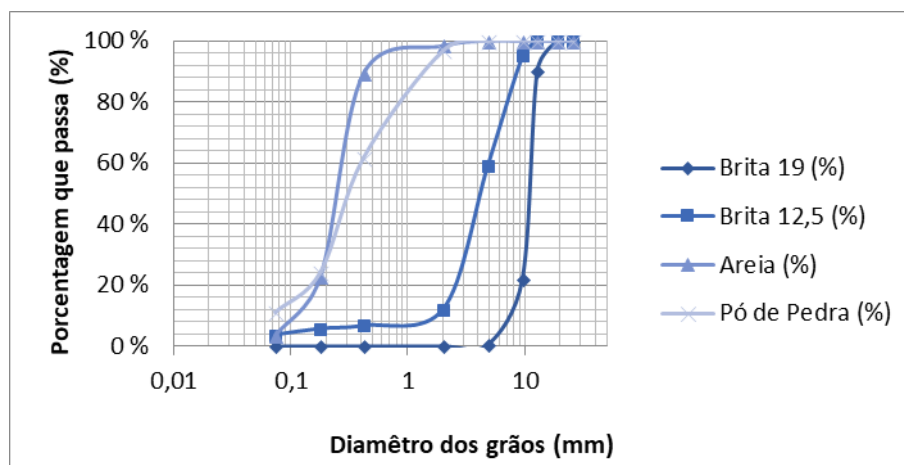


Figura 1: Distribuição granulométrica dos grãos

As misturas do ligante com o óleo foram realizadas em um agitador mecânico de baixo cisalhamento, de acordo com procedimentos previamente estabelecidos em Souza (2012). Após a estabilização da temperatura de 135°C, o teor foi adicionado, na rotação pré-estabelecida em 406 rpm durante 20 minutos para a homogeneização da mistura.

Os agregados foram enquadrados na faixa granulométrica “C” estabelecida pelo DNIT, de acordo com as suas composições, obedecendo aos critérios de pontos de controle e zona de restrição da metodologia Superpave. Os corpos de provas foram separados em três grupos de acordo com as temperaturas de

compactação: 140 °C (temperatura encontrada por meio do ensaio de viscosidade rotacional), 130°C e 120°C. Todos os corpos de prova foram moldados utilizando a mesma composição granulométrica e teor de asfalto, mudando-se somente o tipo de ligante usado.

Com esses corpos de prova foi realizado o ensaio mecânico de Resistência à Tração por Compressão Diametral com a intenção de verificar a interferência da adição do óleo ao ligante juntamente com a redução na temperatura de compactação.

Resistência à Tração por Compressão Diametral

Esse ensaio tem por principal objetivo determinar a tensão máxima que a mistura asfáltica pode suportar até o momento da sua ruptura, em uma temperatura de 25°C, seguindo os métodos da norma do DNIT – ME 136/2010, onde forças opostas são aplicadas, diametralmente, no corpo de prova, provocando a geração de tensões de tração uniformes ao seu diâmetro. O equipamento utilizado para a realização do ensaio é a prensa mecânica (Figura 2) com sensibilidade de 19,60 N com o êmbolo movimentando-se a uma velocidade de $0,8 \pm 0,1$ mm/s.



Figura 2: Prensa mecânica (ensaio RT)

A resistência à tração do corpo de prova rompido por compressão diametral é calculada através da seguinte equação:

$$\sigma_r = \frac{2F}{\pi DH}$$

Onde:

σ_r - Resistência à tração, em kgf/cm²;

F - Carga de Ruptura, em kgf;

D - Diâmetro do corpo-de-prova, em cm;

H - Altura do corpo-de-prova, em cm.

RESULTADOS

O ensaio mecânico de Resistência à Tração por Compressão Diametral (RT) foi realizado para verificar as propriedades mecânicas das misturas asfálticas, de uma maneira que se aproxime ao máximo das condições que serão encontradas em campo. O resultado deste ensaio está apresentado a seguir na Tabela 3 e Figura 3.

Tabela 3: Resistência à tração diametral

Temperatura	Ligante puro (MPa)	Óleo de Milho (MPa)
TC	0,85	0,69
TC - 10 C°	0,76	0,67
TC - 20 C°	0,71	0,65

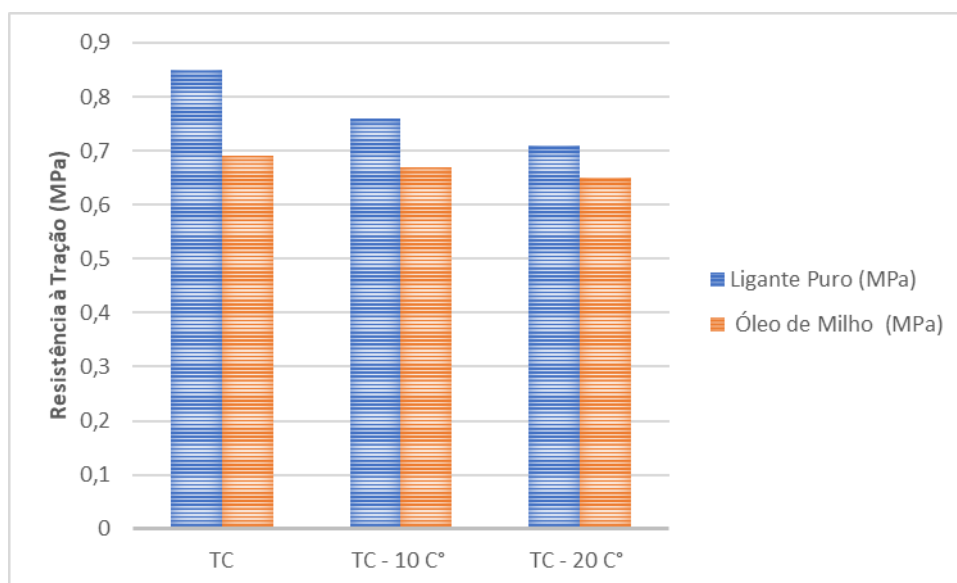


Figura 3: Resistência à tração diametral

Observa-se na Tabela 3 e na Figura 3 que a mistura com ligante modificado com o óleo de milho obteve valores menores de resistência à

tração, em todas as temperaturas, em comparação ao ligante puro, isso significa menor resistência à ruptura.

Motta (2011) menciona que o controle de temperatura de moldagem pode levar a uma diferença significativa de volume de vazios das misturas e ter impacto sobre a RT, promovendo assim uma variação de seus valores. Nestes resultados não foram observadas variações significativas entre os valores de RT para as diferentes temperaturas e nota-se que apesar da redução da RT, em relação ao ligante puro, a mistura ainda permanece dentro do mínimo exigido pela norma ME 136/2010 do DNIT que é de 0,65 MPa.

Esse ensaio de tração indireta indica um estado biaxial de tensões (horizontais de tração e verticais de compressão) que tem uma semelhança bastante boa das condições encontradas na base das camadas de rolamento por uma carga de roda, e está associado à viscosidade do ligante. (GAMA, 2016). Portanto, o que se pode observar é que nestes termos, a amostra utilizando o óleo de milho apresentou menor resistência, porém os valores encontram-se dentro do limite permitido pela norma. Essa propriedade é fundamental para que o pavimento mantenha seu desempenho diante da intensidade de aplicação e cargas de tráfego.

CONCLUSÕES

A mistura asfáltica morna produzida com o óleo de milho pode apresentar benefícios econômicos e ao meio ambiente sem prejudicar o desempenho mecânico das misturas asfálticas produzidas com este aditivo.

De acordo com a análise dos valores da caracterização física dos materiais utilizados pode-se inferir que o óleo de milho participa de maneira afirmativa no comportamento do ligante asfáltico, provocando um aumento na penetração e uma redução no ponto de amolecimento e na viscosidade que tem leva a uma diminuição da tensão entre agregado e ligante aumentando, assim, a coesão entre estes.

Por diminuir a viscosidade do ligante e, conseqüentemente, reduzir as temperaturas de usinagem e compactação a adição do óleo de milho foi positiva pois com uma menor temperatura há uma melhoria na trabalhabilidade das misturas asfálticas garantindo assim, um teor específico de adição do óleo sobre as propriedades mecânicas das misturas asfálticas.

A análise dos valores encontrados no ensaio mecânico de Resistência à Tração por Compressão Diametral para os corpos prova, compactados em temperaturas inferiores a dada pela viscosidade rotacional, obedeceram ao limite

preconizado por norma, entretanto as amostras da temperatura 20°C abaixo da determinada por norma apresentou valor próximo ao limite mínimo necessário. Entretanto, como haverá uma redução de 20°C da temperatura usual da compactação o ganho energético é mais considerável.

De acordo com os resultados encontrados, foi verificado a eficiência da adição do óleo de milho e da redução da temperatura de compactação. Esses dois acontecimentos estão interligados a uma redução do impacto ao meio ambiente e também, a um ganho econômico pois essa diminuição da temperatura de compactação levará há uma economia energética e uma melhora na trabalhabilidade da mistura, conseqüentemente, fazendo diminuir os custos efetivos para produzir e executar a mistura no campo.

Resumidamente, os resultados encontrados para o ensaio mecânico corroboram a influência da temperatura de compactação nos parâmetros mecânicos. Todos os resultados foram satisfatórios para a adição do óleo de milho. Com isso, pode-se tirar a conclusão final de que o óleo de milho é um aditivo verde bastante promissor para o uso da tecnologia das misturas asfálticas mornas compactadas com uma redução de até 20°C na temperatura de compactação.

REFERÊNCIAS

ANP – AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS. **Resolução ANP nº 19, de 11 jul. 2005. Estabelece as especificações dos cimentos asfálticos de petróleo (CAP)**. Brasília: Diario Oficial da Uniao, 2008.

ASTM D 4402 – **Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer**. American Society for Testing and Materials. 2013.

AZAHAR, W. N. A. W.; BUJANG, M.; JAYA, R. P.; HAININ, M. R.; MOHAMED, A.; NGADI, N.; JAYANTI, D. S. **The potencial of waste cooking oil as bio-asphalt for alternative binder – an overview**. Jurnal Teknologi. Malaysia. v. 78, n. 4, p. 111-116, 2016.

BUDNY, J. **Avaliação do comportamento mecânico de misturas asfálticas morna**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. **ME 035/98: Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles**. Rio de Janeiro, 1998.

____. **ME 081/98:** Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998.

____. **ME 083/98:** Agregados – Análise Granulométrica . Rio de Janeiro, 1998.

____. **ME 084/95:** Agregado miúdo - Determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995.

____. **ME 131/2010:** Determinação do Ponto de Amolecimento- método Anel e Bola. Rio de Janeiro, 1998.

____. **ME 136/2010:** Misturas betuminosas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 1994.

____. **ME 155/2010:** Determinação da Penetração. Rio de Janeiro, 1998.

GAMA, D. A. Efeito da adição de polímeros reativo, não-reativo e ácido polifosfórico e suas combinações nas propriedades de ligantes asfálticos. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2016.

LUZ, P. M. S. G. Avaliação das Propriedades Mecânicas de Misturas Asfálticas Mornas Modificadas com a Adição do Óleo de Milho. Campina Grande, 2017.

MOTHÉ, M. G. Estudo do comportamento de ligantes asfálticos por reologia e análise térmica. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

MOTTA, R. S. Estudo de misturas asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para a redução de emissão de poluentes e consumo energético. Tese (Doutorado em Engenharia de Transporte) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). São Paulo, 2011.

NYNAS. Asfalto templado, semi-templado y frío: el caso a favor de lasostenibilidad. NynasBitumen Magazine: Performance, 2009.

PORTUGAL, A. C. X. Avaliação Reológica de Cimentos Asfálticos de Petróleo Modificados com Óleo de Soja e de Milho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2016.

SOUZA, L. J. S.. Estudo das propriedades mecânicas de misturas asfálticas com Cimento Asfáltico de Petróleo modificado com óleo de mamona. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2012.