

ÁREA TEMÁTICA: Resíduos Industriais e Urbanos.

ANÁLISE DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DA CERA DE CARNAÚBA AO CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

Gabriela Aparecida Filippin¹ (gabifilippin@gmail.com), Natássia da Silva Sales¹ (natassia.sales@hotmail.com), Fernanda França de Lima Silva¹ (fernandafls@icloud.com), Pedro Henrique Almondes Silva¹ (pedro_almondes@hotmail.com).

¹ Centro Universitário De Saúde, Ciências Humanas E Tecnológicas Do Piauí – Uninovafapi

RESUMO

No Brasil grande parte das cargas e pessoas são transportadas pelo modal rodoviário, o que torna imprescindível para o desenvolvimento do país que as estradas apresentem boas condições de rolamento. A maior parcela das rodovias, totalizando 95% possuem revestimento asfáltico, composto por agregados e ligantes derivados do petróleo. Um dos ligantes asfálticos mais utilizados é o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) que apresenta melhor desempenho com a adição de ativos, como ceras parafínicas provenientes do petróleo ou sintéticas, podendo ser utilizada a cera de carnaúba como aditivo orgânico. Nesta pesquisa foram realizados os ensaios de penetração e viscosidade Saybolt Furol em laboratório para o ligante asfáltico modificado com resíduos da fabricação da cera de carnaúba, com proporção de 5% em relação à massa, visando a redução da temperatura de aquecimento do CAP para a aplicação em misturas asfálticas. Foi obtido um resultado satisfatório de 252 segundos para o ensaio de viscosidade Saybolt Furol, onde ocorreu aproximação da temperatura estudada para a usual. Já no ensaio de penetração o valor alcançado ficou fora da faixa de qualificação do CAP sem aditivo, o que pode ser explicado pelo fato do CAP fornecido já apresentar resultados próximo ao limite, o que não inviabiliza seu uso apenas muda sua classificação quanto a penetração. A redução da temperatura atingida através da adição da cera de carnaúba proporciona um ganho para o meio ambiente com a diminuição da emissão de gases que ocorre pela queima do combustível utilizado na usinagem que necessita de altas temperaturas para a diluição do CAP.

Palavras-chave: Cera; Carnaúba; Ligante Asfáltico.

ANALYSIS OF THE ADDITION OF CARNAÚBA WAX TO THE ASPHALT OIL CEMENT

ABSTRACT

In Brazil a large part of the cargo and people are transported by road, which makes it essential for the development of the country that the roads have good rolling conditions. The largest part of the highways, totaling 95% have asphalt, composed of aggregates and binders derived from petroleum. One of the most used asphalt binders is Asphaltic Petroleum Cement (CAP), which presents better performance with the addition of active substances such as petroleum or synthetic paraffin waxes, and carnauba wax can be used as an organic additive. In this research the penetration and viscosity tests were carried out in Saybolt Furol laboratory for the modified asphalt binder with carnauba wax residues, with a ratio of 5% to the mass, aiming at the reduction of the heating temperature of the CAP for the application in asphalt mixtures. A satisfactory result of 252 seconds was obtained for the Saybolt Furol viscosity test, where approximation of the studied temperature to the usual one occurred. In the penetration test, the value reached was outside the qualification range of the CAP without additive, which can be explained by the fact that the CAP provided already presents results close to the limit, which does not impair its use only changes its classification as the penetration. The reduction of the temperature reached by the addition of the carnauba wax provides a gain to the environment with the reduction of the gas emission that occurs by the burning of the fuel used in the machining that needs high temperatures for the dilution of the CAP.

Keywords: Wax; Carnauba; Asphalt Binder.

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário sobressai sobre as demais formas de transportes, sendo um dos mais simples e eficiente. Mesmo perdendo para o aéreo em relação aos custos, no Brasil mais da metade das cargas é transportada por rodovias. Esse modal tem como vantagem a agilidade e rapidez, entretanto para que esses benefícios sejam aproveitados de maneira eficaz, é necessário uma boa infraestrutura rodoviária. O meio rodoviário causa elevados custos ao país, devido à falta de logística e falta de manutenção das mesmas (OLIVEIRA et al., 2018).

Conforme a publicação do anuário de 2017 da Confederação Nacional de Transporte (CNT) apenas 210.618,8 km (12,2%) das estradas implantadas são pavimentadas, sendo que o seu total é de 1.720.643,7 km (BRASIL, 2017). Segundo Bernucci et al. (2010), no mundo a pavimentação flexível é predominante, inclusive no Brasil, onde rodovias pavimentadas com revestimento asfáltico chegam a 95%.

Nos pavimentos flexíveis o estudo dos agregados e dos ligantes tem grande importância pois serão empregados na capa de rolamento e nas camadas inferiores, a qualidade desses materiais interfere diretamente na resistência do conjunto das camadas, tornando indispensável seus estudos (SENÇO, 2007).

Segundo Balbo (2007), a pavimentação tem como objetivo oferecer um tráfego agradável e seguro, com alicerces e materiais preparados para aguentar esforços devido a ação do tráfego associado às condições climáticas.

Um dos ligantes asfálticos mais relevantes é o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), que origina-se da destilação do petróleo possuindo características de ser adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo (BERNUCCI et al., 2010).

O CAP é um ligante que apresenta excelente desempenho quando utilizado na pavimentação, suportando com segurança as variações climáticas e todas as solicitações oriundas do tráfego. Contudo, observa-se que em rodovias, com corredores de tráfego especial, mudanças climáticas com grandes variações de temperatura e com grande fluxo de veículos comerciais que possuem maiores cargas em seus eixos, existe a necessidade de utilização de aditivos para modificar as propriedades do asfalto (BERNUCCI et al., 2010).

Para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) de acordo com a norma DNIT 095/2006, o cimento asfáltico de petróleo tem como abreviação a sigla CAP que vem acompanhada juntamente com números que o caracterizam de acordo com a penetração, o CAP possui quatro tipos de classificação: CAP – 30/45, CAP – 50/70, CAP – 85/100, CAP – 150/200 (DNIT, 2006).

Os materiais mais aplicados nos pavimentos asfálticos brasileiros são as misturas à quente, tendo como requisito a necessidade de elevar a altas temperaturas dos seus componentes, obtendo um melhor desempenho quando adicionados aditivos que necessitam elevar ainda mais essas temperaturas. Pesquisas mostram o desenvolvimento de aditivos através de ceras parafínicas derivadas de petróleo, sintéticas e naturais, que baixam as temperaturas e mantenham as propriedades da mistura asfáltica (FEITOSA, 2015).

A utilização de ceras parafínicas provenientes do petróleo ou sintéticas, tais como as ceras de ácidos graxos e de origem natural, que dispõem do ponto de fusão acima de 60°C, são empregadas como aditivos orgânicos, vem sendo analisadas como agentes provenientes de melhorias nas propriedades do ligante asfáltico (IWÁNSKI; MAZUREK, 2012).

Na pavimentação, as misturas asfálticas são comumente produzidas a frio ou a quente, a frio é utilizada a temperatura ambiente. Nas misturas à quente o CAP é aquecido a uma temperatura escolhida através da construção das curvas de temperatura versus viscosidade, na produção do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) utiliza-se temperaturas mínimas de 135°C e que podem ultrapassar os 165°C (BERNUCCI et al., 2010).

Considerando a adição da cera de carnaúba ao CAP na produção do CBUQ, poderá ocorrer a diminuição da temperatura de aquecimento do CAP no processo de mistura e manter as

características aceitáveis segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O ganho ambiental causado pelo uso do CAP associado a cera de carnaúba ocorreria com a redução da emissão de gases que ocorre pela redução da queima do combustível que seria utilizado na usinagem, pela redução de vapores emitidos e fumos de asfalto no processo de mistura e aplicação em campo. Ajudando assim na diminuição do efeito estufa, proporcionado também uma economia financeira pois há uma diminuição de custos para a obtenção do combustível (HURLEY; PROWELL, 2006).

Na 21ª Conferência das Partes (COP – 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), o Brasil acordou a redução de emissão de gases poluentes, que para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem que ser um valor de 37% abaixo do valor de emissões de gases registrados em 2005 (BRASIL, 2018).

Segundo a World Health Organization (WHO) (2018), a poluição além de afetar o meio ambiente a longo prazo, provocando a mudança climática, causa também prejuízos a nossa saúde. Os efeitos da poluição do ar sobre a saúde possui vários efeitos indesejados, um terço das mortes por derrame, câncer de pulmão e doenças cardíacas são devidos à poluição do ar.

2. OBJETIVO

Essa pesquisa tem como objetivo principal avaliar o comportamento do CAP produzido com resíduos da cera de carnaúba de 5% em massa, através dos ensaios de penetração e viscosidade Saybolt Furol visando a redução de temperatura do aquecimento do CAP para aplicação em misturas asfálticas.

3. METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho utilizou-se o ligante asfáltico 50/70, proveniente da Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste - LUBNOR localizada em Fortaleza-CE. A Tabela 1 apresenta resultados do boletim técnico com as características básicas do ligante, realizada pela LUBNOR obtidas através de ensaios da especificação Agência Nacional do Petróleo (ANP) realizados na própria refinaria.

Tabela 1 - Características do ligante asfáltico 50/70

Característica	Método	Resultado	Unidade
Penetração	ASTM D 5	68	0,1 mm
Viscosidade Saybolt Furol 135 °C	ASTM E 102	236	s

Fonte: Adaptado LUBNOR (2017)

O CAP 50/70 foi disponibilizado pela Construtora Sucesso e foi modificado com os resíduos da cera de carnaúba, obtida no município de Piri-piri-PI. A Construtora Sucesso ainda disponibilizou o laboratório para execução dos ensaios, com o auxílio de um técnico de laboratório.

3.1 Modificação do CAP

A porcentagem dos resíduos de cera adicionado ao CAP foi de 5% em relação a massa. O valor escolhido teve como base o estudo realizado por Feitosa (2015), em que o índice de porcentagem que obteve melhores resultados na modificação do ligante foi o de 5% em relação a massa.

Os resíduos de cera prensado foi aquecido a uma temperatura de 60°C, como demonstrado na Figura 1 e após o aquecimento dos resíduos de cera foi realizada a mistura com o CAP de forma manual com temperatura de 120°C, de acordo com a Figura 2.

Figura 1 – Resíduos de cera prensados em aquecimento



Fonte: Autor (2018)

Figura 2 – Mistura do CAP com a cera



Fonte: Autor (2018)

Após a produção da mistura foram realizados os ensaios de penetração e viscosidade Saybolt Furol em laboratório.

3.2 Ensaio de Penetração

O ensaio de penetração foi realizado segundo a NBR 6576/2007 Materiais betuminosos – Determinação da penetração.

3.2.1 Equipamentos para o ensaio de penetração

Foram utilizados os seguintes aparelhos: recipiente, penetrômetro, agulha, banho d'água, cuba de transferência, termômetros e dispositivos para medida de tempo, mostrados na Figura 3.

Figura 3 – Equipamento preparado para a realização do ensaio



Fonte: Autor (2018)

3.2.2 Preparação do corpo de prova

Em estufa a amostra foi aquecida, com o cuidado para evitar superaquecimento local, até que se torne fluida e então ocorreu a agitação de forma constante, elevou a temperatura do CAP no máximo 90°C acima do ponto de amolecimento de acordo com a ABNT NBR 6560/2016 Materiais betuminosos – Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola.

O aquecimento, ainda com a agitação constante, durou um tempo mínimo para garantir a fluidez e a homogeneidade da amostra. Em seguida, a mistura foi transferida para o recipiente do ensaio de penetração de forma que conseguiu-se obter uma altura de no mínimo de 120% de profundidade esperada, do material depois do resfriamento.

Foi utilizada uma tampa no recipiente que protegeu contra poeira. Em seguida ficou em temperatura ambiente de 45 minutos. Depois esta amostra foi para o banho d'água mantendo a temperatura do ensaio durante o tempo de 45 minutos.

3.2.3 Execução do ensaio

Com um solvente adequado foram limpas o suporte da agulha, a haste e a agulha. Depois de limpa foi fixada ao suporte. Com o indicador de nível foi verificado o nivelamento do equipamento.

Colocou o peso de 50 gramas em cima da agulha, tornando a carga total de 100 gramas para o conjunto de penetração juntamente a agulha. Na sequência, foi posicionado o recipiente dentro da cuba de transferência, encheu a cuba com água do banho d'água deixando a amostra submersa. Posicionou a cuba de transferência no prato do penetrômetro e executou o ensaio, disparando a agulha, com tempo de 5 segundos até a penetração do material, de acordo com a Figura 4.

Realizando assim a leitura da mostrada no penetrômetro. Foram determinados pelo menos três pontos na superfície da amostra distantes entre si e da borda do recipiente. Depois das penetrações, retirou a cuba de transferência e o recipiente da amostra, a qual voltará para banho à temperatura especificada.

Figura 4 – Ensaio de penetração realizado



Fonte: Autor (2018)

Com a agulha limpa, o processo se repetiu por mais duas vezes, totalizando assim três penetrações.

3.3 Viscosidade Saybolt Furol

O ensaio foi conforme a NBR 14950/2003 Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol.

3.3.1 Equipamentos para o ensaio de viscosidade Saybolt Furol

Foram utilizados os aparelhos: viscosímetro Saybolt, termômetro, funil de dilatação, frasco receptor, cronômetro e fonte de calor com possibilidade de controle da temperatura, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Equipamento para a realização do ensaio



Fonte: Autor (2018)

3.2.3 Execução do ensaio

Os equipamentos foram limpos com solvente. Em sequência o fluido de banho do viscosímetro em relação ao ensaio foi escolhido e em seguida preenchido até o nível que fique um pouco acima do aro transbordamento. O banho deve ser agitado e possuir um controle térmico, teve um controle da temperatura da amostra para que não mudasse mais que $0,3^{\circ}\text{C}$ para mais e para menos.

As temperaturas as quais as amostras foram expostas foi de 121°C . A amostra foi aquecida 10°C acima da temperatura escolhida para o ensaio. Com o orifício Furol fechado pela rolha de cortiço e o anel de deslocamento na galeria, a amostra foi posta com auxílio do funil para o tubo viscosimétrico até o seu transbordamento pela galeria. Após esse processo a tampa foi posta e o termômetro inserido ao furo que existe na mesma. Quando a amostra mostrou-se com temperatura constante, com um pequeno intervalo de $0,3^{\circ}\text{C}$ da temperatura do ensaio durante um minuto, o termômetro, a tampa e o anel de deslocamento foram retirados e foi verificado o excesso de amostra na galeria se está abaixo do nível do aro de transbordamento. Após a certificação que o frasco receptor estava no lugar indicado, foi retirada a rolha do viscosímetro e ativando o cronômetro ao mesmo tempo. O cronômetro foi pausado no momento em que a amostra atingiu a marca de graduação do frasco receptor, com isso foi anotado o tempo de escoamento, não ultrapassando os 15 minutos, tempo limite para a realização desse ensaio. A Figura 6 mostra a execução do ensaio.

Figura 6 – Processo de realização do ensaio



Fonte: Autor (2018)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Penetração

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram um aumento da penetração quando comparado com o ligante virgem. O valor alcançado ficou fora da faixa de qualificação do CAP sem aditivo que variavam de 50 a 70, conforme a demonstrado no Quadro 2, o que pode ser explicado pelo fato do CAP fornecido já apresentar resultados próximo ao limite, o que não inviabiliza seu uso apenas altera sua classificação quanto a penetração.

O valor obtido da penetração minimiza o aparecimento de fissuras e trincas. O aumento da penetração expressa a diminuição da rigidez, mostrando assim que o CAP modificado não é indicado para lugares de temperaturas elevadas, pois quanto maior o valor da penetração mais maleável se torna o pavimento.

Tabela 1 – Resultados de Penetração

Amostra	Resultados (0,1 mm)
Virgem	68
Modificado	76

Fonte: Autor (2018)

4.2 Viscosidade Saybolt Furol

Observa-se que a viscosidade do ligante modificado com temperatura de 121°C foi próxima a viscosidade da temperatura usual de 135°C, de acordo com a Tabela 2, obedecendo a norma, onde o valor mínimo era de 141 segundos. Com a temperatura em estudo foi encontrado uma viscosidade maior, possibilitando o uso do CAP com uma temperatura menor e atingindo a viscosidade desejada.

Com o ligante a uma temperatura mais baixa diminui os problemas em relação a fadiga da mistura e torna mais fácil a mistura entre ligante e agregados.

Tabela 2 – Resultados de Viscosidade Saybolt Furol

Amostra	Temperatura (°C)	Resultados (s)
Virgem	135	236
Modificado	121	252

Fonte: Autor (2018)

5. CONCLUSÃO

Através desse projeto, notou-se que a amostra com a adição de resíduos da fabricação da cera de carnaúba obteve a redução da temperatura com um resultado no ensaio de viscosidade Saybolt Furol próxima a amostra não modificada, por meio dessa diminuição de temperatura, ocorre a redução da emissão de gases poluentes, havendo melhorias ao meio ambiente, visto que as temperaturas do CAP não modificado possuem elevadas temperaturas.

Com a redução da temperatura necessária para utilização do CAP na produção de misturas asfálticas ocorre menor emissão de gases, beneficiando assim a população como um todo. Logo ajudará o Brasil a atingir o seu porcentual prometido para 2025 na COP – 21. Com a redução da temperatura e conseqüentemente a redução de gases poluentes temos um ganho ligado diretamente à saúde, pois há muitas doenças relatadas pela WHO relacionadas com a poluição do ar.

O CAP modificado não teve um resultado esperado para o ensaio de penetração, mas não impossibilitando de ser utilizado. Com os valores obtidos em relação a penetração, o ligante modificado com a cera de carnaúba pode ser aplicado em ambientes com temperaturas baixas como na região Sul do Brasil, onde possui menores temperaturas.

Baseados nos resultados mostrados em na pesquisa, surgem a sugestão para ser explorada em pesquisas futuras, como diminuir o porcentual da cera de carnaúba que não pode ser executado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6576: Materiais asfálticos - Determinação da penetração**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007. 7 p.

_____. **NBR 14950: Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol**. Rio de Janeiro, 2003. 10 p.

BALBO, José T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro, p. 504, 2010.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte (CNT). **Anuário CNT do Transporte 2017**. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Acordo de Paris**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 095/2006: Cimentos asfálticos de petróleo - Especificação de material**. Rio de Janeiro. 2006. 6 p.

FEITOSA, Johnny Peter Macedo. **Avaliação do uso de diferentes tipos de cera de carnaúba como aditivos para misturas mornas**. 2015. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

HURLEY, Graham C.; PROWELL, Brian D. **Evaluation of evotherm® for use in warm mix asphalt**. Report 06-02. Auburn: NCAT, 2006. 49 p.

IWÁNSKI, M.; MAZUREK, G. **The influence of rheological properties of bitumen with synthetic wax on changing resilient modulus of elasticity of asphalt concrete**. Proc. of 5-th Euroasphalt & Eurobitume Congress (on USB stick), 13-15th June 2012, Istanbul, 2012.

OLIVEIRA, Moises et al. **Reflexão do transporte rodoviário de carga**. Anais da SEMCITEC-Semana de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento de Guarulhos, v. 1, n. 1, 2018

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 1 v.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **How air pollution is destroying our health**. 2018. Disponível em: <<http://www.who.int/air-pollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health>>. Acesso em: 15 nov. 2018.