

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS POR BORRACHA DE PNEUS ATRAVÉS DO PROCESSO ÚMIDO

Camila Gonçalves Luz Nunes

Ricardo Almeida de Melo

Universidade Federal da Paraíba

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental

RESUMO

Para minimizar a degradação do pavimento, muitas vezes é necessário modificar os materiais que compõem o revestimento para que ele se torne mais resistente aos agentes de deterioração. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de misturas asfálticas com adição de borracha moída de pneus inservíveis em três teores: 10%, 15% e 20% ao ligante asfáltico. Para isso, tanto a mistura asfáltica convencional (0% de borracha), quanto às misturas modificadas com a borracha serão submetidas a uma série de ensaios laboratoriais, para avaliação das suas propriedades físicas e mecânicas segundo os métodos Marshall e Superpave. Os resultados obtidos nos ensaios passarão por uma análise estatística, que permitirá comparar o desempenho entre a mistura convencional e as misturas modificadas.

1. INTRODUÇÃO

O incremento populacional e o aumento da frota de veículos geraram uma maior necessidade de infraestruturas capazes de atender às novas demandas e um maior consumo de materiais, ocasionando uma maior formação de resíduos. Assim, surgiram um maior número de rodovias e de tecnologias para melhorar o seu desempenho.

Devido às melhorias que a incorporação de borracha de pneu traz aos revestimentos ao longo de sua vida útil, juntamente com a questão ambiental sobre a disposição de pneus inservíveis, diversos países tem aderido à utilização da borracha em obras de pavimentação (Nunes, 2017). Dentre as melhorias que a incorporação de borracha pode trazer para o pavimento, pode-se citar: redução dos custos de manutenção das rodovias, diminuição do ruído pelo contato do pneu com o pavimento e o aumento da resistência ao aparecimento de fissuras e trilhas de rodas (Sheng *et al.*, 2017).

Por isso, neste estudo, o objetivo é avaliar o desempenho físico e mecânico de misturas asfálticas com adição de borracha moída de pneus inservíveis (nos teores 10%, 15% e 20%) ao ligante asfáltico, por meio de ensaios laboratoriais. Após a realização dos ensaios, o desempenho das misturas produzidas com borracha de pneus inservíveis será comparado ao comportamento apresentado pela mistura convencional (0% de borracha) e com uma mistura de asfalto-polímero, que será obtida em uma usina local. Além disso, a pesquisa tem como foco estimar por meio da Faixa de Agregados Dominantes (FAD), o comportamento em campo das misturas em relação à resistência à deformação permanente, e ainda, analisar a influência dos métodos de dosagem sobre as propriedades mecânicas das misturas. O método de dosagem Marshall, um dos mais utilizados no Brasil, e o método Superpave serão utilizados na pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma das principais razões para o uso da borracha em misturas asfálticas é que ela fornece propriedades de engenharia significativamente melhoradas em relação ao asfalto convencional. A borracha endurece o ligante e aumenta a elasticidade (proporção de deformação recuperável), o que diminui a suscetibilidade térmica do pavimento e melhora a resistência à deformação permanente e fadiga (Presti, 2013).

O processo de adição da borracha ao asfalto pode ser feito por dois métodos: pelo processo seco, onde a borracha é adicionada diretamente aos agregados (agregado-borracha); ou pelo processo úmido, onde a borracha é incorporada ao ligante asfáltico, modificando as suas propriedades e gerando um novo ligante (asfalto-borracha), antes da mistura com os agregados (Netto, 2015).

No processo úmido, utilizado nessa pesquisa, a reação entre a borracha e o ligante asfáltico ocorre por meio de dois processos simultâneos: a digestão parcial da borracha no asfalto por um lado e, por outro lado, a adsorção dos óleos aromáticos do ligante pelas cadeias poliméricas da borracha, fazendo com que ela aumente de tamanho e amoleça. Nesse processo, o tempo e a temperatura de mistura, o tipo de ligante e o tamanho das partículas de borracha são fatores que influenciam a reação e o desempenho das misturas asfálticas produzidas (Presti, 2013).

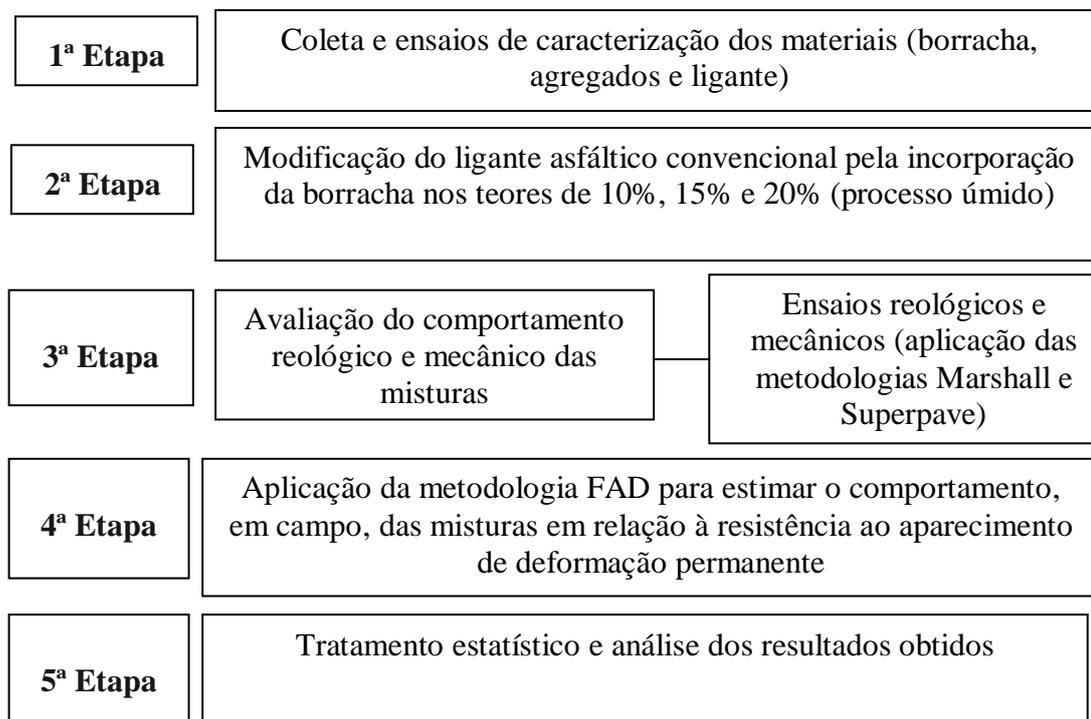
Além do uso de agentes modificadores, como a borracha, o desempenho das misturas asfálticas também pode ser influenciado pelas características de seus componentes tradicionais, asfalto e agregados. Dentre as características que exercem forte influência pode-se citar: o tipo de asfalto; a forma e granulometria dos agregados; a adesividade entre o asfalto e os agregados; o tempo e a temperatura de mistura. Estudos como o de Ferreira *et al.* (2015), por exemplo, revelam que a granulometria dos agregados possui um papel fundamental na resistência das misturas asfálticas à deformação permanente. Em seu trabalho foram verificados e comparados dois métodos de seleção granulométrica: o método Bailey e a Faixa de Agregados Dominantes (FAD), observando-se que os resultados obtidos pelo FAD permitem o seu uso para estimar o desempenho em campo das misturas asfálticas em relação a resistência à deformação permanente.

O método FAD permite avaliar a estrutura granulométrica de misturas asfálticas objetivando a composição de um esqueleto pétreo que confira estabilidade e resistência à deformação permanente. Essa resistência é garantida por um contato adequado entre partículas suficientemente graúdas. Kim (2006) afirma que apenas as partículas iguais ou maiores que 1,18 mm contribuem efetivamente para tal resistência. Segundo esse método, a mistura asfáltica é formada pela FAD e pelo volume intersticial (VI). O VI é composto pelos agregados de granulometria inferior a FAD, pelo ligante asfáltico e pelos vazios da mistura asfáltica, sendo esses componentes chamados de componentes intersticiais (CI). Nessa estrutura, a FAD é a principal responsável pela resistência à deformação permanente, enquanto que o VI é responsável pela adesão, resistência à tração, resistência à fadiga e também está relacionado à energia de ruptura da mistura (Kim, 2006; Greene *et al.*, 2014).

Kim (2006) faz também uma ressalva quanto aos agregados maiores que a FAD, segundo o autor, estes agregados não exercem influência na matriz dos agregados, pois não proporcionam uma boa interação com os demais agregados. Dessa forma, eles não exercem contribuição relevante para a resistência à deformação permanente.

3. MÉTODO DE TRABALHO

Ensaio em laboratório serão feitos para verificar as alterações provocadas nas misturas convencionais pela adição da borracha em três teores (10%, 15% e 20%) em substituição parcial ao ligante asfáltico. Esses teores foram escolhidos com base na norma DNIT 112/2009, que estabelece teores de substituição entre 15% e 20%. O desempenho das misturas asfálticas será comparado em três cenários: i) adição de borracha; ii) sem agente modificador; e iii) com asfalto-polímero. As cinco etapas que serão seguidas durante a pesquisa encontram-se descritas no fluxograma 1.



Fluxograma 1: Sequência de Etapas da Pesquisa. **Fonte:** Autoria Própria.

Na primeira etapa serão realizados os seguintes ensaios:

- Borracha: granulometria e determinação da massa específica real;
- Agregados: granulometria, abrasão Los Angeles, durabilidade, absorção e densidade do agregado graúdo, determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman, adesividade do ligante ao agregado. Os agregados utilizados serão enquadrados na faixa C do DNIT;
- Ligante asfáltico: ponto de amolecimento, ensaio de penetração, viscosidade *Brookfield* e ductilidade;
- Misturas asfálticas: *Rice test* para a determinação da densidade máxima medida da mistura.

Na segunda etapa da pesquisa, após a caracterização dos materiais, a borracha será incorporada ao ligante asfáltico em três teores: 10%, 15% e 20%. Posteriormente serão refeitos os ensaios de caracterização para o ligante modificado com a borracha e com o asfalto-polímero obtido na usina.

Durante a terceira etapa serão realizadas as dosagens das misturas através do método Marshall. Após a determinação do teor de projeto segundo esse método, serão moldados corpos-de-prova para a realização dos ensaios mecânicos, sendo eles: resistência à tração por compressão diametral, módulo de resiliência, fadiga, *flow number* e dano por umidade. Nessa fase os corpos-de-prova serão moldados tanto pelo método Marshall, quanto pela metodologia Superpave.

Na quarta etapa serão utilizados os parâmetros volumétricos determinados na dosagem da fase anterior para aplicação da metodologia FAD. Na quinta etapa, os resultados obtidos serão tratados estatisticamente de modo a permitir a comparação entre o comportamento das misturas

convencionais e modificadas.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Com base nos estudos citados ao longo do artigo, espera-se que a adição da borracha ao ligante asfáltico através do processo úmido, promova um aumento na viscosidade do ligante asfáltico, aumentando também a sua capacidade de recuperação elástica e diminuição da sua susceptibilidade térmica. Em relação as propriedades mecânicas, espera-se que o uso da mistura asfáltica modificada incremente a capacidade de resistência à deformação permanente e à fadiga. Dessa forma, espera-se com a pesquisa, que os resultados obtidos nos ensaios mostrem ser viável a utilização da borracha moída de pneus inservíveis, como agente modificador da mistura asfáltica convencional.

Agradecimentos

À CAPES pelo auxílio financeiro prestado à pesquisa, em forma de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNIT (2009) *NBR 111/2009* – Pavimentação flexível - Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de material. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- Ferreira, J. L. S., Bastos, J. B. S., Soares, J. B. (2017) Validação da metodologia de faixa de agregados dominantes para avaliação e especificação da granulometria de misturas asfálticas densas. *Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Ouro Preto, p. 25-35.
- Greene, J.; Chun, S.; Choubane, B. (2014) Enhanced gradation guidelines to improve asphalt mixture performance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2456. DOI: 10.3141/2456-01.
- Kim, S. (2006) Identification and assessment of the dominant aggregate size range (DASR) of asphalt mixture. Dissertation (Doctor of Philosophy). University of Florida, Gainesville, p. 1-142.
- Netto, Q. M. P, Reis, A. C. C (2015) Análise do comportamento mecânico de misturas asfalto-borracha produzidas pelos processos úmido e seco. *Anais do IX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, São Carlos, v. 1, p. 340–351.
- Nunes, L. C. (2017) Fadiga de Misturas Asfálticas Descontínuas com Asfalto-Borracha de 4ª Geração. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-281/17, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 142 p.
- Presti D. L. (2013) Recycled tyre rubber modified bitumens for road asphalt mixtures: A literature review, *Constr Build Mater* 49 (2013) 863–881.
- Sheng, Y., Li, H., Geng, J., Tian, Y., Li, Z., Xiong, R. (2017) Production and performance of desulfurized rubber asphalt binder. *International Journal of Pavement Research and Technology* 10 (2017) 262–273.

Camila Gonçalves Luz Nunes (camilanunes.engcivil@hotmail.com)

Ricardo Almeida de Melo (ricardo@ct.ufpb.br)

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba

Campus I, Cidade Universitária – João Pessoa, PB, Brasil

Estudo do comportamento de misturas asfálticas modificadas por borracha de pneus através do processo úmido