

ANÁLISE DE DURABILIDADE E TEXTURA SUPERFICIAL EM RESTAURAÇÕES DE CAMADA DE ROLAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Marina Frederich de Oliveira

Iuri Sidney Bessa

Kamilla L. Vasconcelos

Liedi Légi Bariani Bernucci

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

RESUMO

A concepção de uma estrutura de pavimento deve considerar que esta seja adequada para suportar os esforços impostos pelo tráfego, especialmente, a camada de revestimento, que recebe diretamente essas ações. Os principais defeitos observados nas rodovias brasileiras são: o trincamento por fadiga e a deformação permanente. Quando ocorre o rompimento da estrutura, é necessário realizar restauração do pavimento para que volte a apresentar segurança e conforto na trafegabilidade aos usuários. Ainda, um fator diretamente ligado a segurança viária é a textura superficial do pavimento, que deve permitir o contato adequado entre pneu-pavimento. Entre os parâmetros que exercem influência no desempenho de misturas asfálticas, destacam-se a granulometria e a volumetria. Para estudar a influência desses parâmetros, esta pesquisa irá utilizar quatro tipos de granulometria (densa, semi-descontínua, descontínua e aberta), com três valores de volume de vazios (3%, 4% e 7%) para as misturas densa e semi-descontínua; volume de vazios de 6% para a mistura descontínua e de 19% para a mistura aberta, com aplicação em trechos experimentais. De posse dessas oito misturas asfálticas usinadas a quente, pretende-se avaliar, por meio de ensaios laboratoriais e monitoramento em campo, o efeito da mudança de granulometria e volumetria no desempenho mecânico quanto à fadiga e à deformação permanente, bem como na textura superficial.

1. INTRODUÇÃO

Uma estrutura de pavimento deve ser capaz de suportar a ação do tráfego e do clima, especialmente a camada de revestimento, exposta diretamente aos esforços. Conforme as solicitações ocorrem, o pavimento pode apresentar sinais de deterioração, sendo os principais defeitos o trincamento por fadiga e a deformação permanente. Assim, faz-se necessário realizar intervenções para restauração do pavimento de forma que garanta segurança e conforto aos usuários.

Além disso, a segurança dos usuários pode ser comprometida de acordo com a condição do revestimento quanto ao contato pneu-pavimento. Isto é, a textura superficial deve ser adequada para a trafegabilidade sem risco de aquaplanagem. Entre os parâmetros que influenciam o desempenho de misturas asfálticas, destacam-se a granulometria (distribuição dos tamanhos dos agregados que constituem a mistura) e o volume de vazios (volume de ar da mistura compactada).

2. PROPOSTA DE PESQUISA

Esta pesquisa visa avaliar o efeito da mudança na granulometria e na volumetria de misturas asfálticas no desempenho mecânico, quanto à fadiga e deformação permanente, e na textura superficial em camadas de restauração de revestimento asfáltico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Granulometria e volumetria em misturas asfálticas

Bernucci *et al.* (2010) explicam que a camada de revestimento deve ser impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, uma vez que está diretamente exposta a estas ações.

A granulometria é uma característica que afeta importantes parâmetros e propriedades da mistura asfáltica como rigidez, estabilidade, durabilidade, permeabilidade, trabalhabilidade e resistência à fadiga (Roberts *et al.*, 1996). Em misturas asfálticas, a granulometria pode variar de acordo com a composição de agregados e o fíler. Assim, em uma mistura densa, forma-se um esqueleto mineral com poucos vazios e com agregados de dimensões menores preenchendo os vazios dos grãos maiores; como é o caso do concreto asfáltico.

Uma mistura de granulometria descontínua possui quantidade predominante de agregados maiores em relação aos grãos intermediários, e é complementada por uma determinada quantidade de finos, apresentando descontinuidade em algumas peneiras, com objetivo de melhorar o desempenho quanto à deformação permanente, como é o caso do gap-graded. Já a camada porosa de atrito (CPA), é uma mistura com granulometria uniforme, com alta porcentagem de vazios, devido a quantidades pequenas de fíler, agregado miúdo e ligante asfáltico. Esta mistura não apresenta função estrutural e sua grande vantagem é a maior aderência pneu-pavimento em dias de chuva, uma vez que promove rápida percolação da água (Bernucci *et al.*, 2010).

Roberts *et al.* (1996) destacam que o volume de vazios de uma mistura asfáltica tem influência significativa no seu desempenho. Bernucci *et al.* (2010) descrevem que esta propriedade de acordo com seu volume, tamanho, interconectividade e distribuição ao longo da camada de revestimento asfáltico é diretamente influenciada pela granulometria da mistura asfáltica, pela energia e método de compactação de campo, que podem não ser totalmente eficazes e homogêneos ao longo do trecho da rodovia. Roberts *et al.* (1996) citam que um volume de vazios baixo pode acarretar em deformação permanente; enquanto uma volumetria alta pode resultar em trincamento precoce, uma vez que há exposição ao ar e à água, acelerando o processo de oxidação do ligante.

3.2 Durabilidade

3.2.1 Fadiga

Pinto (1991) descreve fadiga como o processo de deterioração que sofre um material quando submetido a um estado de tensões e deformações repetidas, que resultam em trincas ou na fratura completa, após determinado número de repetições do carregamento. Ceratti (1991) explica que as trincas por fadiga têm início na camada de maior rigidez da estrutura, como o caso da mistura asfáltica nos pavimentos puramente flexíveis.

De acordo com Balbo (2007), o trincamento por fadiga se relaciona ao fato de que muitos materiais quando solicitados repetidamente, para dado modo de solicitação, em níveis de tensão inferiores àqueles que causariam sua ruptura, acabam desenvolvendo internamente algumas alterações que culminam na perda de características da estrutura original. Assim, ocorre um processo de microfissuração progressiva que gera fraturas até que haja rompimento do material.

3.2.2 Deformação permanente

Papagiannakis & Masad (2007) definem afundamento de trilha de roda como uma depressão longitudinal na trilha de roda causada pela compactação ou deformação plástica no concreto asfáltico, em camadas granulares ou subleito sob a ação de carregamentos dos eixos. Balbo (2007) explica que a deformação permanente que atinge o revestimento asfáltico ou o sistema,

ocorre com a densificação adicional das camadas (consolidação), ou ruptura por cisalhamento de uma ou mais camadas do sistema.

3.3 Textura superficial

A textura superficial tem grande importância na condição de uma superfície de pavimento, pois tem efeito na segurança, economia e ambiente (Sandberg, 1997). A textura da superfície de um pavimento se caracteriza pela aspereza, que pode variar de um nível micro de rugosidade contida em uma única partícula de agregado, até um intervalo de distância que apresente desigualdades, influenciada pela granulometria da mistura. Estes dois níveis de textura capazes de influenciar predominantemente o atrito da superfície de um pavimento são denominados microtextura e macrotextura (Henry, 2000).

A microtextura e a macrotextura podem afetar o número de acidentes em rodovias tanto em condição de pista molhada, quanto seca, mesmo em velocidades baixas dos veículos (Henry, 2000). O nível de microtextura deve ser alto para que exista atrito adequado no contato entre pneu dos veículos e o pavimento; de mesma forma, deve ser alto o nível da macrotextura, com efeito de drenagem, de modo que evite o acúmulo de água na superfície e mantenha condições de segurança em situação de pista molhada. Por outro lado, caso a macrotextura do pavimento seja muito aberta, pode afetar o desgaste dos pneus dos veículos e, ainda, ocasionar maior consumo de combustível, influenciando econômica e ambientalmente (Sandberg, 1997).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Misturas asfálticas

Para esta pesquisa, as misturas asfálticas se dividem em concreto asfáltico (CA), de granulometria contínua; gap-graded (GG), descontínua; semi-descontínua (SD), sendo esta uma curva granulométrica entre a contínua e a descontínua; e camada porosa de atrito (CPA), de granulometria aberta.

As misturas de concreto asfáltico e semi-descontínua apresentam três variações de volume de vazios de aproximadamente 3%, 4% e 7%. Esta variação no volume de vazios busca simular os diferentes teores de ligante de misturas asfálticas em campo que podem ser obtidos de acordo com os limites estabelecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para grau de compactação de misturas asfálticas, de 97% a 101%. As misturas gap-graded e CPA terão volume de vazios de, aproximadamente 6,0% e 19,0%, respectivamente, de forma a simular os valores convencionalmente adotados como padrão para essas misturas.

4.2 Trechos experimentais

O trecho está localizado no km 511 da rodovia Régis Bittencourt, na cidade de Cajati, São Paulo. A construção do trecho ocorreu no mês de junho de 2018 e contou com os processos de fresagem de 5cm de revestimento asfáltico antigo, limpeza da área fresada, pintura de ligação, preparação das misturas asfálticas em usina gravimétrica e compactação de camada de revestimento asfáltico. Os segmentos de CA e SD tiveram 120m de extensão e 5cm de espessura em cada volume de vazios, a camada de GG teve 180m e 5cm de espessura e a camada de CPA teve 200m e 4cm de espessura.

4.3 Durabilidade

Para avaliar a durabilidade das misturas serão realizados, em laboratório, ensaios de fadiga e

deformação permanente, além do módulo dinâmico para caracterização das propriedades viscoelásticas lineares das misturas. Durante o monitoramento dos trechos experimentais, também se objetiva a realização de ensaios para avaliação funcional do pavimento, além do *Falling Weight Deflectometer* (FWD) para avaliação estrutural do pavimento.

4.4 Textura superficial

Para avaliação da textura superficial das misturas, pretende-se realizar ensaios em laboratório de Pêndulo Britânico, Mancha de areia, e o *Pavement Texture Analyzer* (PTA), equipamento de estéreo fotometria. Em campo, além dos já citados, será realizado o ensaio de irregularidade por meio do equipamento Merlin. Ainda, utilizar-se-á o *Pavement Scanner*, que através de câmeras de alta resolução e laser, apresenta valores de macrotextura.

5. RESULTADOS PARCIAIS

Até o momento, foram realizados os projetos das misturas asfálticas e sua aplicação no trecho experimental, ensaios de campo em relação à textura superficial para o tempo inicial do pavimento (obtenção da irregularidade longitudinal, IRI, por meio do equipamento Merlin; macrotextura através da mancha de areia; PTA; microtextura com o uso do pêndulo britânico; e macrotextura, com o uso do equipamento PavScan) e levantamento estrutural por meio do FWD. Durante a construção do trecho foram retiradas amostras de misturas asfálticas, utilizadas em laboratório para determinação do teor de ligante asfáltico pelo método da ignição, determinação da massa específica máxima medida pelo procedimento com vácuo, determinação da massa específica aparente de mistura asfáltica compactada, moldagem de placas em mesa compactadora, ensaios de textura em placas antes e após passagem pelo simulador de tráfego, determinação de volume de vazios da placa compactada e demais ensaios para controle tecnológico da construção do trecho.

Espera-se, de acordo com a metodologia exposta neste relatório, constatar o efeito da volumetria e granulometria no desempenho mecânico das oito misturas estudadas (em relação aos principais defeitos) e na textura superficial do pavimento ao longo do tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), à Autopista Régis Bittencourt, ao Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT) da Arteris, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. Oficina de Textos, São Paulo, 2007.
- BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J.A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Petrobras; Assoc. Brasileira das Empresas Distribuidora de Asfalto, RJ, 2010.
- HENRY, J.J. *Evaluation of pavement friction characteristics A synthesis of Highway Practice. Transportation Research Board - National Research Council, NCHRP*. Washington, D.C. 2000.
- PAPAGIANNAKIS & MASAD. *Pavement Design and Materials*. John Wiley & Sons, Inc, New York, 2007.
- ROBERTS, F.L.; KANDHAL, P.S.; BROWN, E.R.; LEE, D-Y; KENNEDY, T.W. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*. NAPA Research and Education Foundation. Lanham, Maryland. 1996.
- SANDBERG, U. *Influence of road surface texture on traffic characteristics related to environment, economy and safety: A state-of-the-art Study Regarding Measures and Measuring Methods*. Swedish National Road and Transport Research Institute. Stockolm, Sweden. 1997.