

# ADESÃO E COESÃO EM MISTURAS ASFÁLTICAS (MELHORADORES DE ADESIVIDADE, LIGANTES MODIFICADOS E INTERTRAVAMENTO)

**Clonilo M. S. de Oliveira Filho**

**Jorge Barbosa Soares**

Laboratório de Mecânica dos Pavimentos – LMP

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN

Universidade Federal do Ceará – UFC

## RESUMO

Nas rodovias brasileiras, observa-se a presença cada vez mais frequente de um defeito – conhecido como *stripping* - caracterizado pela desagregação de pavimentos asfálticos, ocasionada pela perda de ligação, geralmente na presença de água, entre agregado e ligante. Apesar de a perda de adesão e de coesão em uma mistura ter grande influência na origem de defeitos como deformação permanente e trincamento por fadiga, poucos estudos foram conduzidos no mundo para que se entenda tal mecanismo. O presente trabalho de dissertação pretende investigar o fenômeno de adesão/coesão em misturas asfálticas baseando-se em 3 fatores: ligantes asfálticos, melhoradores de adesividade e granulometria de misturas. Pretende-se avaliar o efeito da variação desses fatores nas misturas estudadas através dos ensaios de Desgaste Cântabro e Lottman Modificado.

## ABSTRACT

In Brazilian roadways, it is observed the constant presence of a distress known as stripping, characterized by the loss of integrity (ravelling) of asphalt layers caused by the loss of bonding, usually in the presence of water, between asphalt and aggregate. Although the loss of adhesion and cohesion is the basis of many types of distresses like rutting and fatigue cracking, an insufficient number of studies had been lead world wide in order to make breakthroughs for understanding such mechanisms. The present research aims to investigate the adhesion/cohesion processes occurred in asphalt mixes based in 3 points: asphalt binders, anti-stripping agents and mix granulometries. It is intended to assess the effect of varying these factors on the mixtures studied using the Cântabro and the Modified Lottman Tests.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui 1.610.076 quilômetros de rodovias, dos quais 196.094 quilômetros (12,18%) são de estradas pavimentadas. Na última pesquisa da Confederação Nacional do Transporte, realizada em 2005, foram analisados 81.944 quilômetros de rodovias federais e estaduais, de um total de 173.559. No levantamento, constatou-se que 54,6% das estradas encontram-se em um estado deficiente, ruim ou péssimo de qualidade para o tráfego (CNT, 2005).

Nos Estados Unidos, o asfalto é empregado em cerca de 3,2 milhões de quilômetros de estradas, enquanto que 27 milhões de toneladas de ligante asfáltico são usados anualmente para construir e manter essas rodovias. Entretanto, apesar bilhões de dólares serem gastos anualmente em rodovias de pavimento flexível, pouco tem sido feito para se estudar adesão e coesão entre asfalto e agregado, mecanismos que mantêm esses materiais unidos (Elphinstone, 1997).

O desempenho de misturas asfálticas na presença de água é um assunto complexo e que tem sido abordado em várias pesquisas durante as últimas seis décadas. Por todo esse período,

profissionais da área estiveram em busca de procedimentos confiáveis de ensaios de laboratório que pudessem prever o comportamento do pavimento em campo no que se refere à sensibilidade à umidade. O fato de a adesão entre asfalto e agregado ser reduzida na presença de água (*stripping*), além de haver perda de coesão do próprio ligante, já é conhecido pelo menos desde a década de 1920 (Solaimanian *et al.*, 2003).

Nos Estados Unidos, assim como em várias partes do mundo, *stripping* é um defeito bastante presente em revestimentos asfálticos. O desempenho do pavimento é negativamente afetado pelo fenômeno, ocasionando imprevisíveis aumentos em custos de manutenção. As causas que originam o defeito permanecem desconhecidas e sua previsão é relativamente não-determinística. Assim, faz-se urgente a necessidade de se entender os mecanismos a ele relacionados e de se desenvolver ensaios bem como critérios de avaliação confiáveis (Kiggundu e Roberts, 1998).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Adesão e Coesão em Misturas Asfálticas

Em misturas asfálticas, a perda de adesão entre agregado e ligante está comumente relacionada a três fatores: a incompatibilidade entre a constituição mineralógica do agregado e a constituição físico-química do material betuminoso, a ocorrência de umidade e a presença de sujeira e finos na superfície do agregado. Essa perda de adesão do ligante asfáltico com a superfície do agregado (fratura adesiva) bem como a fratura do próprio filme de ligante (fratura coesiva), quer seja na presença de água ou não, é a origem de muitos tipos de defeitos em pavimentos, incluindo trincamento por fadiga, deformação permanente e dano por umidade (Lytton, 2004).

Marek e Herrin (1968) apontam que a fratura adesiva ocorre quando o filme de mastic (ligante e finos) é delgado, e se transforma em fratura coesiva na medida em que o filme de mastic se torna espesso. Entretanto, segundo Lytton (2004) a explicação do mecanismo através do qual essa transição do tipo de fratura ocorre tem sido especulada por décadas desde o estudo realizado por Marek e Herrin.

Atualmente, considera-se a teoria de que o surgimento de trincas, sejam de origem adesiva ou coesiva, segue o princípio fundamental de fratura em materiais viscoelásticos desenvolvido por Schapery (1984) e o princípio fundamental de regeneração (*healing*) – ou recuperação de trincas – em materiais viscoelásticos, desenvolvido por Schapery (1988) e Lytton (1994). Segundo os princípios, o crescimento de trincas em misturas asfálticas é determinado pela diferença entre a proporção de fratura e a proporção de *healing*, esta podendo ser considerada como anti-fratura (Lytton, 2004).

Com relação às deformações permanentes, embora em seu estágio inicial resultem da fluência do ligante sob cargas de tráfego, em seu estágio final, após a mistura asfáltica ter sido duramente solicitada sob repetidas cargas, há um aumento de deformação que se dá devido à formação e ao crescimento de microtrincas. O crescimento dessas microtrincas se deve em parte à fratura adesiva (Lytton, 2004).

A habilidade de se prever a ocorrência de fratura adesiva e de regeneração na mistura depende de uma teoria confiável e de ensaios capazes de medir propriedades relevantes de agregados e de ligantes, tanto no que se refere a propriedades químicas quanto físicas. Esses dois tipos de propriedades são abordados nos princípios fundamentais de fratura e regeneração de materiais viscoelásticos. Percebe-se, assim, que o fenômeno em questão está relacionado com os mais consideráveis tipos de defeitos em pavimentos. Além disso, desde há algumas décadas, os fenômenos relacionados à perda de adesão e coesão em misturas ainda não são claramente compreendidos (Lytton, 2004).

## **2.2. Melhoradores de Adesividade**

Os agentes melhoradores de adesividade (*anti-stripping agents*) podem fazer-se necessários se um determinado projeto de mistura mostrar-se susceptível ao dano por umidade induzida. Os melhoradores de adesividade líquidos e a cal estão entre os tipos de agentes mais comumente usados (Tunnicliff and Root, 1984 apud Hunter, 2001). Nos EUA, vários aditivos são utilizados para reduzir a sensibilidade das misturas à umidade, sendo a cal hidratada o mais usado (Little and Epps, 2001).

## **2.3. Ligantes Modificados**

Quando modificados com determinados tipos de polímeros, os ligantes asfálticos tornam-se mais estáveis a temperaturas elevadas, apresentando maior ponto de amolecimento, maior resistência ao envelhecimento, alta adesividade e coesão e maior elasticidade e resistência à deformação permanente (Silva *et al.*, 2001).

## **2.4. Intertravamento**

Misturas asfálticas tipo *Stone Matrix Asphalt* – SMA consistem basicamente de 2 frações de material: agregado graúdo e um elevado teor de mástique, este formado por agregado miúdo, filer mineral, ligante asfáltico e fibras. O esqueleto mineral composto por agregados graúdos em proporção superior em relação às misturas densas e contínuas fornece às misturas um elevado intertravamento entre os grãos, conferindo às mesmas maior resistência. Já o elevado teor de mástique fornece às misturas uma maior durabilidade (Vasconcelos, 2004).

## **2.5. Ensaios para avaliar a susceptibilidade à umidade**

### *Modified Lottman Test:*

Este é o ensaio adotado pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) desde 1985, tendo ganhado aceitação pelas agências de transportes dos EUA. Ele combina as boas características de dois ensaios: *Lottman test* e *Tunnicliff and Root conditioning* (Roberts *et al.*, 1996). Compactam-se 6 CPs para que atinjam índice de vazios entre 6 e 8%. Dividem-se as amostras em 2 grupos de 3 CPs, sendo um grupo o de controle e o outro submetido a saturação em água (55 a 80% de saturação) e em seguida ao ciclo de congelamento e descongelamento proposto no ensaio *Lottman*. As amostras de ambos os grupos são ensaiadas por RT, calculando-se, em seguida, a RRT de cada grupo. Especifica-se um mínimo de 0,70 para o valor da RRT.

### *Ensaio de Desgaste Cântabro:*

Adotado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte Terrestre e Aquaviário – DNIT, consiste em se pesar corpos-de-prova e colocá-los no equipamento de Abrasão Los Angeles sem as esferas de aço. Executam-se 300 revoluções a uma velocidade angular de 30

rpm e em seguida pesam-se novamente os Cps. O desgaste cântabro é determinado pela razão da diferença das massas inicial e final pela massa inicial das amostras.

### 3. PROPOSTA DA PESQUISA

A pesquisa propõe a investigação do fenômeno de adesão/coesão em misturas asfálticas considerando 3 variáveis: tipo de ligante, melhoradores de adesividade e granulometria das misturas. Pretende-se avaliar o efeito destas variáveis nas misturas estudadas pelos ensaios de Desgaste Cântabro e Lottman Modificado. O primeiro é o ensaio adotado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte Terrestre e Aquaviário – DNIT. O segundo é o ensaio adotado pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) desde 1985, tendo ganhado aceitação pelas agências de transportes dos EUA.

### 4. METODOLOGIA

O experimento contará com 3 ligantes distintos, sendo (i) um puro, (ii) um modificado com polímero sintético SBS (*Styren Butadien Styren*) e (iii) um asfalto-borracha. A cal será utilizada como melhorador de adesividade, onde se terá três condições distintas: (i) misturas com cal apenas no ligante, (ii) apenas nos agregados e (iii) ausência de cal. As misturas serão produzidas com 4 diferentes faixas granulométricas: CBUQ (faixa C DNIT), SMA (AASHTO – 12,5mm), SMA com tamanho máximo nominal de 10mm e SMA com TMN de 6mm.

### 5. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que as misturas que utilizem ligantes modificados, empreguem melhoradores de adesividade ou apresentem um esqueleto mineral com elevado intertravamento proporcionem maior adesão e coesão, maior resistência à desagregação e sejam menos susceptíveis à umidade, comparativamente às misturas com ligantes e granulometrias tradicionais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CNT – Confederação Nacional do Transporte. (2005) *Boletim Estatístico, dezembro de 2005*. Disponível em: <http://www.cnt.org.br> – 21/06/2006.
- ELPHINGSTONE JR, G. M. (1997) *Adhesion and Cohesion in Asphalt-Aggregate System*. Ph.D Dissertation, Texas A&M University, College Station, TX.
- HUNTER, E. R. (2001) *Evaluating Moisture Susceptibility of Asphalt Mixes*. Research Report. Laramie, WY.
- KIGGUNDU, B. M.; ROBERTS, F. L. (1988) *Stripping in HMA Mixtures: State of the Art and Critical Review of Test Methods*. Research Report. National Center for Asphalt Technology, Report No 88-2, USA.
- Lytton, R.L., 2004. *Adhesive Fracture in Asphalt Concrete Mixtures*. Chapter in book edited by J. Youtcheff, In Press.
- MAREK, C. R.; HERRIN, M. (1968) *Tensile Behavior and Failure Characteristics of Asphalt Cement in Thin Films*. Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 37, pp. 386-421.
- SCHAPERY, R. A. (1984) *Correspondence Principles and a Generalized J-Integral for Large Deformation and Fracture Analysis of Viscoelastic Media*, International Journal of Fracture, Vol 25, pp. 194-233.
- SCHAPERY, R. A. (1988) *On the Mechanics of Crack Closing and Bonding in Linear Viscoelastic Media*, International Journal of Fracture, Vol. 39, pp. 163-189.
- SILVA, L. S.; FORTE, M. C.; CARDOZO, N. S. M. *Comportamento Reológico de Ligantes Asfálticos Modificados com Polímero*. Anais do 6o Congresso Brasileiro de Polímeros, Gramado, RS.
- Tunnicliff, D. and R. Root (1984). *Use of Antistripping Additives in Asphaltic Concrete Mixtures*. NCHRP Reoprt No. 274. Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- VASCONCELOS, K. L. (2004) *Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas a Quente Dosadas pelas Metodologias Marshall e Superpave com Diferentes Granulometrias*. Dissertação de Mestrado, 149fl. Fortaleza, 2004.