

EFEITO DAS MODIFICAÇÕES NO COMPORTAMENTO DOS LIGANTES E DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

Jorge Luiz Oliveira Lucas Júnior
Jorge Barbosa Soares
Lucas Feitosa de Albuquerque Lima Babadopulos
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

A modificação dos ligantes e das misturas asfálticas pode afetar consideravelmente seu comportamento mecânico. O objetivo deste trabalho é investigar como as modificações influenciam o comportamento mecânico das misturas asfálticas. Serão usados dois tipos de agregado, um ligante (CAP 50/70) puro e modificado por Dope, Cal, resíduos plásticos e nanopartículas de óxido de zinco. Serão avaliados o dano por umidade, a deformação permanente e a fadiga de amostras secas e condicionadas à umidade. Espera-se entender quais modificadores têm efeito positivo e quais têm efeito negativo em cada parâmetro analisado.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problema de Pesquisa

A literatura apresenta diversos fatores que podem interferir na qualidade estrutural dos pavimentos asfálticos, como a umidade (Kandhal e Rickards, 2001), o envelhecimento (Babadopulos, 2014), a composição química dos agregados (Bagampadde *et al.*, 2005), as propriedades de forma dos agregados (Bessa, 2012), entre outros.

Em relação ao dano por umidade, sabe-se que aditivos melhoradores de adesividade comerciais à base de amina (chamados de DOPE) ou a Cal reduzem os danos causados pela ação da água. Quanto à deformação permanente, a curva granulométrica dos agregados e as propriedades reológicas do ligante são fatores cruciais para o bom desempenho da mistura. Já o trincamento por fadiga, por ser um defeito que ocorre a longo prazo, está ligado ao envelhecimento da mistura, sendo que a formação das microtrincas pode se dar no mástique ou na interface agregado-ligante.

Diversos estudos explicam com relativo sucesso algumas das características dos modificadores que são mais relevantes para combater determinado defeito específico dos revestimentos asfálticos, e.g., dano por umidade, deformação permanente e trincamento por fadiga. Não raro, um destes defeitos pode ser combatido, enquanto o outro fica facilitado por um dado modificador. A ideia do presente estudo é considerar o conjunto destes defeitos de modo a se possibilitar compreender melhor características ótimas dos modificadores que atuem razoavelmente no combate a estas três citadas falhas simultaneamente.

1.2. Objetivo Geral

Determinar como as modificações das misturas asfálticas influenciam no seu comportamento mecânico. Os objetivos específicos são:

- Investigar o efeito da umidade no módulo dinâmico, na deformação permanente e no trincamento por fadiga de ligantes e de misturas asfálticas.
- Determinar quais modificadores são melhores para o dano por umidade, a deformação permanente e o trincamento por fadiga de ligantes e misturas asfálticas.
- Investigar a incorporação do uso de resíduos plásticos em misturas asfálticas.

- Determinar se algum dos modificadores usados para melhorar uma propriedade da mistura pode interferir negativamente em outra.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lucas Júnior *et al.* (2019) discutiram os efeitos da adesividade no trincamento por fadiga de misturas asfálticas. Os autores concluíram que o melhorador de adesividade comercial (Dope) aumentou a vida de fadiga, sendo mais importante para amplitudes de deformação menores ($\leq 100\mu\text{m/m}$). Nesse mesmo estudo, os autores indicaram resultados promissores para resíduos de sacolas plásticas como um melhorador de adesividade e redutor dos danos por umidade.

Park *et al.* (2017) usaram aditivos anti-stripping (Dope) e notaram melhoria na resistência ao deslocamento da película asfáltica e à deformação permanente. No referido estudo, o uso de pó de calcário na mistura asfáltica não mostrou um efeito pronunciado na resistência à deformação permanente. Por sua vez, Lesueur *et al.* (2016) mencionaram que a Cal aumentou a resistência ao dano por umidade e retardou o envelhecimento do ligante. O aumento da rigidez do ligante pela adição da Cal foi apontado como responsável pela maior resistência à deformação permanente analisada em campo.

Hamedi *et al.* (2015) usaram o nano-óxido de zinco (ZnO_2) para melhorar a resistência ao dano por umidade. Concluiu-se que o ZnO_2 melhorou a adesão entre o ligante asfáltico e os agregados ácidos. Saltan *et al.* (2019) mencionaram que as nanopartículas de óxido de zinco tornaram as misturas asfálticas altamente resistentes à umidade. Teores de 5% de nanopartículas em relação ao peso do ligante tiveram melhores resultados quanto à deformação permanente, porém esse nanomaterial reduziu a vida de fadiga das misturas em relação ao ligante puro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais que serão utilizados na tese são apresentados na Figura 1. Serão usados dois tipos de agregados, fonolítico (F) e granítico (G), e um CAP 50/70 puro (P) como ligante base para todas as misturas. Serão utilizados três modificadores, o Dope (D), a Cal (C) e o nano-óxido de zinco (N) e investigar-se-á o aproveitamento dos resíduos plásticos (R). As denominações das misturas a investigar serão: (i) misturas de controle (F-P e G-P), (ii) misturas com dope (F-D e G-D), (iii) misturas com resíduos plásticos (F-R e G-R), (iv) misturas com Cal (F-C e G-C) e (v) misturas com nano-óxido de zinco (F-N e G-N).

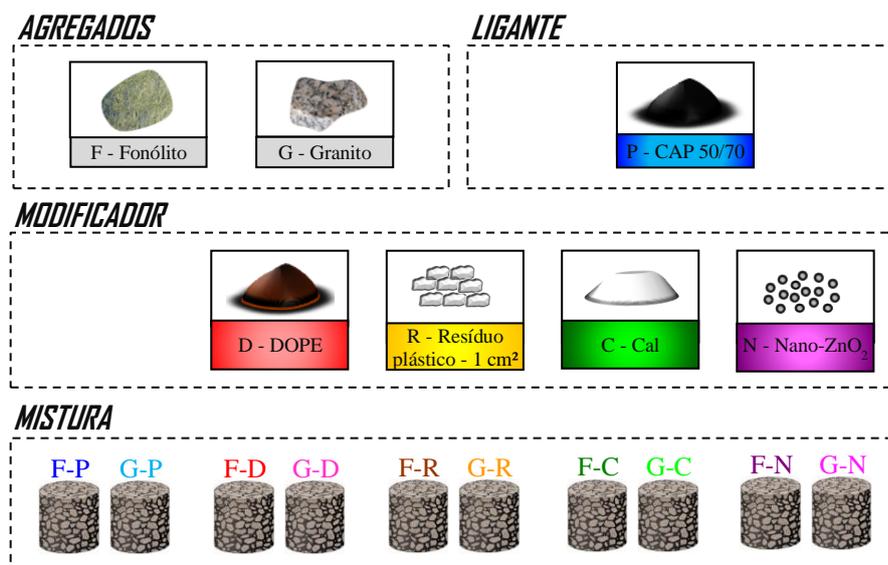


Figura 1: Materiais e nomenclatura das misturas

O CAP puro será modificado pelo Dope, pela Cal e pelo nano-óxido de zinco. Esses quatro ligantes serão denominados, P, D, C e N, respectivamente. As misturas serão dosadas de acordo com a metodologia Superpave. Serão fixados o máximo de parâmetros possíveis nessa etapa. Os agregados serão fracionados nas peneiras 19; 12,5; 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3; 0,15 e 0,075 mm e a curva granulométrica será a mesma para todas as misturas, bem como pretende-se manter o mesmo teor de CAP em todas as misturas, modificando-se o número de giros.

No ligante asfáltico, serão realizados os ensaios de *Multiple Stress Creep Recovery* (MSCR), módulo complexo por cisalhamento (conhecido também como *Frequency Sweep*, em diferentes temperaturas), Fadiga (deformação controlada), Adesividade analisada por Processamento Digital de Imagem (PDI) e *Asphalt Bond Strength* (ABS). Isso será feito em amostras secas e condicionadas à umidade. Nas misturas asfálticas, serão realizados os ensaios de Dano por umidade induzida, Módulo Dinâmico por Compressão Axial, e Fadiga a Tração/Compressão (com análise com modelo S-VECD - *Simplified Viscoelastic Continuum Damage*). A Tabela 1 mostra os ensaios que serão utilizados e as respectivas propriedades analisadas.

Tabela 1: Ensaios e suas respectivas propriedades de análise

	Norma	Ensaio	Propriedade investigada
Ligante	AASHTO M332	Multiple Stress Creep Recovery	Deformação permanente do ligante
	Protocolo UFC	Frequency Sweep	Rigidez do ligante
	Protocolo UFC	Fadiga	Fadiga do ligante
Interface	NBR 12583	Adesividade / PDI	Deslocamento da película asfáltica
	AASHTO TP 91	Asphalt Bond Strength	Adesão (força de arrancamento)
Mistura	NBR 15617	Dano por umidade induzida	Danos relacionados a umidade
	NBR 16505	Uniaxial de carga repetida	Deformação permanente da mistura
	AASHTO T 342	Módulo dinâmico – compressão axial	Rigidez da mistura
	AASHTO TP 107	Fadiga a tração/compressão	Vida de fadiga

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia é que a presente tese de doutorado seja dividida em artigos a serem submetidos para diferentes revistas. Neste conjunto, pretende-se contribuir para as seguintes questões:

- Relação da deformação permanente e do módulo dinâmico dos ligantes com suas respectivas misturas asfálticas.
- Efeito da umidade na deformação permanente e no módulo dinâmico e na fadiga de ligantes e de misturas asfálticas.
- Relação da vida de fadiga dos ligantes com suas respectivas misturas asfálticas.
- Influência dos modificadores no dano por umidade das misturas asfálticas.
- Efeito das modificações na vida de fadiga de misturas asfálticas.
- Efeito da frequência de carregamento na vida de fadiga de misturas asfálticas.
- Efeito da umidade na vida de vida das misturas asfálticas.
- Efeito da velocidade de carregamento (taxa de arrancamento) e da temperatura no ensaio *Asphalt Bond Strength*.
- Relação da adesividade com a deformação permanente, com o módulo dinâmico e com a fadiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO M332 (2018). Standard specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO TP 91 (2013). American Association of State and Highway Transportation Officials. Determining Asphalt Binder Bond Strength by Means of the Asphalt Bond Strength (ABS) Test.
- AASHTO TP 107 (2014). American Association of State Highway and Transportation Officials. Determining the damage characteristic curve of asphalt concrete from direct tension cyclic fatigue tests. Provisional standard, Washington.
- NBR 12583 (2017). Agregado Graúdo - Determinação da adesividade ao ligante betuminoso. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 15617 (2015). Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 16505 (2016). Misturas asfálticas: resistência à deformação permanente utilizando o ensaio uniaxial de carga repetida. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ.
- Babadopulos, L.F.A.L.A. (2014). Contribution to couple aging to hot mix asphalt (HMA) mechanical characterization under load-induced damage. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará.
- Bagampadde U., Isacson U., Kiggundu B.M. (2005). Influence of aggregate chemical and mineralogical composition on stripping in bituminous mixtures. *International Journal of Pavement Engineering* (6): 4, p. 229-239.
- Bessa, I. S. (2012). Avaliação do processamento digital de imagens como ferramenta para caracterização de agregados e misturas asfálticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará.
- Hamedí, G.H., Nejad, F.M., Oveisi, K. (2015). Estimating the moisture damage of asphalt mixture modified with nano zinc oxide. *Materials and Structures*, 49(4), 1165–1174. doi:10.1617/s11527-015-0566-x
- Lucas Júnior, J.L.O., Babadopulos, L.F.A.L., Soares J.B. (2019) Moisture-induced damage resistance, stiffness and fatigue life of asphalt mixtures with different aggregate-binder adhesion properties. *Construction and Building Material* 216: 166-175.
- Kandhal, P.S.; Rickards, I.J. (2001). Premature failure of asphalt overlays from stripping: Case Histories: NCAT Report 01-01, National Center for Asphalt Technology (NCAT): Auburn University, Auburn.
- Lesueur, D., Denayer, C., Ritter, H.J., Kunesch, C., Gasiorowski, S., D'alto, A. (2016). The use of hydrated lime in the formulation of asphalt mixtures: European case studies. E&E Congress 2016: 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 1-3 June 2016, Prague, Czech Republic.
- Park, D.W., Seo, W.J., Kim, J., Vo, H.V. (2017). Evaluation of moisture susceptibility of asphalt mixture using liquid anti-stripping agents. *Construction and Building Materials*, 144, 399-405. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.214
- Saltan, M., Terzi, S., Karahancer, S. (2019). Mechanical Behavior of Bitumen and Hot-Mix Asphalt Modified with Zinc Oxide Nanoparticle. *Journal of Materials in Civil Engineering* 31(3). doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002621