

ESTUDO DA TÉCNICA DA RECICLAGEM A FRIO UTILIZANDO ESPUMA DE ASFALTO

William Monteiro de Andrade
Jorge Barbosa Soares
Suely Helena de Araújo Barroso
Universidade Federal do Ceará
Laboratório de Mecânica dos Pavimento

RESUMO

A pesquisa foi motivada pela existência de poucas pesquisas referentes, no Brasil, ao tema de reciclagem a frio utilizando a espuma de asfalto como estabilizante da mistura reciclada, com incorporação da base. Serão utilizados um material fresado proveniente dos serviços de restauração da malha viária da cidade de Fortaleza, estado do Ceará, bem como uma base de solo brita e um CAP-50/70 para a obtenção da mistura reciclada. Os materiais estão sendo caracterizados e serão moldados corpos de prova com 1%, 2%, 3% e 5% de espuma de asfalto. Serão realizados ensaios de módulo de resiliência, Índice de Suporte Califórnia, resistência à tração, bem como uma análise com um programa computacional que utilizará os valores do módulo de resiliência das misturas recicladas como dados de entrada para a análise. Visa-se assim, avaliar a viabilidade da técnica da reciclagem a frio, utilizando a espuma de asfalto, nas rodovias do Ceará.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A reciclagem de pavimento pode ser definida como uma técnica de reparação, onde ocorre o reaproveitamento total ou parcial do material fresado, com adição ou não de outros materiais e construção de nova camada, com características que atendam às especificações de projeto. O material obtido da fresagem de pavimentos asfálticos é conhecido na literatura internacional como RAP (Reclaimed Asphalt Pavement).

Mesmo em locais com ocorrência de agregados pétreos, a reciclagem é importante, uma vez que pode reduzir o custo devido ao transporte de materiais. Outro fator que torna a reciclagem atrativa é quando não se dispõe de local adequado para depositar o material removido do pavimento deteriorado devido às restrições impostas pela legislação ambiental (ASPHALT INSTITUTE, 1983).

A partir da crise do petróleo, que ocorreu nos anos 70, os técnicos rodoviários internacionais, juntamente com os órgãos de fomento, atentaram para a ideia de reprocessar os materiais de pavimentação das pistas que se encontravam deterioradas. Para tanto, utilizaram a técnica da reciclagem com o objetivo de restaurar as condições de trafegabilidade das vias (BONFIM, 2010).

No Japão, a reciclagem de pavimentos tem sido vista como o método do futuro quanto à manutenção das vias. Aproximadamente 90% do material fresado de capa asfáltica é reciclado e reaproveitado na pavimentação (TAKAHASHI *et al.*, 2002). Nos Estados Unidos cerca de 80% de toda a massa asfáltica nova contém material fresado, trazendo economia quanto ao consumo de energia, CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) e novos agregados (DELLABIANCA, 2004).

Dados publicados por David (2006), apresentam valores aproximados de produção e reciclagem desses materiais para alguns países da Europa. Países como a Holanda e a Dinamarca que até o ano 2000 possuíam 0,12 e 0,53 milhões de toneladas, respectivamente, de material fresado, são capazes de reciclar 100% desse montante. A Alemanha, que produziu

13,2 milhões de toneladas de fresado, reaproveitou 55% dessa produção e a Suécia reutilizou 95% das 0,88 milhões de toneladas de material fresado que produziu. Na Itália, segundo Bocci *et al.* (2010), a técnica da reciclagem começou a ser empregada na década dos anos 70 e, no ano 2000, já havia sido atingida a quantidade de 2 milhões de toneladas de material fresado reciclado.

No Brasil, segundo Pinto (2002), os primeiros serviços de fresagem ocorreram no estado de São Paulo a partir de 1980 e a primeira grande obra de reciclagem em usina teve início em 1986 pela DERSA-SP, em trechos da Via Anhanguera, entre São Paulo e Campinas, num total de 90km. Naquela ocasião foi adotada uma fresagem de capa asfáltica, com posterior reciclagem em usina *drum mix*. Entretanto, a primeira máquina recicladora chegou ao país em meados da década dos anos 90. Podem-se destacar ainda alguns trabalhos sobre a técnica da reciclagem a frio com utilização da espuma de asfalto como estabilizante da mistura reciclada como os de Pinto (2002), Castro (2003) e Barreta (2011).

Pinto (2002) baseou seus estudos na análise de dois trechos experimentais, um da rodovia BA-535, no município de Camaçari na Bahia, e outro em um trecho da rodovia RJ-106 que liga os municípios de Tribobó a Maricá, no Rio de Janeiro. Foi analisado o comportamento das misturas recicladas e produzidas no laboratório de espuma de asfalto por meio de ensaios de resistência à tração por compressão diametral, ensaios de módulo de resiliência e ensaios de comportamento à fadiga. Esse autor também propôs um procedimento para projeto de misturas no laboratório com espuma de asfalto com o objetivo de determinar o teor ótimo.

Castro (2003) relatou os resultados das características físicas e mecânicas de misturas recicladas com espuma de asfalto executadas em algumas obras no Brasil e apresentou o acompanhamento de uma obra executada na rodovia RJ-106. Foi construído um trecho teste com três teores de espuma, concluindo-se que o aumento do teor de espuma conferiu um ganho de resistência à tração por compressão diametral e de módulo de resiliência para as misturas utilizadas.

Barreta (2011) realizou um estudo comparativo, em uma pista experimental, entre duas tecnologias diferentes da reciclagem de pavimento asfáltico com espuma de asfalto para utilização em camada de base de pavimento: o método tradicional utilizando o equipamento Wirtgen 2500 e com a utilização de um equipamento novo denominado KMA 200 em usina móvel.

Observou-se, na literatura consultada, que existem poucas pesquisas referentes ao tema de reciclagem a frio, utilizando a espuma de asfalto como estabilizante da mistura reciclada, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Esse tema despertou o interesse da comunidade acadêmica local para aprofundar o seu conhecimento de modo a permitir sua maior difusão no meio rodoviário regional. Sendo assim, o objetivo geral deste estudo é avaliar a viabilidade da técnica da reciclagem a frio com espuma de asfalto para rodovias do estado do Ceará.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração da presente dissertação, pretende-se investigar o comportamento de bases granulares provenientes da reciclagem a frio em usina com espuma de asfalto de material fresado. Para tanto, serão empregados os seguintes materiais: (a) uma brita e um solo para elaboração, em laboratório, de uma base de solo-brita que possa ser comparada com uma base

constituída por material fresado com espuma de asfalto; (b) um CAP 50/70, produzido pela Petrobras/Lubnor, que será utilizado para a concepção da espuma de asfalto e (c) um material fresado originado do serviço de fresagem de diversas ruas da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Resolveu-se comparar o comportamento da base de material fresado com espuma de asfalto com uma base de solo-brita (35% de solo + 65% de brita) em razão deste tipo de solução ser comumente empregada em bases de rodovias do estado do Ceará. O solo e a brita foram provenientes do município de Caucaia (localizado na RMF) e foram realizados os ensaios de caracterização (DNER-ME 041/94), granulometria (DNER-ME 051/94), compactação (DNER-ME 162/94), índice de suporte Califórnia (DNER-ME 049/94) e módulo de resiliência (DNER-ME 131/94).

Para caracterização do material fresado foi determinado o teor de betume pela norma DNER-ME 053/94. Os agregados oriundos do fresado foram caracterizados com relação à granulometria (DNER-ME 051/94) e à densidade (DNER-ME 081/91).

O procedimento de tratamento da mistura reciclada com espuma de asfalto será executado em um equipamento móvel de laboratório que pertence à empresa FREMIX. Esse equipamento é o WLB 10 S da Wirtgen, ajustado para produzir espuma de asfalto nos teores de 1% (M1), 2% (M2), 3% (M3) e 5% (M5). Para cada diferente mistura reciclada (M1, M2, M3 e M5) será utilizada a relação entre a resistência à tração indireta úmida (após condicionamento obtido por imersão do corpo de prova por 24 horas), sobre a resistência à tração indireta seca (sem condicionamento prévio). Estas resistências devem ser obtidas à temperatura de 250°C, através do ensaio de compressão diametral dos corpos-de-prova conforme prescreve a norma ETS 02/2009 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

Após a etapa experimental de fabricação dos dois tipos de base será realizada uma análise com o programa computacional CAP3D (*Computational Analysis of Pavements – 3D*), idealizado por Holanda *et al.* (2006), com o intuito de se obter a resposta estrutural em pontos críticos do pavimento. O CAP3D é um programa para análise numérica baseado no Método dos Elementos Finitos (MEF), desenvolvido utilizando a técnica de Programação Orientada a Objetos (POO). Os valores do módulo de resiliência das misturas recicladas com diferentes teores de espuma de asfalto e da base de solo-brita servirão como dados de entrada no programa para a realização da análise. Dessa forma, será possível avaliar que tipo de influência diferentes teores de espuma de asfalto exercem sobre o deslocamento vertical na superfície, as tensões verticais no subleito e as tensões de tração da mistura reciclada.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Após a realização dos procedimentos anteriormente descritos, espera-se ter maiores subsídios para avaliar a viabilidade técnica do uso da reciclagem a frio com espuma de asfalto para rodovias do estado do Ceará. Espera-se também definir o melhor teor de espuma de asfalto a ser utilizado em bases de rodovias do estado, bem como encontrar o melhor ensaio de caracterização dos materiais constituintes da base reciclada com espuma de asfalto e, deste modo, entender melhor o processo construtivo deste tipo de base.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asphalt Institute (1983) *Asphalt Cold-Mix Recycling*. Maryland, Manual Series N° 21 (MS-21). 68p.
- Barreta, A. C. e Fortes, R. M. (2011) *Estudo comparativo da utilização de duas tecnologias diferentes na reciclagem de pavimento asfáltico com espuma de asfalto para utilização em camada de base*. VII Jornada de Iniciação Científica. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- Bocci, M.; Canestrari, F.; Grilli, A.; Pasquini, E. e Lioi, D. (2010) *Recycling Techniques and Environmental Issues Relating to the Widening of an High Traffic Volume Italian Motorway*. In: International Journal of Pavement Research and Technology.
- Bonfim, V. (2010) *Fresagem de Pavimentos Asfálticos*. Editora Fazenda Arte, São Paulo, 3^a edição, 127 p.
- Castro, L. N. (2006) *Reciclagem à Frio "in situ" com Espuma de Asfalto*. 2003. Tese Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- David, D. (2006) *Misturas Asfálticas Recicladas a Frio. Estudo em Laboratório Utilizando Emulsão e Agente de Reciclagem Emulsionado*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- Dellabianca, L. M. A. (2004) *Estudo do comportamento de material fresado de revestimento asfáltico visando sua aplicação em reciclagem de pavimentos*. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 110p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER/SP (2006) *Especificação técnica - sub-bases e bases estabilizadas granulometricamente*. São Paulo.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER ME 041 (1994) *Solos – Preparação de amostras para ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER ME 049 (1994) *Solos – Determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas*. Método de Ensaio. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER ME 054 (1994) *Misturas Betuminosas – Percentagem de betume*. Método de Ensaio. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER ME 051 (1994) *Solos – Análise granulométrica*. Método de Ensaio. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER ME 162 (1994) *Solos – Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas*. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT (2010) *Pavimentação - Solos - Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT (2010) *Pavimentação – Misturas Asfálticas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Holanda, A. S.; Parente JR, E.; Araújo, T. D. P.; Melo, L. T. B.; Evangelista JR, F. e Soares, J. B. (2006). *Finite Element Modeling of flexible pavements*. In XXVII Iberian Latin-American Congress on computational Methods in Engineering (CILAMCE), Belém, Pará.
- Pinto, I. E. *Estudo das características físicas e mecânicas de misturas recicladas com espuma de asfalto*. 2002. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO – ETS-02/2009 *Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto*. São Paulo.
- Takahashi, O; Hachiya, Y. e Yamaguchi, S. Applicability of Recycled Asphalt Mixtures with the Thick-Lift Method for Full-Depth Pavement of Airport Runways. International Journal of Pavements, Mississippi, pp. 35-44, 2002.