



CORPOS-DE-PROVA EM ESCALA REDUZIDA DE ASFALTO COMPOSTO DE MADEIRA

Johnny Gilberto Moraes Coelho – johnny@ufpa.br
Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da UFPA
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá.
CEP 66075-110 – Belém – Pará.

João Guilherme Mota de Sousa – joao@ufpa.br
Faculdade de engenharia Civil da UFPA
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá.
CEP 66075-110 – Belém – Pará.

Carmen Gilda Barroso Tavares Dias – cgbtd@ufpa.br
Programa de Pós-graduação em engenharia Mecânica da UFPA
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá.
CEP 66075-110 – Belém – Pará.

José Antônio da Silva Souza – jass@ufpa.br
Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da UFPA
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá.
CEP 66075-110 – Belém – Pará.

Resumo: *Para ensino em engenharia, o método proposto nesse trabalho facilita e acelera a execução prática de corpos-de-prova em laboratório, visando a economia de materiais de jazida e diminuindo os custos, dando enfoque a conscientização de sustentabilidade, onde a tendência é reaproveitar materiais que levam anos para deteriorar. Assim, a aplicação de madeiras utilizados em mistura asfáltica é o principal objetivo deste trabalho. A metodologia obedece as seguintes etapas: (1) cisalhamento e diminuição de partícula da madeira tipo tatajuba (*Bagassa guianensis*) e jatobá (*Hymenaea sp.*); (2) mistura com cimento asfáltico de petróleo (CAP); (3) confecção de corpos-de-prova de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) segundo a dosagem Marshall de escala reduzida. Nos ensaios mecânicos de compressão radial, houve ganho de estabilidade para amostras com valores de 3%, 4,5% e 6% de tatajuba para 7% de asfalto, porcentagem essa referente ao peso total. Para a madeira jatoba prevaleceu maiores resistências a valores de 3%, 4,5% e 6% de madeira jatobá com 7,5% CAP em peso. Desta forma, a viabilidade de aplicação do compósito asfalto/madeira para esse estudo é satisfatória e ambientalmente correta, quando trata-se de reutilização de materiais que possam substituir materiais de jazidas naturais.*

Palavras-chave: *Cimento asfáltico de petróleo, Tatajuba, Jatobá, CBUQ.*



1. INTRODUÇÃO

Para ensino em engenharia, a melhor forma de trabalhar com corpos-de-prova de asfalto é facilitando e acelerando a obtenção dos mesmos em laboratório. Assim como há cada vez mais a necessidade da conscientização ambiental e da economia de materiais de jazida, por consequência, diminuindo os custos.

Materiais ecologicamente corretos ou ditos materiais ecológicos, que são destinados para a indústria da construção civil e para a indústria moveleira vem sendo amplamente pesquisados por várias vertentes. É possível encontrar uma versão reciclada de praticamente qualquer material de construção. Arquitetos e engenheiros estão cada vez mais insistindo em materiais que oferecem maior vida útil e menores custos de reparação e manutenção. Além disso, há uma pressão para utilizar materiais que podem ser reciclados e, produzidos numa base sustentável (EVANS, *et al.* 2005).

A viabilidade econômica da reciclagem depende muito da aplicação. Em geral, os materiais virgens têm uma vantagem sobre o controle de qualidade de materiais reciclados. Mas a viabilidade econômica da reciclagem aumenta com o tempo, matérias-primas virgens se tornaram cada vez mais escassas e os custos de eliminação de restos de construção e outros resíduos continuam a aumentar. Nos últimos anos, houve uma proliferação da Green Building e princípios de desenvolvimento de sustentabilidade, que modificam o quadro econômico em favor da preservação do meio ambiente. Basicamente, às autoridades governamentais terão que nivelar a produção e os produtos lançados no mercado, mantendo os produtores responsáveis pelos custos associados com a disposição de seus produtos, e se estes estão associados a reutilização, reciclagem ou aterro. Em muitos países europeus, já é lei os fabricantes projetar seus produtos com os custos do reaproveitamento em mente. Em outras palavras, todo aquele que polui, paga pela limpeza do local (MEYER, 2005).

Quando falamos de aproveitamento de resíduos, a tendência é reaproveitar materiais que levam anos para deteriorar. Assim, a aplicação desse tipo de materiais utilizados em mistura asfáltica, por exemplo, com outros materiais tipo seixo, areia, materiais pétreos, cimentos, são comuns (AL-HADIDY, 2009a). Entre eles temos alguns termoplásticos pós-consumo, elastômeros e entulhos de obras, utilizados na substituição ou composição dos materiais de pavimentação (AL-HADIDY, 2009b).

Para as indústrias madeireiras é conveniente e necessário o aproveitamento dos resíduos de madeira, pois estes contribuem para menores custos de movimentação, redução nos custos de produção, maior eficiência na utilização da matéria-prima e redução de áreas de estocagem. Em média a produção de uma madeireira chega a ser 15.000 m³ de madeira ao ano, e 30% dessa madeira é estocada em armazéns (GOMES e SAMPAIO, 2004).

A possibilidade de utilização de resíduos sólidos proveniente da madeira, na forma de serragem, que são comumente descartados em lixões, aterros sanitários, rios, pátios de indústrias entre outros, ocasionando dano à qualidade ambiental, foi o que motivou este trabalho. Assim como à grande demanda de veículos nas grandes cidades, a necessidade das camadas asfálticas suportarem maiores tensões é cada vez mais necessária. A adição de fibras naturais para modificar asfaltos e dar suporte ao pavimento asfáltico vem se tornando cada vez mais comum.

O objetivo desse trabalho é desenvolvimento de corpos-de-prova de asfalto com resíduo de madeira na qual se aplica um novo método de confecção de corpos-de-prova utilizando

materiais ecológicos em asfaltos através de trabalhos feitos no laboratório de ecocompositos da engenharia mecânica (UFPA).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O ligante asfáltico utilizado foi o CAP 50/70 (A) produzido pela PETROBRAS em sua refinaria localizada em Fortaleza, Ceará (LUBNOR) foi submetido aos ensaios de viscosidade Saybolt Furol, densidade, ponto de amolecimento, penetração e ponto de fulgor (ver Tabela 1).

Tabela 1 - Características físicas do CAP 50/70 (COELHO, 2009).

| Ensaio | Métodos | Resultado |
|---------------------------------------|--------------------|-----------|
| Penetração (0,1mm) | DNER - ME 003/93 | 58 |
| Viscosidade Saybolt a 160 °C (seg.) | DNER - ME 004/94 | 92 |
| Massa Específica (g/cm ³) | DNER - ME 193/96 | 1,03 |
| Ponto de amolecimento (°C) | ABNT - NBR 6560/85 | 52 |
| Ponto de fulgor (°C) | DNER - ME 148/94 | <340 |

Os agregados, seixo e areia branca de cava, foram extraídos de uma jazida localizada no município de Ourém no Estado do Pará, Brasil. O seixo (S) que passa na peneira de malha quadrada n° 04 e a areia branca (Ab) de cava que passa na peneira n° 40.

As madeiras, do tipo tatajuba (*B. guianensis*) (T) e Jatobá (*Hymenaea sp.*), foram cominuídas através do moinho com almofariz/pistilo motorizado, modelo MA-590, em uma frequência de 6 Hz e tempo de 71 minutos. As madeiras apresentaram granulometria passante na peneira de malha quadrada n° 100.

Misturas betuminosas foram feitas em moldes metálico confeccionado a partir de cálculo da redução do diâmetro do molde de corpos-de-prova convencional Marshall, convencionou-se chamar de mini Marshall para este artigo, devido a semelhança dos mesmos com os corpos-de-prova confeccionados segundo a norma DNER-ME 043/95, misturas betuminosas a quente, ensaio Marshall. Em Figura 1, os moldes metálicos de corpos-de-prova.



Figura 1 – Mini Marshall, Compactador (A) e Moldes (B)

Foram obtidas as seguintes dosagens (D) equivalentes a 20g de amostra total dividido em percentagens de material, como mostra a Tabela 2. A mistura betuminosa foi feita seguindo a norma DNER-ME 043/95, a temperatura de 180°C. Pré-misturas foram inseridas ao CAP 50/70 via úmida.

Tabela 2 - Dosagem mini Marshall com 3%, 4,5% e 6% de pré-misturas com tatajuba (T) e jatobá (J).

| D (%) | ₃ C ⁷ | _{4,5} C ⁷ | ₆ C ⁷ | ₃ C ^{7,5} | _{4,5} C ^{7,5} | ₆ C ^{7,5} | ₃ C ⁸ | _{4,5} C ⁸ | ₆ C ⁸ |
|-------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| S | 48,00 | 47,75 | 47,00 | 47,50 | 47,50 | 46,75 | 48,00 | 47,25 | 46,50 |
| Ab | 42,00 | 40,75 | 40,00 | 41,50 | 40,50 | 39,75 | 41,00 | 40,25 | 39,50 |
| A | 7,00 | 7 | 7,00 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| T e J | 3,00 | 4,50 | 6,00 | 3,00 | 4,50 | 6,00 | 3,00 | 4,50 | 6,00 |

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência máxima a compressão radial baseado na norma DNER-ME 043/95, em prensa universal do modelo DL5.000, eletromecânica, microprocessada, com capacidade máxima 5 kN, para a obtenção dos valores de força máxima em Newton versus o deslocamento obtido pelo programa da prensa universal para observação da deformação total, expressa em milímetros. Na Figura 2, o molde a compressão de tamanho reduzido, baseado na norma DNER-ME 043/95.

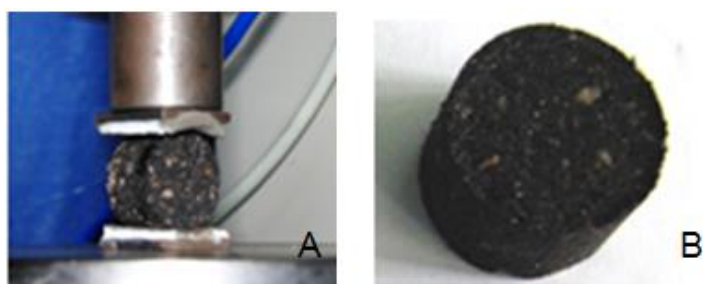


Figura 2 – Mini Marshall, molde a compressão radial

A velocidade de ensaio foi de 50 mm/min., para finalização do ensaio foi computado um limite de força de 1.226 N e limite de deslocamento de 18 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os agregados constituintes da mistura asfáltica ficaram bem envolvidos pelo ligante, devido a diminuição da granulometria, uma maior percentagem de finos foi absorvida a princípio pelo CAP 50/70. A amostra teve que ser submetida ao calor de 177°C para mistura e confecção das amostras mini Marshall.

Os resultados dos parâmetros de estabilidade mini Marshall, resistência máxima à compressão radial, referente aos corpos-de-prova de tatajuba (Figura 3A) e jatobá (Figura 3B); e fluência dos corpos-de-prova, que corresponde à deformação total apresentada pelo corpo-de-prova desde a aplicação da carga inicial nula até a aplicação da carga máxima, de tatajuba (Figura 4A) e jatobá (figura 4B).

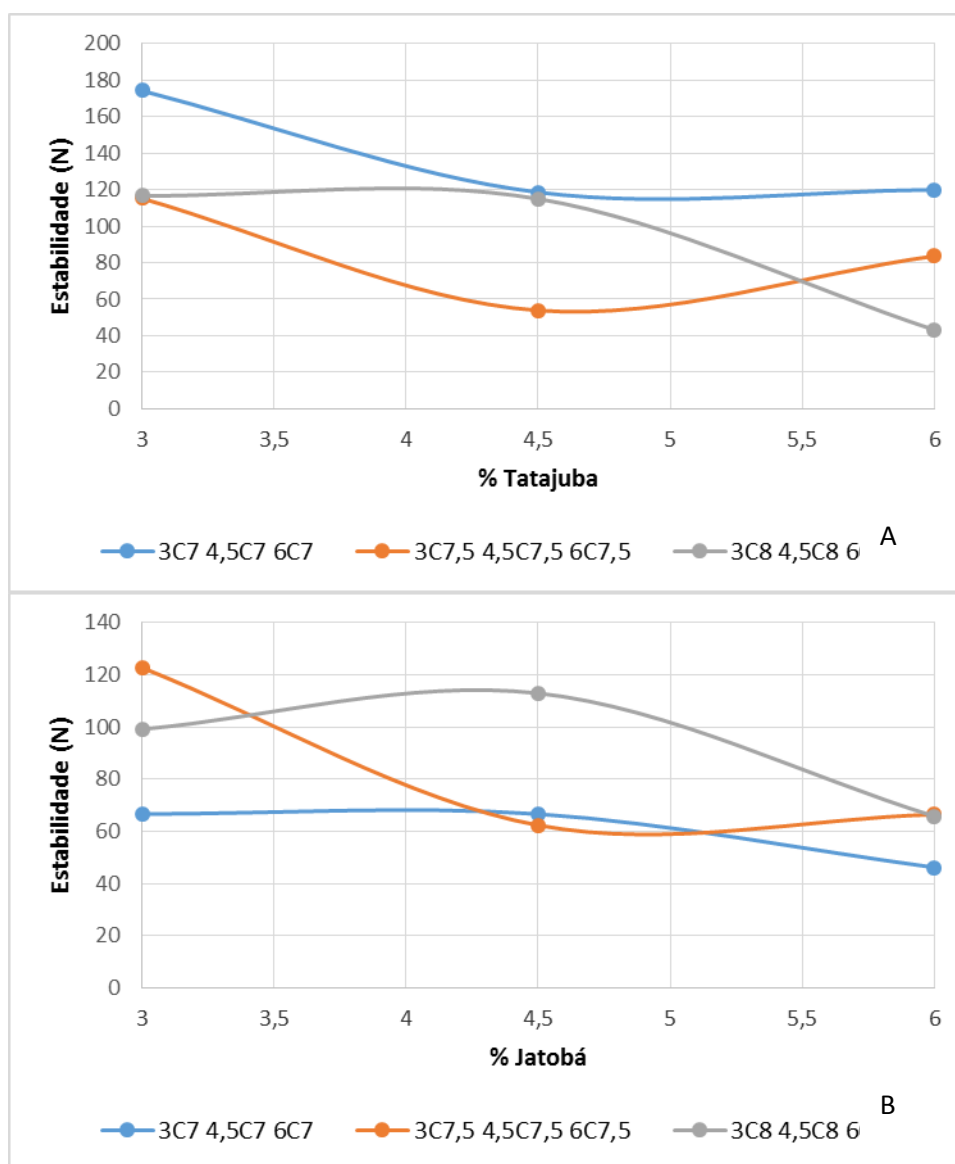


Figura 3 – Estabilidade Mini Marshall de madeira tatajuba (A) e jatobá (B)

Nos gráficos da Figura 3A, quanto menor a porcentagem de CAP 50/70 nas porcentagens de madeira tatajuba na mistura, maior é maior resistência. No gráfico da Figura 3B, houve um comportamento melhor a 4,5% de CAP 50/70 nas porcentagens de madeira jatoba na mistura, onde podemos encontrar maior resistência dos compostos.

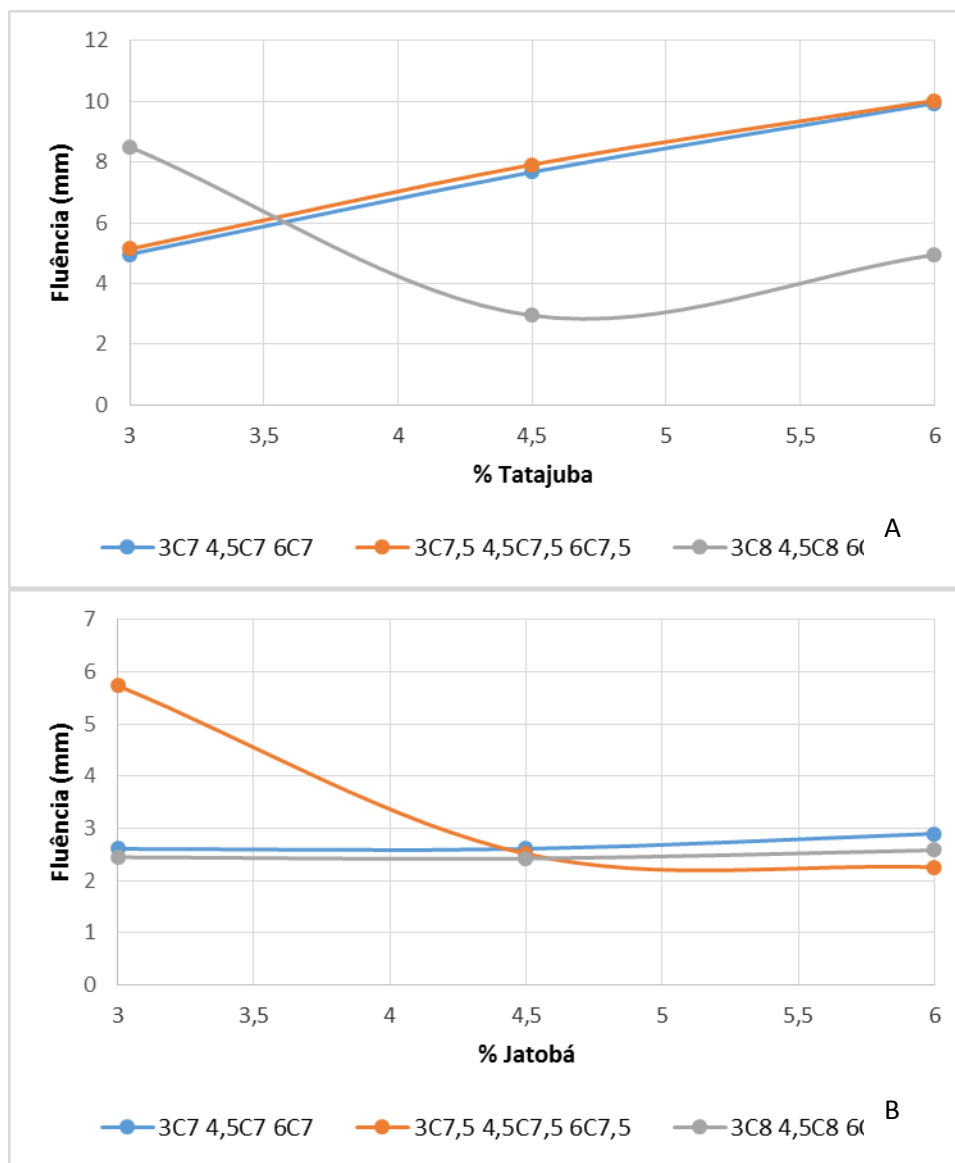


Figura 4 – Fluência Mini Marshall de madeira tatajuba (A) e jatobá (B)

Em corpos-de-prova mini Marshall, a fluência corresponde à deformação total do corpo-de-prova até os valores de resistência máxima a compressão, porém os valores de fluência não possuem alguma relação aos valores de resistência máxima, pode-se observar na Figura 4, depende muito mais da mistura ligante/agregados e do controle da compactação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O composto de madeiras inseridas no ligante asfáltico CAP 50/70 auxilia no acréscimo de resistência a compressão entre os corpos-de-prova analisados.



O método de confecção de corpos-de-prova em escala reduzida é prático, facilita e acelera a obtenção dos mesmos em laboratório; em comparação ao método Marshall convencional (DNER-ME 043/95); desta forma, obtém-se resultados de resistência à compressão de forma mais rápida.

A utilização do resíduo de madeira tatajuba e jatobá são importantes para mitigar impactos ocasionados ao ambiente e uma alternativa de aplicação de materiais pós-consumo em asfaltos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos que trabalham no laboratório de eco-compósitos da engenharia Mecânica na UFPA e do laboratório de asfalto da UFPA.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HADIDY, A.I.; -QIU, T.Y. Effect of polyethylene on life of flexible pavements. *Construction and Building Materials*, v.23, n.3, p. 1456–1464, 2009b.

AL-HADIDY, A.I.; -QIU, T.Y. Mechanistic analysis of ST and SBS-modified flexible pavements. *Construction and Building Materials*, v.23, n.8, p. 2941–2950, 2009a.

COELHO, J.G.M. Estudo da Mistura Betuminosa para a Pavimentação do Aeroporto de Conceição do Araguaia no Estado do Pará. *Anais: IV – Congresso de Pesquisa e Inovação da rede Norte e Nordeste de Educação tecnológica*, Belém, IFPA: 2009.

EVANS, P.; CHOWDHURY, M.J.; MATHEWS, B.; SCHMALZL, K.; AYER, S.; KIGUCHI, M.; KATAOKA, Y. Chapter 14 - Weathering and surface protection of wood. *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, p. 277-297, 2005.

GOMES, J.I.; SAMPAIO, S.S. Aproveitamento de Resíduos de Madeira em Três Empresas Madeireiras do Estado do Pará. *Embrapa - Comunicado Técnico 102*, 2004.

MEYER, C. *Concrete as a Green Building Material*. Columbia University. New York: NY, 2005.



SMALL-SCALE SPECIMENS OF WOOD COMPOSITE ASPHALT

Abstract: *Abstract: A engineering education method proposed in this work facilitates and accelerates the implementation in practice of specimens in laboratory, aimed at saving materials deposit and reducing costs, focusing the awareness of sustainability, where the trend is to reuse materials that take years to degrade. Thus, the application of wood used in the asphalt mix is the main objective of this work. The methodology follows the following steps: (1) shear and decreased particle wood type tatajuba (*Bagassa guianensis*) and jatoba (*Hymenaea sp.*), (2) mixed with asphalt binder (AC), (3) making specimens machined hot bituminous concrete (HMA) according to the dosage Marshall in small scale. In the Marshall compression tester, there gain stability for the samples with values of 3%, 4.5% and 6% to 7% tatajuba in asphalt, that percentage of the total weight. For wood Jatoba prevailed higher resistance to values of 3%, 4.5% and 6% wood cap jatobá 7.5% by weight. Thus, the feasibility of application of composite asphalt/wood for this study is satisfactory and environmentally correct, when it is re-using materials that can replace materials from natural deposits.*

Key-words: *Asphalt binder, Tatajuba, Jatoba, HMA.*