

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA EM
MISTURAS ASFÁLTICAS USINADAS À QUENTE: MÓDULO DE
RESILIÊNCIA E TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL¹
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE VARIATION IN HOT-
MIXED ASPHALTIC MIXTURES: DIAMETRAL COMPRESSION
RESILIENCE AND DRIVE MODULE**

**Alessandra Caroline Moellmann Lautharte², André Luiz Bock³, Alessandra
Ponciano⁴, Carla Letícia Hunhoff⁵**

¹ Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil.

² Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, ale_lautharte@hotmail.com

³ Professor Doutor em Engenharia Civil, Orientador, andrebock.eng@gmail.com

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI,
poncianoalessandra@yahoo.com.br

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, carlaleticiabvb@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Atualmente as rodovias têm grande importância para o desenvolvimento social e econômico do país. De acordo com a CNT (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES, 2016), a malha rodoviária brasileira possui uma extensão de 211.468,3 km de rodovias pavimentadas e 1.351.978,1 km não pavimentadas. Uma pesquisa realizada pela mesma mostra que 57,4% das estradas apresentam-se em condições gerais regulares, ruins ou péssimas e 42,6% são consideradas ótimas ou boas.

Os pavimentos não estão sujeitos somente às ações das cargas do tráfego. O meio físico à sua volta também exerce ação sobre sua vida útil e, portanto, não deve ser ignorado. Estas ações (clima e tráfego), em conjunto, formam os principais fatores que impõem uma vida útil limitada aos pavimentos (MEDINA, 1997 *apud* FRANCO, 2007).

O presente estudo teve como finalidade verificar e analisar como a variação de temperatura afeta o comportamento estrutural do pavimento durante a sua vida útil, por meio de ensaios laboratoriais de resistência à tração por compressão diametral e módulo de resiliência.

REVISÃO DA LITERATURA

Compete ao revestimento asfáltico resistir diretamente à repetição das cargas dos diferentes tipos de veículos. A combinação dessas solicitações resulta na fadiga inevitável da mistura asfáltica. Este fenômeno é levado em conta no dimensionamento de um pavimento através da determinação de modelos que associam o número de repetições de carga com o estado de tensões aplicado (MOTTA, 1991).

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral é realizado conforme com a Norma

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

DNER-ME 138/94. A finalidade do ensaio é determinar a resistência à tração de corpos de prova cilíndricos de misturas (LIMA, 2003).

Conforme Núñez *et al.* (2007), o módulo de resiliência é uma condição importante na determinação do dimensionamento racional dos pavimentos, estando intimamente ligado ao projeto da mistura. Cita ainda que é a razão entre a tensão de tração e a equivalente deformação específica recuperável, quando as misturas asfálticas são submetidas a carregamentos atuantes de curta duração.

A relação entre o valor da resistência à tração do material e do módulo de resiliência tem sido utilizada na dosagem de misturas asfálticas, pois quanto mais rígido, maior é a sua capacidade como camada de reter esforços no próprio material, ampliando o efeito de placa da camada, causando maiores tensões de tração no material. Assim, o aumento do módulo de resiliência da camada não traz nenhuma vantagem sem o adequado aumento de sua resistência, pois para diminuir as tensões de tração na fibra inferior, é necessário aumentar a espessura da camada (BALBO, 2007).

A má execução do projeto, falha na seleção dos materiais ou problemas construtivos podem causar a degradação prematura dos revestimentos. Fatores de deterioração dos revestimentos a médio e longo estão relacionados à ação do tráfego e as solicitações climáticas (variação de temperatura e teor de umidade). Incluindo as inadequações ou até mesmo a inexistência de programas de conservação e manutenção dos revestimentos, fatores que originam defeitos mais severos nos pavimentos, prejudicando o conforto e a segurança dos usuários (BOCK, 2012).

METODOLOGIA

No Brasil, grande parte dos projetos de misturas asfálticas é realizada utilizando a metodologia Marshall, onde se segue a norma DNER-ME 043/95. Primeiramente, foi feita a obtenção da mistura asfáltica pronta em uma usina situada na região noroeste do Rio Grande do Sul. Utilizou-se o projeto da mistura asfáltica da usina, este sendo classificado como Faixa A DAER-ES-P 16/91. O material foi separado em amostras de 1300 g e reaquecido a uma temperatura de 140°C.

A compactação das amostras foi realizada com o compactador manual tipo Marshall. A mistura foi compactada em três camadas dentro de um molde de aço pré-aquecido. A energia de compactação utilizada foi de 75 golpes por face. Durante todo o processo houve um grande cuidado para que as amostras moldadas estivessem dentro do limite do volume de vazios estipulado, o valor de projeto utilizado foi de 4%.

Definiu-se que no ensaio de resistência à tração por compressão diametral os corpos de prova seriam submetidos durante duas horas a um condicionamento nas temperaturas de 5°C, 15°C, 25°C e 35°C em banho maria. Para o ensaio para a determinação da resistência à tração por compressão diametral nas amostras com diâmetro 10 cm e altura variável, moldadas através do método de Dosagem Marshall, foram seguidas as disposições da Norma DNER-ME 138/94, que baseia-se na aplicação de uma carga estática de compressão distribuída ao longo de duas geratrizes opostas, a fim de se obter as tensões de tração através do diâmetro horizontal,

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

perpendicularmente à carga.

De acordo com Specht (2004), o ensaio de módulo de resiliência é determinado seguindo as indicações da Norma do DNER-ME 133/94: Misturas betuminosas - Determinação do módulo de resiliência. O equipamento utilizado para o ensaio é constituído por uma estrutura metálica, um pistão que proporciona um carregamento repetido pulsante com auxílio de um dispositivo pneumático, acoplado a um regulador de tempo e frequência de 1Hz.. O equipamento funciona dentro de uma câmara com temperatura controlada. Foram utilizados corpos de prova de 10,0 cm de diâmetro e altura variável.

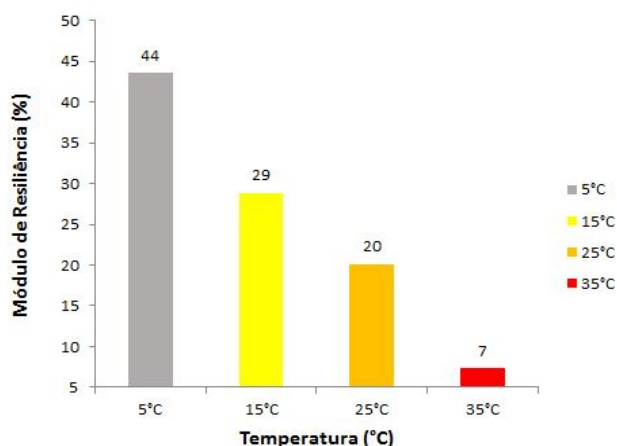
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir correspondem a uma mistura asfáltica (CA) produzida em uma usina localizada na Região do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Apresenta-se a seguir uma análise comparativa entre as propriedades mecânicas da mistura asfáltica submetidas a temperaturas de 5°C, 15°C, 25°C e 35°C. A Figura 1 apresenta os valores médios de módulo de resiliência, referente à 1ª e 2ª leitura. Pode-se constatar que utilizando a amostra submetida à temperatura de 25°C como referência, em comparativo com as amostras submetidas a ensaios a de 35°C houve uma diminuição de praticamente 63% no valor da rigidez da amostra, já comparando com a amostra de 5°C houve um aumento de 116% em média na rigidez da amostra. A variação entre a temperatura de referência e a de 15°C foi de 43%.

As temperaturas mais elevadas (35°C) utilizadas na pesquisa são facilmente atingidas na região em estudo, onde as máximas durante o verão facilmente ultrapassam os 60°C no revestimento e no inverno também são ultrapassadas as temperaturas mínimas.

Figura 1: Média dos valores do ensaio de Módulo- 1ª e 2ª leitura



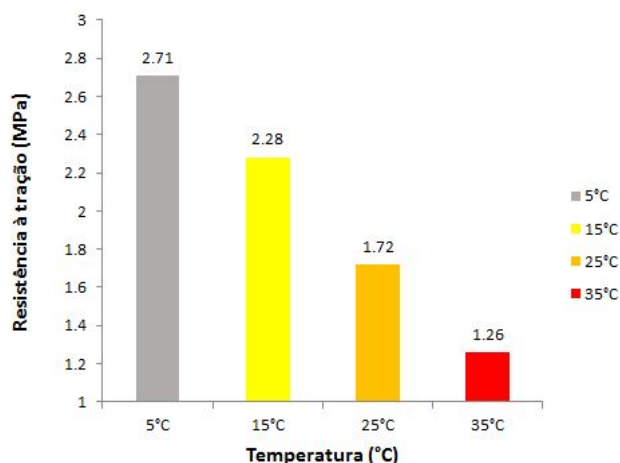
Fonte: Autoria Própria

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Pode-se analisar com este comparativo entre as máximas e mínimas temperaturas, que com a mínima de 5°C e o aumento da rigidez causa a degradação de fissuras intensifica a fadiga do revestimento e com a máxima de 35°C houve a diminuição da rigidez, consequentemente a degradação precoce, como a deformação permanente.

Além das análises da rigidez das amostras de misturas asfálticas apresentadas, foi realizada ainda uma avaliação da resistência à tração das mesmas. A Figura 2 apresenta os valores médios de resistência à tração nas diferentes temperaturas. Verificou-se que utilizando novamente a amostra a 25°C como referência e comparando com os extremos há uma variação expressiva na resistência à tração. Em relação a temperatura de 5°C houve um aumento de 58%, já a máxima temperatura de 35°C a diminuição da resistência a tração foi de 26% e comparando a amostra referência com a de 15°C houve um aumento de 33%.

Figura 2: Média dos valores do Ensaio de Tração



Fonte: Autoria Própria

A diferença da temperatura de 25°C para a de 5°C é de 58 %. Pode-se analisar que quanto mais baixa a temperatura, maior será a resistência à tração da estrutura, maior será a rigidez do material. As temperaturas mais elevadas, como a de 35°C o pavimento apresenta uma resistência à tração baixa, acarretando a deformação do pavimento. Observa-se também que se a tensão de tração a qual o pavimento seja submetido seja intensa, ocorrerá a formação de trincas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O módulo de resiliência da mistura sofre uma diminuição brusca em temperaturas altas, como a de 35°C, praticamente três vezes o valor, algo facilmente encontrado na região de estudo, onde as máximas podem chegar a 60°C no revestimento. No verão quando atinge essa máxima ultrapassa-se o estágio de ponto de amolecimento e o comportamento da mistura pode ser visto como um fluido viscoso.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Expostas a temperaturas muito baixas a mistura asfáltica apresenta-se como um material rígido, com um alto valor do módulo de resiliência, mas com desempenho frágil, ocasionando o surgimento de trincas, intensificando a fadiga do revestimento. Com o aumento da temperatura o valor do módulo de resiliência das misturas asfálticas sofre uma grande diminuição, favorecendo a presença de deformações permanentes, como a trilha de roda. Verifica-se que quanto mais elevada a temperatura do pavimento, maior será a sua deformabilidade.

Conclui-se que a temperaturas mais elevadas há uma grande redução no valor do módulo de resiliência e na resistência à tração da estrutura. Favorecendo para que a estrutura fique sensível às cargas aplicadas, favorecendo a redução da vida de fadiga da estrutura. É de extrema importância a adequação dos projetos de pavimentos, aumentando sua capacidade de carga, considerando o elevado transporte de cargas e a influência deste na economia.

Palavras-chave: pavimento; propriedades; revestimento.

Keyword: pavement; properties; coating.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. 1ª reimp. São Paulo: Oficina de Textos. 2007. 558p.

BOCK, A. L. **Efeitos da incorporação de cal hidratada em concretos asfálticos elaborados com ligante convencional e modificado**. 2012. 142 f. Tese de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.

CNT. **Boletim Estatístico - Rodoviário 2016**. 2016. Confederação Nacional dos Transportes. Disponível em . Acesso em: 01 jun. 2016.

LIMA, A. T. **Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente**. Dissertação de Mestrado. 2003. 99 f. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MEDINA, J. (1997) **Mecânica dos Pavimentos**. 1ª ed., Rio de Janeiro, Editora UFRJ.

MOTTA, L. M. G. **Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; Critério de Confiabilidade e Ensaio de Cargas Repetidas**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

NÚÑEZ, W. P. et al. **Produzindo Misturas Asfálticas de Elevado Desempenho com Emprego de Cal Hidratada**. 38ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO - 12º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA - 38ª RAPv / 12º ENACOR, Manaus-AM. 2007.

SPECHT, L. P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. 2004. 279 f. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre.