



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA EM MISTURAS ASFÁLTICAS USINADAS À QUENTE: MÓDULO DE RESILIÊNCIA E TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Alessandra Caroline Moellmann Lautharte

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI

E-mail: ale_lautharte@hotmail.com

Alessandra Ponciano

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI

E-mail: poncianoalessandra@yahoo.com.br

André Luiz Bock

Professor/Pesquisador do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI

E-mail: andre.bock@unijui.edu.br

Resumo. *Os pavimentos rodoviários desenvolvem ao longo de sua vida útil uma série de patologias que colaboram para a diminuição de sua qualidade estrutural e funcional. Esta degradação é proveniente da ação do tráfego e das condições climáticas. A atuação diária e sazonal do clima não apenas implica alterações momentâneas na resposta estrutural dos pavimentos, como também e, principalmente, a modificação de propriedades dos materiais, o que resulta na degradação mais rápida das estruturas de pavimento, sob a ação combinada de clima e cargas atuantes. O objetivo da pesquisa foi analisar o comportamento mecânico de uma mistura asfáltica considerando as variações mínimas e máximas de temperatura. As relações entre deformabilidade elástica e resistência à tração foram analisadas através de ensaios de Módulo de resiliência e Resistência à tração nas temperaturas de 5°C, 15°C, 25°C e 35°C, utilizando uma mistura asfáltica usinada na região do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.*

Palavras-chave: *Clima. Pavimento. CBUQ*

1. INTRODUÇÃO

As rodovias têm grande importância para o desenvolvimento social e econômico do país. De acordo com a CNT (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES, [1]), 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, *apud* FRANCO, [2]).

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 em uma mistura asfáltica usinada à quente (CBUQ) produzida e empregada correntemente em obras de pavimentação asfáltica na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É fato a influência da temperatura nos revestimentos asfálticos. Os ligantes asfálticos, pela sua natureza viscoelástica, possuem características que dependem da temperatura. Estas características são transmitidas às misturas asfálticas que acabam por ter um comportamento mecânico viscoelástoplástico, o que representa que as curvas tensão – deformação destes materiais se modificam com a variação da temperatura (FRANCO, [3]).

Na avaliação do desempenho de um pavimento rodoviário flexível é fundamental considerar a temperatura a que vão estar sujeitas as camadas betuminosas. Estas são misturas compostas por materiais de grande susceptibilidade térmica entre quais os ligantes asfálticos. A ação da temperatura no pavimento reflete-se fundamentalmente nas propriedades mecânicas das camadas betuminosas do pavimento e, portanto, no seu estado de tensão/extensão quando submetidas à ação de carga do tráfego de veículos pesados (MORAIS, [4]).

De acordo com Balbo [5], a viscosidade dos asfaltos sofre grandes alterações em função dos efeitos climáticos. As misturas asfálticas herdaram as características dos asfaltos e as consequências referentes à ação do clima. Em condições de temperaturas elevadas de operação, como é comum ocorrer em regiões de clima tropical ou mesmo árido, as misturas asfálticas podem indicar perda elevada de rigidez associada a uma diminuição apreciável na viscosidade, a ponto de possibilitar a ocorrência de deformações plásticas em trilhas de roda de maneira mais acentuada.

Contudo 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, [6]).

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral é realizado conforme com a Norma DNER-ME 138/94. A finalidade do ensaio é determinar a resistência à tração de corpos de prova cilíndricos de misturas (LIMA, [7]).

Conforme Núñez *et al.* [8], 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 [5].

A má execução do projeto, falha na seleção dos materiais ou problemas construtivos são fatores que podem causar a degradação prematura dos revestimentos asfálticos. A deterioração dos revestimentos a médio e longo prazo estão relacionados principalmente à ação do tráfego e as solicitações climáticas como a variação de temperatura e teor de umidade dos materiais.

A estes fatores podem ser incluídos as inadequações de projeto e dimensionamento ou até mesmo a inexistência de programas de conservação e manutenção dos revestimentos, fatores que originam o agravamento das patologias gerando defeitos mais severos nos pavimentos, prejudicando o conforto e a segurança dos usuários (BOCK, [9]).

3. 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 produzida em uma usina de CBUQ 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 1300g e reaquecido em estufa a uma temperatura de 140°C (temperatura de compactação da mistura).

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 com energia de compactação de 75 golpes por face da amostra. Durante todo o processo houve um grande cuidado para que as amostras moldadas estivessem dentro do limite do volume de vazios estipulado em projeto, o valor utilizado foi de 4,0% \pm 0,3.

Para avaliar a influência da temperatura nos resultados de Resistência à tração por compressão diametral e no Módulo de resiliência, as amostras foram submetidas durante um período de duas horas a um condicionamento nas temperaturas de 5°C, 15°C, 25°C e 35°C em banho maria.

No ensaio para a determinação da resistência à tração por compressão diametral nas amostras com diâmetro 10 cm e altura variável, 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, perpendicularmente à carga.

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.

Após a realização dos ensaios laboratoriais procedeu-se com a tabulação e análise dos dados obtidos conforme apresentado no item a seguir.

4. RESULTADOS

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

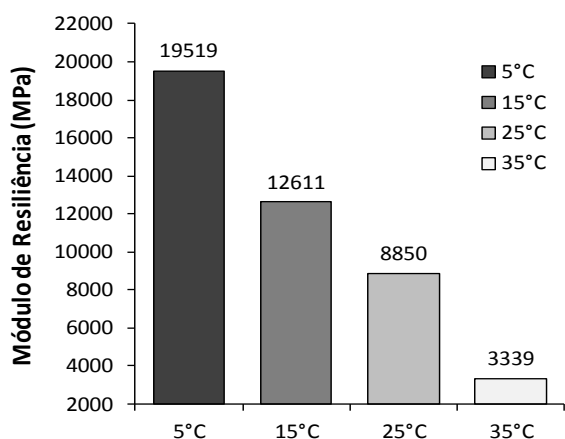
Apresenta-se a seguir uma análise comparativa entre as propriedades mecânicas da mistura asfáltica ensaiadas em distintas temperaturas de condicionamento, sendo elas: 5°C, 15°C, 25°C e 35°C.

4.1. Módulo de Resiliência (MR)

A Figura 1 apresenta os valores médios de Módulo de resiliência (MR), referente à 1ª e 2ª leitura (0° e 90°). Pode-se observar que há uma diminuição significativa do MR em relação ao aumento de temperatura.

Tomando como referência amostras ensaiadas à uma temperatura de 25°C, em comparativo com as amostras ensaiadas a 35°C, houve uma diminuição de praticamente 63% no valor da rigidez da mistura (de 8850MPa para 3339MPa).

Figura 1. Valores médios de MR em função da temperatura de condicionamento das amostras



Já ao realizar um comparativo entre a temperatura de referência e 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%.

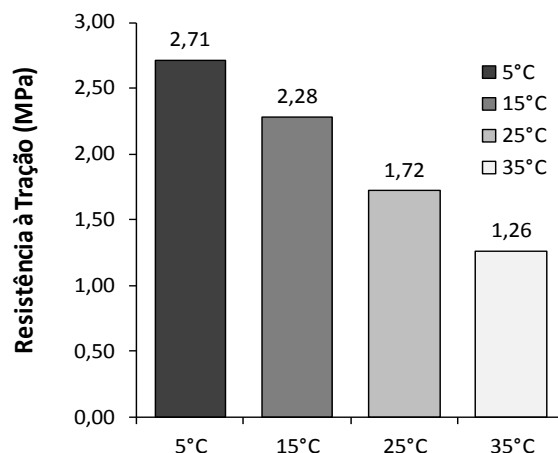
Pode-se se analisar com este comparativo, que em temperaturas mais baixas ocorre um aumento da rigidez, surgindo uma maior propensão ao surgimento de fissuras no revestimento e com as temperaturas mais elevadas nas quais há diminuição da rigidez, ocorre uma intensificação da deformação permanente. Vale lembrar, que na região de estudo, as máximas temperaturas atingidas no verão ultrapassam facilmente os 60°C

4.2. Resistência à Tração (RT)

Além das análises da rigidez da mistura asfáltica, foi realizada uma avaliação da resistência à tração das mesmas nas distintas temperaturas anteriormente apresentadas.

A Figura 2 apresenta os valores médios de resistência à tração nas diferentes temperaturas. Verificou-se que utilizando novamente o condicionamento a 25°C como referência e comparando com os extremos há uma variação expressiva na resistência à tração. Em relação a temperatura de 35°C houve uma diminuição de 26% de RT, já a mínima temperatura analisada provocou um aumento de 58% e comparando a referência com a de 15°C houve um aumento de 33% de resistência à tração.

Figura 2. Valores médios de MR em função da temperatura de condicionamento das amostras



É possível observar nos dados apresentados que, quanto mais baixa a temperatura, maior será a resistência à tração da mistura asfáltica e maior será a rigidez do material. Para um bom desempenho da estrutura, há a necessidade de uma compatibilidade entre rigidez e resistência, para que em temperaturas mais baixas a mistura não se torne frágil, ou seja, com elevada rigidez mas sem resistência suficiente.

4.3. Modelos Numéricos

Com a análise dos dados obtidos nos ensaios de MR e RT, foi possível traçar os modelos numéricos de variação de resistência e rigidez da mistura asfáltica em função da temperatura (Figura 3 e Figura 4).

Figura 3. Modelo numérico com ajuste linear de variação de rigidez em função da temperatura

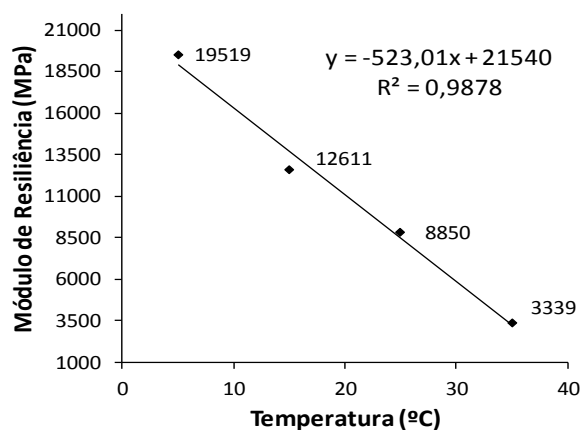
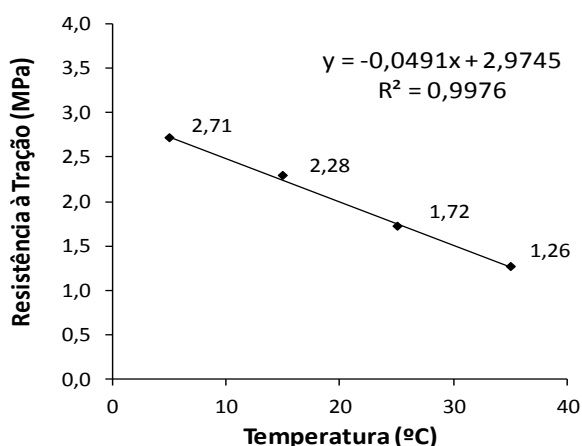


Figura 4. Modelo numérico com ajuste linear de variação da resistência em função da temperatura



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme objetivos da pesquisa, que consistiu em analisar a variação das propriedades mecânicas de uma mistura asfáltica produzida na Região Noroeste do RS, foi possível observar que o módulo de resiliência da mistura sofre uma diminuição significativa 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.

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.

Conclui-se que, para garantir um bom desempenho do pavimento, há a necessidade de incluir análises de variação de rigidez e resistência em função das temperaturas às quais os materiais estarão submetidos durante a vida útil da estrutura, pois a mesma influencia significativamente nestas propriedades, que na grande maioria dos casos, são ignorados.

6. REFERÊNCIAS

- [1] CNT. Boletim Estatístico - Rodoviário 2016. Confederação Nacional dos Transportes. Acesso em: 01 jun. 2016.
- [2] MEDINA, J. (1997) Mecânica dos Pavimentos. 1ª ed., Rio de Janeiro, Editora UFRJ.
- [3] FRANCO, F. A. C. P. Um sistema para análise mecânica de pavimentos asfálticos. 2007. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- [4] MORAIS, H. M. M. Estudo da fundação dum pavimento rodoviário. Tese de Mestrado. Escola Superior de Tecnologia e de Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança Paulista, 2011
- [5] BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo; Oficina de Textos, 2007.
- [6] 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.
- [7] LIMA, A. T. Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente. Dissertação de Mestrado. 2003. 99 f. Universidade Federal do Ceará.
- [8] NÚÑEZ, W. P. Produzindo Misturas Asfálticas de Elevado Desempenho com Emprego de Cal Hidratada. Reunião Anual De Pavimentação - 38a RAPv / 12º ENACOR, Manaus-AM, 2007.
- [9] BOCK, A. L. Efeitos da incorporação de cal hidratada em concretos asfálticos elaborados com ligante convencional e modificado. 2012. 142 f. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.