

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DEFORMAÇÃO PERMANENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS CONSIDERANDO O PARÂMETRO FLOW NUMBER

Valdir dos Santos Barboza Junior

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
valdirbarbozajr@gmail.com

Cléber Faccin

Professor no Centro de Ensino Superior Riograndense (CESURG)
crfaccin@gmail.com

Fernando Dekeper Boeira

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
fernando.d.boeira@gmail.com

Karine Wille Kraemer

Acadêmica de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
karinewillek@gmail.com

Luciano Pivoto Specht

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
luspecht@gmail.com

Resumo. A deformação permanente nos pavimentos flexíveis de concreto asfáltico é uma patologia que está relacionada a temperatura ao que o mesmo é sujeito. Este trabalho busca avaliar a extensão de sua influência em uma mistura produzida no Rio Grande do Sul, através do ensaio de Flow Number, que será um dos parâmetros adotados no MeDiNa. Os resultados demonstram que quanto maior a temperatura, menor é o valor do ensaio. Altas temperaturas chegam a resistir apenas de 2,5 a 13,5% dos ciclos encontrados para a menor temperatura ensaiada.

Palavras-chave: Misturas Asfálticas densas. Deformação permanente. Flow Number.

1. INTRODUÇÃO

A solução mais utilizada na construção e recuperação das rodovias brasileiras são os pavimentos flexíveis com

revestimento de concreto asfáltico. Dentre os principais defeitos nesses revestimentos, destaca-se a deformação permanente.

Os principais fatores de campo que afetam a resistência à deformação permanente são a temperatura, as repetições de carga, o estado de tensões e a ação da água.

A temperatura afeta consideravelmente o comportamento mecânico das misturas asfálticas, pois influencia na viscosidade do ligante. Quando a temperatura aumenta, o ligante torna-se mais fluido e a resistência à deformação do pavimento diminui. Deste modo, para um mesmo carregamento a deformação ocorrida em temperaturas elevadas é superior (GARDETE, 2006).

Conforme Sousa, Craus e Monismith (1991), para análise da deformação permanente, é necessária a realização de ensaios laboratoriais, dentro de um intervalo de temperaturas semelhantes às aquelas encontradas no campo.

O novo método de dimensionamento em implantação no país, MeDiNa, adotará como critério de resistência à deformação permanente das camadas de concreto asfáltico o ensaio uniaxial de carga repetida e o parâmetro *Flow Number (FN)*, oriundo deste, utilizando a temperatura de ensaio de 60°C.

Vários estudos indicam a importância dos ligantes asfálticos na contribuição da resistência à deformação permanente. Viscosidade, teor de asfalto e modificação são alguns dos fatores relevantes. Asfaltos menos viscosos tornam a mistura menos rígida e, portanto, mais susceptível à deformação permanente. Vários pesquisadores buscaram melhorar o desempenho das misturas usando modificadores (polímeros, microfillers etc.), destinados a aumentar a viscosidade do ligante asfáltico a altas temperaturas, sem efeito adverso nas baixas temperaturas (MAHMOUD; BAHIA, 2004). Os asfaltos mais viscosos devem ser usados em pavimentos mais espessos e em climas mais quentes (SOUSA; CRAUS; MONISMITH, 1991).

Com base nas premissas anteriores, o presente trabalho refere-se ao estudo da avaliação da temperatura de ensaio nos resultados do parâmetro *Flow Number* para uma mistura utilizada no estado do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar diferentes temperaturas de ensaio uniaxial de carga repetida e a influência nos resultados do parâmetro *Flow Number*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Deformação permanente

Sousa, Craus e Monismith (1991) definem deformação permanente em materiais de pavimentação como depressões longitudinais nas trilhas de rodas. Ela é causada por uma combinação de densificação (diminuição de volume e, portanto, aumento da densidade) e deformação de cisalhamento,

podendo ocorrer em qualquer uma ou mais das camadas do pavimento, bem como no subleito. Essas depressões podem ou não estar acompanhadas de solevamento, apresentando-se na forma de afundamento plástico ou consolidação.

Atualmente, diante do aumento do volume de tráfego e das cargas por eixo dos caminhões, tem-se percebido um aumento das deformações permanentes e afundamentos plásticos, advindos exclusivamente da camada de revestimento asfáltico (MEDINA; MOTA, 2015). A patologia reduz a vida de serviço útil do pavimento, o conforto e a segurança do usuário e aumenta os custos operacionais.

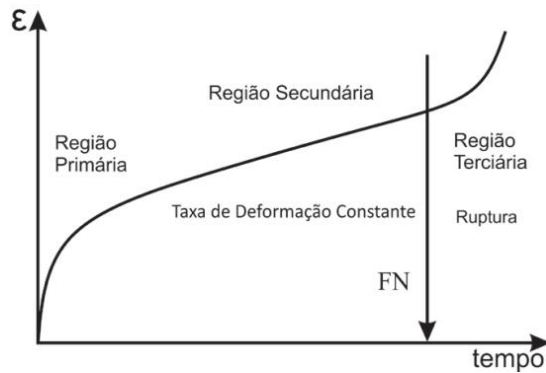
Existem diversos métodos de ensaio disponíveis para avaliar a resistência à deformação permanente de misturas asfálticas, tais como: ensaios de comportamento reológico tipo creep dinâmico e *Flow Number (FN)*, modelos desenvolvidos a partir de resultados obtidos com equipamentos simuladores de tráfego e correlações entre tráfego e afundamentos na trilha de roda.

2.2 Ensaio uniaxial de cargas repetidas e o parâmetro *Flow Number*

O ensaio uniaxial de carga repetida consiste no emprego de um carregamento cíclico de compressão em que se obtém a deformação permanente da amostra em função do número de ciclos correspondentes.

O resultado do ensaio mostra-se através da curva de deformação plástica vertical uniaxial em um plano de deformação permanente acumulada versus número de ciclos aplicados. Nesta curva, a deformação permanente acumulada pode ser dividida em três regiões distintas: a zona primária, a secundária, e a terciária (Fig. 1).

Figura 1. Deformação permanente durante o ensaio uniaxial de carga repetida, e obtenção do FN



O ensaio uniaxial de carga repetida apresenta parâmetros interessantes no que diz respeito ao estudo de deformações permanentes, entretanto, entre todas as análises que podem ser feitas através da curva de deformação plástica vertical uniaxial, Witczak et. al. (2002) cita que o *Flow number* é o parâmetro oriundo deste ensaio que melhor se relaciona com a deformação permanente, apresentando correlações entre valores ensaiados e valores obtidos em pistas testes, no relatório NCHRP 465.

O *Flow number* é definido como o número de ciclos em que se inicia a zona terciária. A passagem da zona secundária para a terciária é a evidência de que ocorreu a ruptura do corpo de prova, sendo está caracterizada pelo início do cisalhamento a volume constante.

O ensaio é definido nas normas DNIT 184/2018 – ME e a ABNT NBR 16505/16, considerando temperatura de ensaio de 60°C, grau de compactação de 97% das amostras e carga de 204 kPa.

A norma americana AASHTO R 35 apresenta como diferença que o ensaio é

realizado com temperatura ajustada conforme o PG (Performance Grade) do ligante e tensão de 600 kPa.

Para misturas quentes, não há propostas de limites em especificações e normas do país, somente de pesquisas desenvolvidas sobre o tema. Essas pesquisas têm buscado correlacionar o critério de FN para misturas asfálticas para diferentes níveis de tráfego, sugerindo valores de referência do FN, como é observado na Tabela 1.

Dentre as pesquisas brasileiras, a de Nascimento (2008) foi a primeira a recomendar limites de FN para misturas asfálticas densas utilizadas como camada de revestimento em rodovias brasileiras, com base na avaliação de 9 misturas asfálticas, de acordo com o proposto por Witczak et al. (2002). Essas misturas eram compostas de diferentes agregados minerais, granulometrias e ligantes. Posteriormente, Bastos et al. (2017), propôs alterações nos critérios propostos por Nascimento (2008), com base na análise de 12 misturas e seus respectivos trechos monitorados em diferentes locais do Brasil. Recentemente, Faccin (2018) apresentou a proposta de novos limites com base na avaliação de 15 misturas asfálticas utilizadas no estado do Rio Grande do Sul. No entanto, os limites propostos por Faccin (2018) não consideram misturas mornas e misturas com asfalto borracha, em virtude do comportamento diferente em relação as demais misturas, com baixos valores de FN e bom desempenho em campo.

Tabela 1. Recomendações de limites de FN, em número de ciclos, para diferentes níveis de tráfego da literatura brasileira

Pesquisas / Níveis de Tráfego (número N USACE)	Vv (%)	Temp. (°C)	Tensão (kPa)	Leve	Médio	Pesado	Extremamente pesado
				3×10^6	$[3 \times 10^6;$ $1 \times 10^7]$	$[1 \times 10^7;$ $3 \times 10^7]$	$> 3 \times 10^7$
Nascimento (2008)	6,5 a 7,5	60,0	204	-	300	750	-
Bastos et al. (2017)	5,5 a 7,5	60,0	204	-	100	300	>1000
Faccin (2018)	6,4 a 7,5	60,0	204	-	300	600	>2000

A temperatura de trabalho das misturas asfálticas está associada ao tipo de ligante, devido as mesmas herdarem características viscosas dos ligantes que são mais ou menos susceptíveis à temperatura conforme o tipo (MOURA, 2010). Brosseaud et al (1993), citado por Moura (2010), constataram forte relação entre os aumentos da temperatura e a deformação permanente em trilha de roda dessas misturas.

Considerando que o Brasil é um país de temperaturas elevadas, principalmente durante o verão, é importante utilizar a temperatura adequada na realização dos ensaios (Barros, 2017).

Bonnot (1986 apud SOUSA; CRAUS; MONISMITH, 1991) selecionou a temperatura de 60°C para concretos asfálticos devido ser um valor relativamente alto, que reproduz as condições mais desfavoráveis esperadas na França.

Diversas pesquisas realizadas por Witczak et al. (2002), usaram uma temperatura de teste de 37,8 ° C ou 54,4 ° C em diferentes níveis de tensão axial para realizar testes de deformação permanente com carga axial repetida em misturas de asfalto.

O ensaio recomendado no país pelo novo método, Flow Number, utiliza a temperatura de ensaio de 60°C.

Barros (2017) apresenta dados médios da temperatura máxima e mínima do ar durante cinco verões em algumas cidades brasileiras além da temperatura média do pavimento

através da Equação do trabalho de MOHSENI, 1998. Segundo a autora, a temperatura do ar média durante os verões analisados é de 30°C e a temperatura que o pavimento suporta nos dias quentes é mais elevada, indicando que a temperatura dos ensaios deva ser elevada também, na ordem de 60°C.

Em pesquisa realizada por Blass et al. (2013), na região noroeste do RS, de dezembro a fevereiro de 2010, o autor mediu temperaturas máximas na ordem de até 65°C na camada de revestimento asfáltico.

Sargand & Kim (2001) avaliaram a deformação permanente de misturas asfálticas, com diferentes ligantes, através de ensaios triaxiais de carga repetida até 10.000 ciclos. Os autores, variaram a temperatura de ensaio (40 °C e 60°C) para verificar a influência deste parâmetro na deformação permanente para duas misturas estudadas, uma com ligante não modificado PG 72-25 e outra com adição de 3 % de SBS - PG 77-23. Pode-se observar que as maiores deformações ocorreram à 60 °C, independente da mistura avaliada.

Gao et al. (2009) variaram a temperatura de ensaio para analisar a influência destas na obtenção do FN. Os testes foram realizados em quatro misturas, com diferentes tamanhos máximos nominais (TMN) de agregado, com dois tipos de ligante e com tensão de 700 kPa. Os autores concluíram que as características do ligante mudam com a mudança da temperatura e isto é independente do tipo de utilizado. Sendo a deformação permanente da mistura altamente afetada pelo aumento da

temperatura. O valor de FN a 60 °C foi aproximadamente 10 % do valor de FN em 40 °C.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

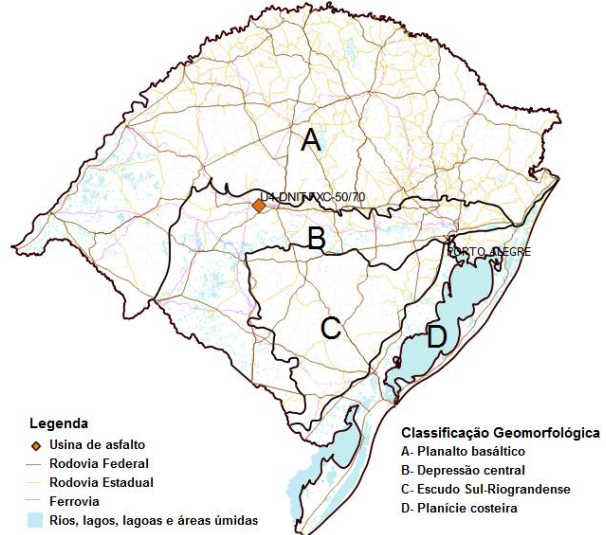
Os materiais empregados nesta pesquisa provêm de uma mistura asfáltica densa utilizada em obras de restauração de rodovias na região central do estado do Rio Grande do Sul e os respectivos materiais constituintes da mesma.

Trata-se de uma mistura dosada pelo método Marshall. A localização da usina de asfalto e britagem onde as amostras foram coletadas, o tipo de faixa granulométrica, ligante asfáltico e a nomenclatura utilizada no decorrer do trabalho estão apresentados na Tabela 2 e Fig. 2, respectivamente. O agregado é classificado como basáltico e atende todas as exigências normativas exigidas pelo DNIT.

Tabela 2. Características e nomenclatura da mistura

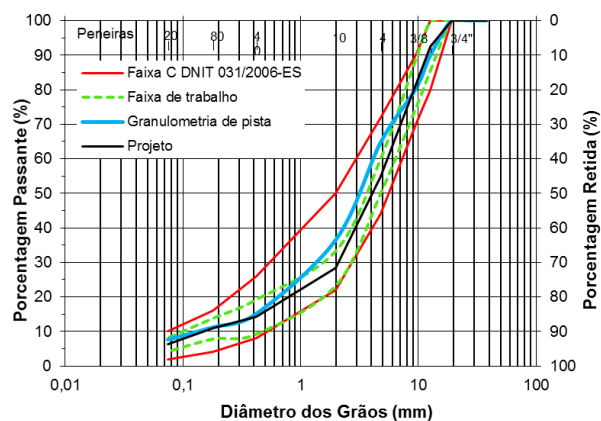
Usina de asfalto	Município de localização da usina	Faixa granulométrica	Tipo de ligante asfáltico	Nomenclatura utilizada
U4	Dilermando de Aguiar	FX C- DNIT	CAP 50/70	U4-DNIT-FXC-50/70

Figura 2. Mapa da localização mistura coletada



Apresenta-se na Fig. 3 as distribuições granulométricas encontradas para a mistura, a distribuição granulométrica de projeto, bem como a sua respectiva faixa recomendada pelo DNIT. Trata-se de mistura com Tamanho Máximo Nominal de 19 mm.

Figura 3. Granulometria de pista, projeto e faixa de trabalho da mistura U4-DNIT-FXC-50/70



Abaixo, demonstram-se na Tabela 3 o teor de ligante asfáltico e a Densidade Máxima da Mistura e na Tabela 4 os resultados da caracterização do ligante.

Tabela 3. Teor de ligante e Densidade Máxima da mistura

Mistura	Teor de Ligante (%)			Densidade Máxima da mistura		
	Projeto	Mistura	Diferença	DMT (projeto)	DMM (projeto)	DMM (ensaio)
U4-DNIT-FXC- 50/70	5,10	6,16	1,06		2,635	2,637

Tabela 4. Caracterização do ligante asfáltico

Especificação (DNIT 095/2006 – EM)

Propriedades	Limites	Resultados
Penetração (0,1 mm) NBR 6576	50 a 70	60
Ponto de Amolecimento (°C) NBR 6560	46 min	49,4
Viscosidade Brookfield 135 °C (cp) NBR 15184	274 min	335
Viscosidade Brookfield 150 °C (cp) NBR 15184	112 min	169
Viscosidade Brookfield 177 °C (cp) NBR 15184	57 a 285 min	64
Ponto de Fulgor (°C) NBR 11341	235 min	>236
Densidade Relativa NBR 6296		1,002

3.1 Procedimento experimental

A mistura asfáltica foi coletada no caminhão, conforme preconiza a norma DNER – PRO 013/94, e armazenada em bandejas de alumínio, a fim de facilitar o manuseio em laboratório.

Em laboratório, o concreto asfáltico foi caracterizado quanto ao teor de ligante conforme norma DNER-ME 053/94, utilizando o aparelho Rotarex. Com os agregados das amostras do ensaio com Rotarex, secos em estufa até adquirirem constante peso, foram efetuados os ensaios de granulometria, segundo a norma DAER/RS EL 102/01 – Análise granulométrica de agregados.

Foi determinada a densidade específica máxima para a mistura, sob procedimento especificado na norma NBR 15619 – Misturas asfálticas - Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas (método Rice).

A mistura coletada foi levada à estufa para aquecimento até atingir a temperatura de compactação indicada nos projetos de dosagem para moldagem dos corpos de prova. Foi admitida uma tolerância de +/- 5 C° na temperatura de compactação, conforme especifica a norma DNIT 031/2006.

Devido a mesma já ter passado pelo processo de envelhecimento, na usinagem, não foi necessário fazer essa simulação em laboratório.

A mistura já aquecida na temperatura de compactação, então, foi levada para o processo de remistura, no qual se utilizou o misturador da marca *Infratest testing system*, modelo *Bituminous Laboratory Mixer 30 Liter Special Version*, para obter uma mistura mais homogênea, evitando segregação e mantendo a sua temperatura uniforme durante as moldagens.

Após isso, os corpos de prova foram moldados em um Compactador Giratório Superpave (CGS). A compactação no CGS, durante todo o processo de moldagem das amostras, foi executada com pressão aplicada

de 0,60 MPa, ângulo de rotação externo de 1,25° e velocidade constante de 30 rpm.

O ensaio de *Flow Number* seguiu as prescrições da norma americana AASHTO TP 79-12 e foi realizado na *Universal Test Machine (UTM)* da IPC Global, disponível no laboratório da LMCC da UFSM. No entanto, foi seguido o seguinte protocolo de ensaio, considerando três amostras moldadas com 100x160 mm no CGS, retificadas para dimensões de 100x150 mm e com volume de vazios de $7 \pm 0,5\%$ para cada situação informada na Tabela 5.

Tabela 5. Amostras moldadas, por categoria

Carga (KPa)	Temperatura (°C)			
	25	36,6	48,3	60
69	2	2	2	2
138	2	2	2	2
204	2	2	2	2
276	2	2	2	2

Este ensaio já é normatizado no Brasil pelas Normas ABNT NBR 16505:2016 e DNIT 184/2018 – ME, porém, essa norma foi publicada em 10/08/16 e a pesquisa já estava em andamento.

O corpo de prova é colocado na prensa, dois LVDTs são posicionados na parte superior para medida dos deslocamentos verticais gerados pelo carregamento axial cíclico de compressão. O critério adotado para o término do ensaio foi até a mistura atingir 10.000 ciclos ou 5% da deformação. A Fig. 3 mostra o corpo de prova antes e após a realização do ensaio.

Figura 3 - CP antes e após a realização do ensaio



Com a média dos deslocamentos dos dois LVDTs, a deformação plástica vertical uniaxial de cada corpo de prova foi ajustada ao modelo matemático de Francken, usado para representar o comportamento de ensaios de carga repetida, de modo a reduzir as variabilidades encontradas nos ensaios laboratoriais.

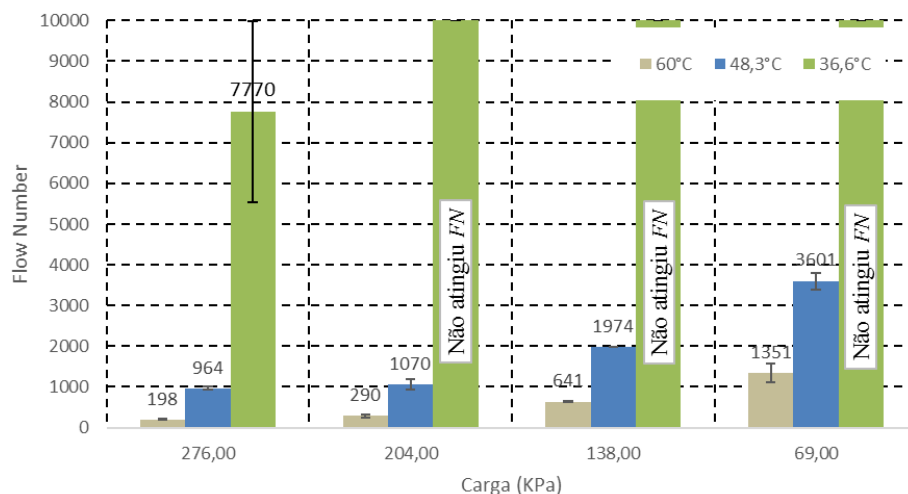
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são demonstrados e analisados os resultados encontrados no ensaio uniaxial de carga repetida – *Flow Number* para as diferentes temperaturas e cargas, apresentados a seguir na Tabela 7 e Fig. 8.

Tabela 7 - Resultados de *Flow Number* para a mistura analisada

CPs	Temperatura (°C)	Carga (KPa)	FN (Ciclos)	Média	Cv(%)
1	60,0	276,00	184	198	6,84%
2			211		
1		204,00	276	306	
2			336		
1		138,00	642	641	
2			639		
1	69,00	1119	1351		
2		1582			
1	48,3	276,00	1002	964	3,94%
2			926		
1		204,00	1193	1070	
2			947		
1		138,00	1975	1974	
2			1973		
1	69,00	3809	3601		
2		3393			
1	36,6	276,00	5548	7770	28,59%
2			9991		

Figura 1 - Resultados de FN para a mistura analisada



Por meio das Tabela 7 e Fig. 8 é possível verificar que quanto menor é a temperatura, maior é o valor de FN. Apenas as amostras que foram submetidas a temperatura de 36,6°C não atingiram o FN. As demais, ficaram com resultados inferiores a 10.000 ciclos.

Pode-se perceber que a amostra que utilizou a mesma carga da normal, mas variou a temperatura (48,3°C) obteve o valor de FN 3,5 vezes maior que a amostra com a temperatura padrão. Diminuindo a temperatura para 36,6°C, a diferença aumenta.

Ao relacionar-se os valores médios de FN obtidos para as temperaturas de 48,3°C e

60°C, é possível observar uma diminuição aproximadamente linear de número de ciclos suportados conforme aumenta a carga aplicada. Para a carga de 69 kPa o aumento da temperatura causou uma diminuição de 2,67 vezes no FN. Respectivamente para 138 kPa, 204 kPa e 276 kPa os ciclos reduzem em 3,08, 3,50 e 4,87 vezes. A correlação entre esses dados é de 0,953.

Quando os resultados para a mistura a 48,3°C são comparados aos da mistura a 36,6°C para as diferentes cargas (69kPa, 138kPa, 204kPa e 276 kPa, respectivamente) representam 36,01%, 19,74%, 10,7%, 12,4% dos valores de FN na menor temperatura. Para a temperatura de 60°C nos mesmos parâmetros o desempenho apresentado corresponde a 13,51%, 6,41%, 3,06% e 2,55%, respectivamente, dos resultados obtidos a 36,6°C.

De acordo com os limites propostos indicados na Tabela 1, essa mistura se enquadraria para tráfego médio por Nascimento (FN entre 300 e 750) e por Faccin (FN entre 300 e 600). Para Bastos seria classificada em tráfego pesado (FN entre 300 e 1000).

5. CONCLUSÃO

A pesquisa utilizou-se de quatro faixas de cargas e três temperaturas com a finalidade de avaliar o desempenho à deformação permanente de misturas asfálticas com diferentes temperaturas e cargas

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que a maior ocorrência de deformação permanente em misturas asfálticas acontece com o aumento da temperatura, demonstrando que esta representa um fator de extrema relevância no dimensionamento deste tipo de pavimento.

Por essa razão são necessárias as realizações de novas pesquisas com diferentes ligantes asfálticos em diversas temperaturas,

para avaliar o desempenho do pavimento asfáltico frente à deformação permanente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Rede Temática de Asfalto/Petrobras pelo suporte a pesquisa e ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

AASHTO. *Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Hot Mix Asphalt (HMA) Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)*. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO T 79, Washington, D. C., 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15619**: misturas asfálticas – determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas. Rio de Janeiro, 2012.

BASTOS, J. B. dos S.; FERREIRA, J. L. S.; SOARES, J. B. **Relação entre parâmetros granulométricos e características de forma na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas**. In: 45ª Reunião Anual de Pavimentação - 19º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - 45ª RAPv / 19º ENACOR, 2016, Brasília-DF. Anais. 2016.

BROUSSEAUD, Y, DELORME, J., HIERNAUX, R. Use of LPC Wheel tracking rutting tester to select asphalt pavements resistant to rutting. **Transportation Research Record**, 1384, p.59-68, 1993.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DAER/RS EL 102/01** –Análise granulométrica de agregados. Porto Alegre, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 053/94**: Misturas betuminosas – Porcentagem de betume – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

JOLIVET, Y.; MALLOT, M. Precautions when interpreting rutting results from the LCPC traffic simulator. 2º Eurasphalt & Eurobitume Congress Barcelona, 2000.

KIM, S. **Identification and assessment of the dominant aggregate size range (DASR) of asphalt mixture**. Dissertation (Doctor of Philosophy). University of Florida, Gainesville. 2006.

MAHMOUD, A. F. F.; BAHIA, H. **Using the gyratory compactor to measure mechanical stability of asphalt mixtures**. Wisconsin highway research program 0092-01-02, Madison, Wisconsin, EUA, 2004.

MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. **Mecânica dos Pavimentos**. 3º ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 638 p. 2015.

NASCIMENTO, L. A. **Nova abordagem da dosagem de misturas asfálticas densas com uso do compactador giratório e foco na deformação permanente**. 204 p. Dissertação (Mestrado). UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

ALMEIDA JÚNIOR, P. O. B. **Comportamento mecânico de concretos asfálticos com diferentes granulometrias, ligantes e métodos de dosagem**. Dissertação de Mestrado. UFSM – Santa Maria, Jun. 2015.

FERREIRA, J. L. S.; BASTOS, J. B. dos S.; SOARES, J. B. Validação da metodologia de Faixa de Agregados Dominantes para avaliação e especificação da granulometria de misturas asfálticas densas. In: **Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em**

Transporte, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), Ouro Preto/MG, 2015.

MURAYA, P. M. **Permanent Deformation of Asphalt Mixtures**. Dissertação de PhD. Faculty of Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology. Holanda. 2007.

MARQUES, G. L. O.; MENDES L. O. Avaliação da influência do Método Bailey no processo de dosagem e desempenho de misturas asfálticas. **Revista Transportes**, v. 20, n. 4 p. 35–43. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes– ANPET, Rio de Janeiro, 2012.

WITCZAK, M. W. et al. **Simple performance test for Superpave mix design, National Cooperative Highway Research Program – NCHRP Report 465**, Washington, D. C., EUA, 2002.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Superpave Binder Specification**. FHWA. Washington, D.C. 2002. 115p.

SOUSA, J. B.; CRAUS, J.; MONISMITH, C. L. **Summary report on permanent deformation in asphalt concrete**. Strategic Highway Research Program – SHRP-A/IR-91-104. Washington, EUA, 1991. 125 p.

STAKSTON, A. D. **The Effect of Fine Aggregate Angularity, Asphalt Content and Performance Graded Asphalts on Hot Mix Asphalt Performance in a Laboratory Study**. Dissertação de mestrado. University of Wisconsin - Madison 2002.