



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

Particularização do Fator de Ajustamento das Deflexões em Função da Temperatura para Projetos de Restauração de Pavimentos

Rodrigo Malysz¹
Valter de Oliveira Bochi¹
Natália Guterres Mensch¹
Kethelin Eloisa Klagenberg Beckert¹
Diêgo de Almeida Pereira²

RESUMO

O comportamento elástico de pavimentos é usualmente avaliado por meio de deflexões, que podem ser medidas em campo, principalmente com a utilização de viga Benkelman ou FWD – Falling Weight Deflectometer. Tais deflexões são tão mais influenciadas pela temperatura, quanto mais espesso for o revestimento asfáltico. Assim, verifica-se a importância de considerar as deflexões para uma temperatura que melhor represente a situação em que a rodovia opera, adequada aos parâmetros ambientais locais. Em se tratando o Brasil de um país com dimensões continentais, é natural se esperar diferenças significativas nas temperaturas a que as rodovias são submetidas. Também, dependendo da região, as temperaturas podem variar significativamente ao longo do ano, ou apresentar uma maior constância. De forma geral, os resultados dos levantamentos deflectométricos têm sido comumente corrigidos para 25° C, que pode ou não representar bem as condições de operação do pavimento, dependendo da região em que se encontra. Assim, este estudo tem o objetivo de propor uma particularização do fator de ajustamento das deflexões em função da temperatura do revestimento asfáltico. Para isso, foram propostas correlações entre a temperatura do ar e a temperatura do revestimento asfáltico, ambas medidas pelo equipamento FWD. Para demonstrar o método, foram escolhidos dois trechos de comportamentos opostos, um de clima quente (Cuiabá/MT) e outro de clima frio (Caxias do Sul/RS). Utilizando as médias das temperaturas máximas do ar de cada local, foi estimada a temperatura do revestimento asfáltico para aquelas condições, a qual foi denominada temperatura crítica de operação do pavimento (T_{CROP}). Uma vez definida tal temperatura, o gráfico de correção das deflexões a partir da temperatura do revestimento asfáltico, adotado pela DER/SP IP-DE-P00/003, foi particularizado de forma a ajustar as deflexões, não mais para a temperatura de 25°C e sim para a temperatura crítica de operação do pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: Deflexões, Temperaturas, Fator de Ajustamento.

ABSTRACT

The elastic behavior of pavements is typically assessed through deflections, which can be measured in the field, mainly using the Benkelman beam or FWD (Falling Weight Deflectometer). Such deflections are more influenced by temperature the thicker the asphalt coating. Thus, it is important to consider deflections for a temperature that represents the operational condition of the roadway, suitable for local environmental parameters. Considering Brazil's continental dimensions, significant differences in the temperatures to which roadways are subjected can be expected. Also, depending on the region, temperatures may vary significantly throughout the year or exhibit greater consistency. Generally, the results of deflectometric surveys have commonly been adjusted to 25°C, which may or may not accurately represent the pavement's operating conditions, depending on the region. Therefore, this study aims to propose a customization of the deflection adjustment factor based on the temperature of the asphalt coating. For this purpose, correlations between air temperature and asphalt coating temperature, both measured by the FWD equipment, were proposed. To demonstrate the method, two sections with opposite behaviors were chosen, one with a hot climate (Cuiabá/MT) and the other with a cold climate (Caxias do Sul/RS). Using the average maximum air temperatures of each location, the asphalt coating temperature for those conditions was estimated, which was called the Critical Pavement Operating Temperature (CPOT). Once this temperature was defined, the deflection adjustment graph based on the asphalt coating temperature, adopted



by DER/SP IP-DE-P00/003, was customized to adjust the deflections, not only to the 25°C temperature but to the critical pavement operating temperature.

KEY WORDS: Deflections; Temperature; Adjustment Factor.

¹ Ecoplan Engenharia, e-mail: rodrigo.malysz@ecoplan.com.br; valterbochi@gmail.com; natalia.mensch@gmail.com; klagenberg.eng@gmail.com.

² DNIT, diego.almeida@dnit.gov.br.

INTRODUÇÃO

O comportamento elástico de pavimentos é usualmente avaliado por meio de deflexões, que podem ser medidas em campo, principalmente com a utilização de viga Benkelman ou *Falling Weight Deflectometer* (FWD). As deflexões são tão mais influenciadas pela temperatura, quanto mais espesso for o revestimento asfáltico. Assim, verifica-se a importância de considerar as deflexões para uma temperatura que represente a situação em que o pavimento opera, adequada aos parâmetros ambientais locais.

Parâmetros como deflexões e temperaturas estão fortemente ligados à vida de serviço do pavimento, seja relacionado ao fenômeno de fadiga, seja relativo às deformações permanentes das misturas asfálticas.

Em se tratando o Brasil de um país com dimensões continentais, é natural se esperar diferenças significativas na temperatura de operação das rodovias. Também, dependendo da região as temperaturas podem variar significativamente ao longo do ano, caso em que pode ser mais interessante trabalhar com um conceito de temperatura crítica.

Neste contexto, a definição da temperatura para a qual as deflexões serão corrigidas, no âmbito dos projetos de restauração, é de fundamental importância para a representatividade dos parâmetros de projeto e da efetividade das soluções de restauração.

De forma geral, os resultados dos levantamentos deflectométricos têm sido corrigidos para 25° C, que pode ou não representar bem as condições de operação do pavimento, dependendo da região em que se encontra.

Assim, este estudo tem o objetivo de propor uma particularização do fator de ajustamento das deflexões em função da temperatura do revestimento asfáltico.

Para atingir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Verificar a relação entre a temperatura do ar e a temperatura do revestimento asfáltico em diversos trechos com diferentes características;
- Estabelecer a temperatura de referência em função do local em que o levantamento deflectométrico foi realizado;
- Propor uma metodologia para a particularização do fator de ajustamento das as deflexões em função da temperatura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Balbo (2007) e Pinto & Preussler (2002) comentam sobre as temperaturas dos pavimentos no Brasil, especialmente no que se refere ao estudo de Motta (1991). Os trabalhos destacam a importância de se conhecer o comportamento do clima no local de trabalho, citando as normais climatológicas do INMET como uma referência fundamental.



Pinto & Preussler (2002) citam investigações de campo realizadas pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias, na época do extinto DNER, em 53 trechos de rodovias federais (entre 1979 e 1984) mostraram que as deflexões medidas com a viga Benkelman eram pouco afetadas pelas mudanças das estações climáticas. No entanto, é importante observar que se trata de uma constatação de muitos anos atrás em que as características dos revestimentos asfálticos, especialmente no que se refere às espessuras usuais, eram diferentes das atuais.

As temperaturas mais frequentes situam-se na faixa de 20 a 40°C e em estados como o Rio de Janeiro não são normalmente encontradas temperaturas inferiores à 10°C, conforme destacado por Balbo (2007). Neste contexto, a possibilidade de congelamento é nula e a principal preocupação com as misturas asfálticas no Brasil se refere às altas temperaturas.

Outros estudos, como os de Vieira (2002) e Gonçalves (2002), avaliaram temperaturas medidas a 5 e a 9 cm de profundidade no revestimento asfáltico. Os autores correlacionaram as temperaturas do revestimento nas profundidades mencionadas com a temperatura do ar e a irradiação solar, medidas a partir de uma estação meteorológica instalada nas imediações das pistas experimentais utilizadas nas pesquisas.

O efeito da condição climática em profundidade foi estudado por Souza *et al.* (2019), em pavimentos com elevadas espessuras de misturas asfálticas, chegando a 47 cm de misturas asfálticas. Foi observada a influência da temperatura do ar, da umidade e da radiação solar no comportamento das temperaturas do pavimento, tendo uma relação mais direta com a temperatura do ar. Os autores concluem que a melhor forma de modelar o gradiente térmico no pavimento é dividindo o comportamento diário em ciclos de aquecimento e resfriamento.

O modelo linear de previsão da temperatura do revestimento asfáltico em função da temperatura do ar, conforme apresentado na Equação (1), foi utilizado por Motta (1991).

$$T_{rev} = a + b.T_{ar} \quad (1)$$

Onde:

- T_{rev} é a temperatura do pavimento (°C);
- T_{ar} é a temperatura do ar (°C) e
- a e b são fatores de ajuste da equação.

No entanto, anteriormente, Motta (1979) já destacava as dificuldades em se caracterizar a temperatura de revestimentos asfálticos. Conclui que as temperaturas de superfície respondem muito rapidamente às variações das condições meteorológicas, o que não acontece em profundidades de 5 cm ou mais. Ainda, o revestimento asfáltico como um todo encontra-se menos aquecido pela manhã e mais aquecido à tarde. Tendo em conta que a temperatura de superfície varia rapidamente seja qual for a hora do dia, a caracterização do comportamento da camada torna-se uma tarefa complexa.

Assim, os diversos trabalhos verificaram que a medição de temperaturas em profundidade ameniza o gradiente térmico, trazendo maior representatividade aos modelos. Por outro lado, a medição em superfície traz maior praticidade e uma grande quantidade de dados.

A padronização das deflexões em função da temperatura é usualmente realizada com o modelo obtido por Andreatini (1988), apresentado na Figura 1 e constante na publicação DER/SP IP-DE-P00/003, que corrige a temperatura do pavimento para 25°C.

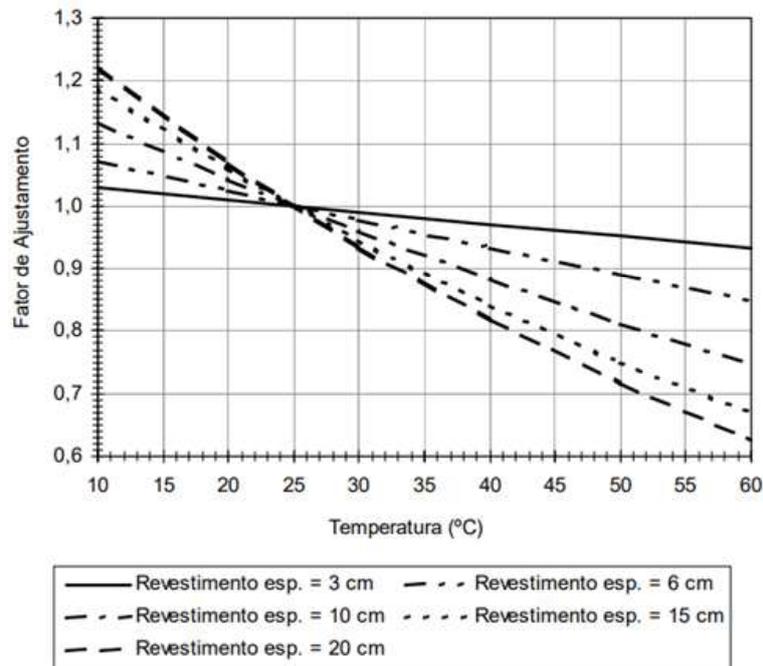


Figura 1: Fator de Correção da Deflexão em Função da Temperatura do Revestimento Asfáltico (DER/SP IP-DE-P00/003)

A variação das temperaturas ao longo da espessura do revestimento asfáltico foi caracterizada no trabalho de Moraes (2015). O experimento contou com leituras de temperaturas utilizando diversos equipamentos e em diversas profundidades no revestimento asfáltico. Foi observado que as leituras de temperatura feitas pelo equipamento FWD tendem a ser inferiores às medidas por termopares ou termômetro infravermelho. As temperaturas nas maiores profundidades variam menos ao longo do dia, de forma que entre as 9 e as 17 horas se mostraram inferiores às da superfície. Também, foi observado que a temperatura máxima na superfície ocorre por volta das 14 horas.

O estudo de Bueno (2016) avaliou os módulos de resiliência retroanalizados a partir de bacias deflectométricas obtidas com FWD. Os resultados mostraram que a determinação da rigidez das camadas granulares e do subleito dispensam ajustes nas bacias de campo. Por outro lado, o módulo de resiliência do revestimento se mostrou dependente da temperatura, demandando um procedimento iterativo para a sua determinação. O autor entende como necessário, um procedimento de correção das deflexões em função da temperatura, mais adaptado ao cenário nacional.

METODOLOGIA

Esta proposta de particularização do fator de ajustamento das deflexões em função da temperatura, passa pela definição de uma correlação entre as temperaturas do ar e do revestimento asfáltico, pela definição de uma temperatura representativa das condições de operação do pavimento e, por fim, considerando que o DNIT/IPR-720/2006 não apresenta recomendações quanto à essa questão, pela adaptação das curvas de ajustamento recomendadas pela DER/SP IP-DE-P00/003. Para este artigo foram selecionados dois trechos com características opostas: um nas proximidades de Cuiabá/MT de clima quente e outro nas proximidades de Caxias do Sul/RS de clima frio.



A correlação entre a temperatura do ar e a temperatura do pavimento foi estabelecida com base nos dados de levantamentos defletoométricos realizados conforme o DNER-PRO 273/96 com FWD. Tal equipamento, entre os dados obtidos, apresenta a medição da temperatura do ar e do revestimento asfáltico para cada estação de ensaio. Assim, a partir destes dados, foram estabelecidas correlações lineares entre os referidos parâmetros, sendo uma geral, considerando resultados obtidos em trechos diversos ao longo do país e outras específicas para o trecho em avaliação.

Uma vez que cada região do país apresenta características de climáticas diferentes, é proposto que a temperatura que melhor representa a situação em que o pavimento opera seja obtida a partir das médias das máximas. Os registros históricos de temperaturas foram obtidos em INMET (2023), neste caso em específico para as temperaturas máxima mensal e anual, neste caso em específico para as temperaturas máximas mensal e anual.

Utilizando a temperatura média das máximas anual de cada região como parâmetro de entrada na correlação entre a temperatura do ar e do pavimento, foi estimada qual seria a temperatura do revestimento asfáltico correspondente àquela temperatura do ar estabelecida como média das máximas anual. Esta temperatura foi denominada neste artigo de temperatura crítica de operação do pavimento (T_{CROP}).

De forma a facilitar as análises, foi realizada uma aproximação matemática dos valores do fator de ajustamento em função da espessura e temperatura do revestimento, conforme estabelece o modelo de Andreatini (1988), obtido conforme a equação (2) e as suas variáveis definidas pelas equações (3), (4) e (5). Tal equação estabelece o fator de ajustamento das deflexões especificamente da temperatura para a qual as deflexões foram medidas para a temperatura de 25°C. Este artigo propôs uma adequação de forma a estabelecer os fatores de ajustamento para temperaturas diversas, em especial para a temperatura crítica de operação do pavimento.

$$Fa = a * e^{b*T} - c \quad (2)$$

Sendo:

$$a = 0,0207h + 1 \quad (3)$$

$$b = 0,0049 - 0,006 \ln(h) \quad (4)$$

$$c = a * e^{25*b} - 1 \quad (5)$$

Onde:

- a , b e c são fatores de ajuste da equação;
- h é a espessura do pavimento (cm);
- T é a temperatura do pavimento (°C);
- Fa = Fator de ajustamento da deflexão em função da temperatura do revestimento asfáltico.

A identificação do tipo de asfalto utilizado nas estruturas avaliadas não foi possível, de forma que essa consideração não faz parte do modelo proposto. Observa-se, porém, que, ainda que seja uma questão que traria mais detalhamento ao modelo e se refletindo em uma possível melhora nas definições obtidas, a identificação do tipo de ligante em campo não é prática e mesmo em laboratório pode ser de difícil obtenção.



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURAS E DEFLEXÃO

A primeira definição necessária para as análises propostas é conhecer a relação entre a temperatura do ar e a temperatura do pavimento. Para isso foram analisados mais de 50.000 registros destas temperaturas, utilizando equipamento FWD, nos estados do RS, PR, MS, MT, GO, e MA. A relação estabelecida entre as variáveis é apresentada na Figura 2 e Equação (6). Tal relação, pode ser estabelecida especificamente para cada projeto, já que os equipamentos FWD contam com sensores para a medição e registro automático dessas temperaturas.

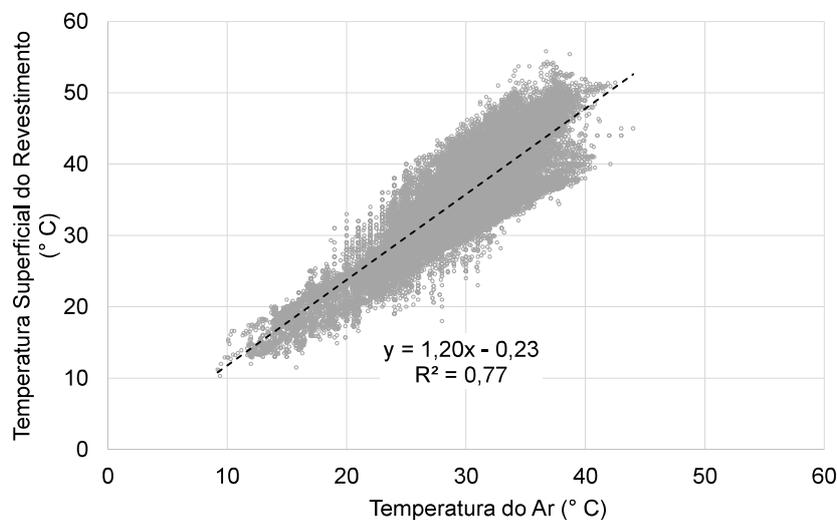


Figura 2 - Relação entre as temperaturas do ar e do revestimento asfáltico

$$T_{rev} = 1,20 \cdot T_{ar} - 0,23 \quad (6)$$

Onde:

- T_{rev} é a temperatura do revestimento asfáltico;
- T_{ar} é a temperatura do ar.

Estabelecida a relação entre as temperaturas, torna-se necessário conhecer o clima da região em que se está projetando. Para fins de exemplo, neste artigo serão consideradas duas a regiões de climas opostos, a saber: Cuiabá/MT e Caxias do Sul/RS. Para tanto, foi utilizada a média das temperaturas máximas em cada mês, conforme a Figura 3, resultando em uma temperatura média das máximas anual (média das máximas dos meses) de 33,4° C. Este artigo propõe a utilização desta temperatura como a mais representativa do comportamento geral do pavimento, conforme já denominado anteriormente de temperatura crítica de operação do pavimento (T_{CROP}).

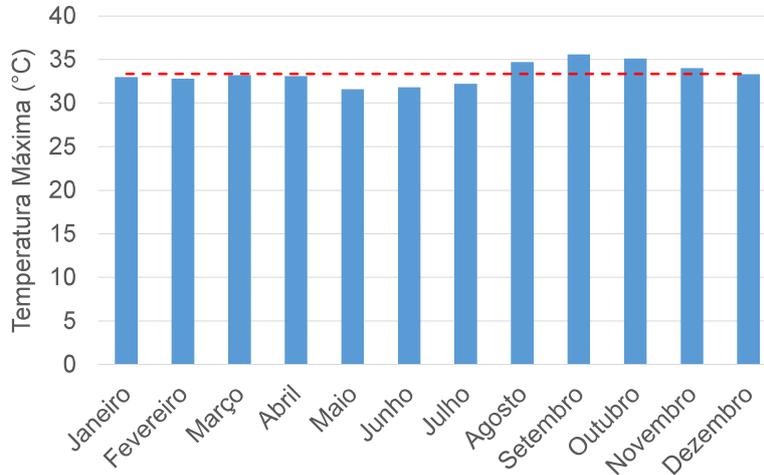


Figura 3 – Temperaturas máximas médias em Cuiabá/MT

Na Figura 4, os dados do levantamento considerado, na região de Cuiabá/MT, foram colocados em destaque. Observa-se que a correlação entre as temperaturas, conforme a Equação (7), difere ligeiramente da correlação geral, já apresentada pela Equação (6), porém, levando a uma diferença máxima de 3,9°C. De qualquer forma, é sempre desejável utilizar-se a correlação local, especialmente para uma extensão considerável de levantamento, em que se consiga obter um coeficiente de determinação adequado. Neste caso em específico, em que a temperatura máxima média para a região resultou 33,4°C, a correlação local levou a uma T_{CROP} correspondente a 41,4°C e a correlação geral à 39,9°C, demonstrando uma pequena diferença entre as metodologias.

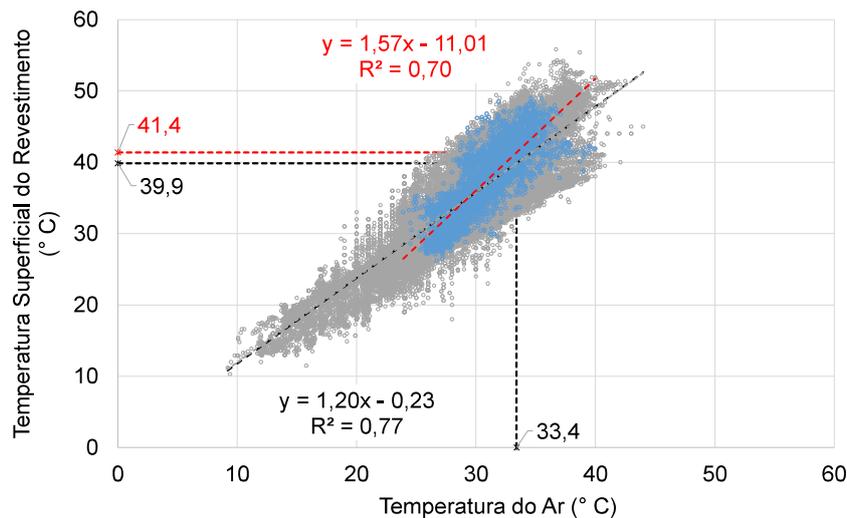


Figura 4 - Relação entre as temperaturas do ar e do revestimento asfáltico na região de Cuiabá/MT

$$T_{rev} = 1,57 \cdot T_{ar} - 11,01 \tag{7}$$

Onde:

- T_{rev} é a temperatura do revestimento asfáltico;
- T_{ar} é a temperatura do ar.



Neste levantamento, os resultados obtidos para a temperatura do revestimento asfáltico, considerando-se a média mais o desvio padrão para todos os pontos medidos, resultou em 33,2°C para temperatura do ar e 41,8°C para o revestimento asfáltico, valores estes muito semelhantes às temperaturas de operação, conforme o procedimento proposto, confirmando a necessidade de avaliar os fatores de ajustamento de forma particularizada.

Considerando a correlação local e arredondando o resultado para nenhuma casa decimal, considera-se $T_{CROP} = 41^{\circ}\text{C}$ e que, para essa temperatura, o coeficiente de ajustamento das deflexões deve ser igual a 1,0. Então, propõe-se o deslocamento vertical das curvas da Figura 1, mantendo o mesmo formato de curva, de forma que suas ordenadas correspondam ao fator de ajustamento igual a 1,0 para a temperatura de 41°C, para todas as espessuras de revestimento. Os demais fatores, para outras temperaturas em cada espessura de revestimento, vão variar mantendo a proporção inicialmente estabelecida por Andreatini (1988).

Para a obtenção dos fatores de ajustamento adequados à temperatura de operação da rodovia, deve-se adequar a Equação (5), considerando não mais a temperatura de 25°C, mas sim a temperatura crítica de operação do pavimento, conforme apresenta a Equação (8). O resultado obtido é apresentado pela Figura 5.

$$c = a * e^{T_{crop}*b} - 1 \quad (8)$$

Onde:

- a , b e c são fatores de ajuste da equação;
- h é a espessura do revestimento asfáltico (cm);
- T_{CROP} é a temperatura crítica de operação do pavimento ($^{\circ}\text{C}$).

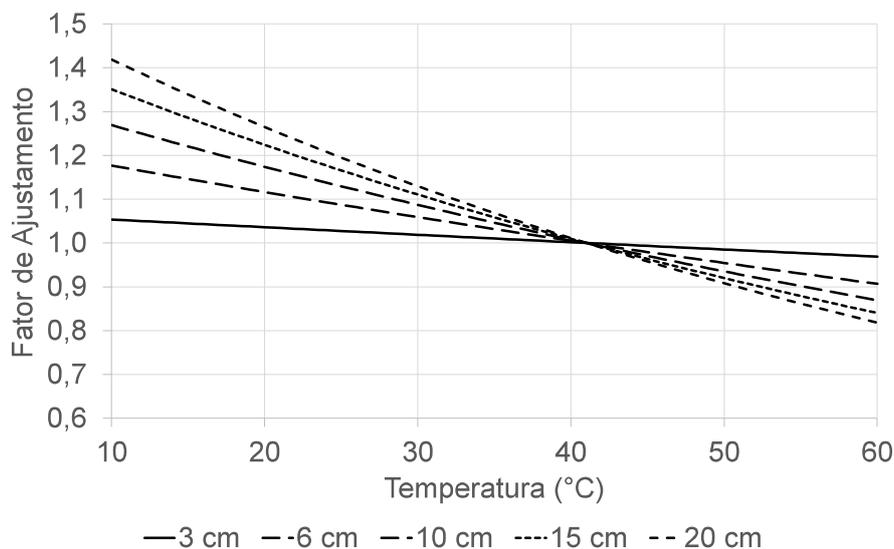


Figura 5 – Fatores de Ajustamento corrigidos para a Região de Cuiabá ($T_{CROP} = 41^{\circ}\text{C}$)

Para avaliar uma situação de clima oposto, foi selecionado um trecho nas proximidades do município de Caxias do Sul/RS, em que são esperadas temperaturas significativamente inferiores. No referido município, as temperaturas máximas médias são apresentadas pela Figura 6, na qual se verifica que, para o ano todo, a média das máximas resulta em 21,9°C.

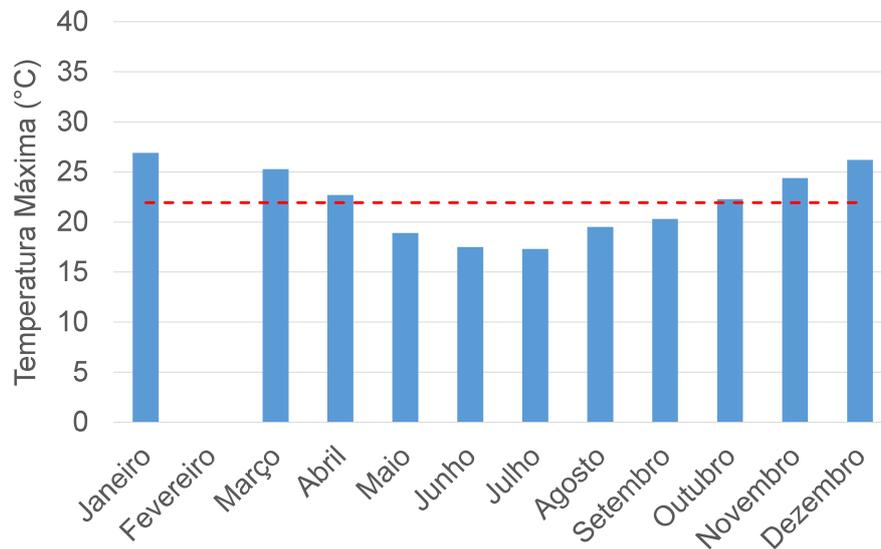


Figura 6 - Temperaturas máximas médias em Caxias do Sul/RS

As temperaturas do ar e do revestimento asfáltico, obtidas durante o levantamento são apresentadas na Figura 7 e a correlação entre elas pela Equação (9). Considerando a temperatura média das máximas anual de 21,9°C e a correlação obtida com dados locais, estima-se $T_{CROP} = 24,2^{\circ}\text{C}$ e adotando-se, para fins práticos, o valor de 24°C.

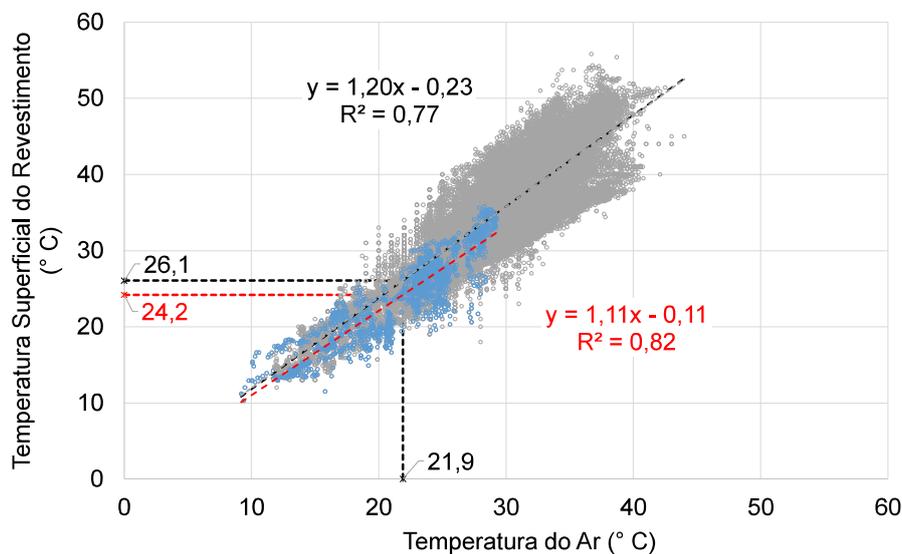


Figura 7 - Relação entre as temperaturas do ar e do revestimento asfáltico na região de Caxias do Sul/RS

$$T_{rev} = 1,11 \cdot T_{ar} - 0,11 \quad (9)$$

Onde:

- T_{rev} é a temperatura do revestimento asfáltico;
- T_{ar} é a temperatura do ar.



Neste levantamento, os resultados obtidos para a temperatura do revestimento asfáltico, considerando-se a média mais o desvio padrão para todos os pontos medidos, resultou em $26,5^{\circ}\text{C}$ para temperatura do ar e $29,8^{\circ}\text{C}$ para o revestimento asfáltico, valores estes não aderentes às temperaturas de operação, definidas conforme o procedimento proposto, confirmando a necessidade de avaliar os fatores de ajustamento de forma particularizada.

Para a obtenção dos fatores de ajustamento adequados à temperatura de operação da rodovia, deve-se adequar a Equação (5), utilizando o mesmo procedimento já descrito para a região de Cuiabá, tendo como base a Equação (8).

Para a temperatura crítica de operação estimada para a região de Caxias do Sul, atribui-se o fator de ajustamento igual a 1 e os fatores para as demais temperaturas variando proporcionalmente de forma que as curvas estabelecidas por Andreatini (1988) mantenham o seu formato original. O resultado obtido é apresentado pela Figura 8. Observa-se que para este caso, a correção estabelecida originalmente poderia ser aplicada, uma vez que a diferença entre a temperatura de operação e os 25°C originalmente propostos é de apenas 1°C .

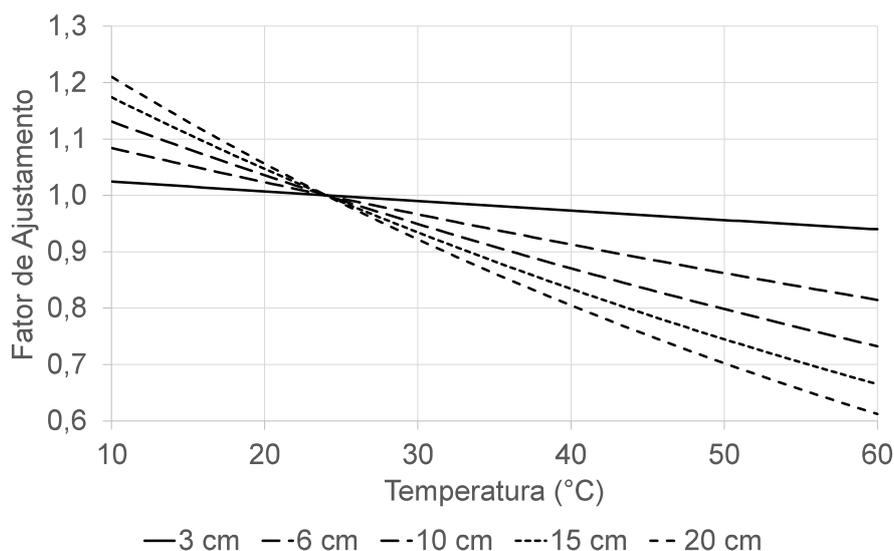


Figura 8 - Fatores de Ajustamento corrigidos para a região de Caxias do Sul/RS ($T_{\text{CROP}} = 24^{\circ}\text{C}$)

CONCLUSÕES

O presente artigo propôs particularização da metodologia de definição do fator de ajustamento das deflexões em função da temperatura, tendo os parâmetros necessários, todos medidos pelo equipamento FWD. Os resultados obtidos mostram que a metodologia adotada pela DER/SP IP-DE-P00/003 se apresentou mais adequada às regiões de clima frio, mas para as regiões de clima quente resulta em ajustes contrários à segurança, diminuindo o valor das deflexões medidas para a consideração no projeto.

Foram propostas correlações entre a temperatura do ar e a temperatura do revestimento asfáltico, ambas medidas pelo equipamento FWD em diversos trechos com diferentes características. Para demonstrar o método, foram escolhidos dois trechos de comportamentos opostos, um de clima quente



(Cuiabá/MT), que resultou em uma temperatura crítica de operação do pavimento (T_{CROP}) de 41°C e outro de clima frio (Caxias do Sul/RS), que resultou em uma T_{CROP} de 24°C . Observou-se que os fatores de ajustamento propostos por Andreatini (1988) e adotados pela DER/SP IP-DE-P00/003 se mostram mais aderentes a locais de clima frio. Para locais de clima quente o ajuste das deflexões para a temperatura de 25°C tende a gerar uma diminuição no valor da deflexão medida em campo, se distanciando das condições de operação da rodovia e gerando uma correção que é contrária à segurança. Também, se o levantamento de campo for realizado na estação mais quente do ano a tendência é obter menores fatores de correção. Se a região tiver estação fria e o levantamento for realizado no período frio, as correções serão maiores e a favor da segurança. Assim, fica evidenciada a importância da particularização dos fatores de ajustamento, em especial para locais de clima quente. Nesse contexto, este artigo propõe uma discussão sobre qual a forma mais adequada de considerar as deflexões, em função das variações de temperatura típicas de um país de dimensões continentais, como o Brasil.

REFERÊNCIAS

- Andreatini, L. P. V. Dimensionamento de reforço em pavimentos flexíveis – Sugestões no DNER-PRO – 11/79. Anais da 23ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis. 1988.
- Balbo, José Tadeu (2007). Pavimentação Asfáltica – Materiais, Projeto e Restauração. São Paulo: Oficina de Textos.
- Bueno, Lucas Dotto (2016). Avaliação Deflectométrica e de Rigidez: Estudo de Caso em Três Trechos Monitorados em Santa Maria/RS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria – PPGEC/UFSM. Santa Maria/RS.
- DER/SP IP-DE-P00/003 - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento. Instrução de Projeto. São Paulo.
- DNER-PRO 273/96 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Determinação de Deflexões Utilizando Deflectômetro de Impacto Tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”. Procedimento.
- DNIT/IPR-720/2006 - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes/Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2ª edição, Rio de Janeiro.
- Gonçalves, Fernando José Pugliero (2002). Estudo do Desempenho de Pavimentos Flexíveis a Partir de Instrumentação e Ensaio Acelerados. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEC/UFRGS. Porto Alegre/RS.
- INMET (2023). Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura e Pecuária - <https://portal.inmet.gov.br/normais>.
- Moraes, Carla Gonçalves de (2015). Análise de Bacias Deflectométricas Obtidas por 4 Equipamentos do Tipo *Falling Weight Deflectometer* (FWD). Dissertação de Mestrado, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- Motta, Laura Maria Goretti da (1979). O Estudo da Temperatura em Revestimentos Betuminosos. Dissertação de Mestrado, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- Motta, Laura Maria Goretti da (1991). Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; Critério de Confiabilidade e Ensaio de Cargas Repetidas. Tese de Doutorado, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- Pinto, Salomão; Preussler, Ernesto (2002). Pavimentação Rodoviária – Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro: S. Pinto, 2ª edição.



Souza, Thais Patrício; Otto, Gustavo Garcia; Almeida, Adosindro Joaquim de; Souza, Rafael Aleixo de; Mori, Flavio de; Valente, Amir Mattar (2019). Efeito da Condição Climática na Temperatura de Pavimento de Concreto Asfáltico Espesso. In: 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, Balneário Camboriú/SC.

Vieira, Cristiane Schmitt (2002). Desempenho de um Pavimento Flexível Solicitado por Simulador de Tráfego. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEC/UFRGS. Porto Alegre/RS.