

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

## **A AÇÃO DA TEMPERATURA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO<sup>1</sup>**

### **THE ACTION OF TEMPERATURE ON ASPHALT PAVEMENTS: A SYSTEMATIC MAPPING**

**Caroline Maiza Dapper<sup>2</sup>, Sandro Sawicki<sup>3</sup>, Rafael Zancan Frantz<sup>4</sup>, André Luiz Böck<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa desenvolvida no Programa de Pós Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, pertencente ao Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GCA).

<sup>2</sup> Bolsista CAPES/Prosc, Aluna do curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional da Unijuí.

<sup>3</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias e Orientador

<sup>4</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

<sup>5</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

#### **Resumo**

A pavimentação de vias terrestres proporciona condições de conforto e trafegabilidade, sendo o meio de transporte rodoviário o mais utilizado no Brasil. Ao compreender os principais efeitos que causam a degradação dos pavimentos rodoviários é possível projetar estruturas resistentes com a durabilidade desejada. Na estrutura do pavimento, o revestimento asfáltico é largamente utilizado, sendo que os principais fatores que o afetam são o tráfego de veículos, principalmente quando há o excesso de cargas, e a ação do clima, através da temperatura e presença de água. A partir disto, este trabalho realiza um mapeamento sistemático a fim de verificar quais são as metodologias utilizadas para representar a ação da temperatura nos revestimentos asfálticos. A definição das *strings* de busca e sua inserção na base de dados SCOPUS fornece o estado da arte do tema abordado. A análise dos resultados identificou que os principais métodos utilizados envolvem modelos de regressão para verificar a temperatura e o método dos elementos finitos para averiguar as respostas estruturais dos efeitos provocados pela temperatura. Paralelamente, validação é feita através de dados coletados em campo em períodos diferentes dos dados utilizados para as modelagens.

**Palavras-chave:** Pavimentação, Temperatura, Pavimentos Flexíveis.

#### **Abstract**

The paving of land roads provides conditions of comfort and trafficability, being the means of road transport the most used in Brazil. By understanding the main effects that cause road pavement degradation, it is possible to design resistant structures with the desired durability. In the structure of the pavement, the asphalt coating is widely used, and the main factors that affect it are the traffic of vehicles, especially when there is an excessive load, and the action of the climate, through the temperature and presence of water. From this, this work performs a systematic mapping in order to verify which are the methodologies used to represent the action of the temperature in the asphalt coatings. The definition of search string and their insertion in the SCOPUS database provides the state of the art of the topic addressed. The analysis of the results identified that the main methods used involve regression models to verify the temperature and the finite element method to ascertain the structural responses of the effects caused by the temperature. At the same time, validation is done through data collected in the field at different period than the data used for modeling.

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

**Keywords:** Pavement, Temperature, Flexible Pavement.

## I. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o principal meio de transporte utilizado no Brasil, tanto para cargas quanto para pessoas. Há um descompasso entre os investimentos em infraestrutura rodoviária e as necessidades do país, fazendo com que os bens produzidos percam parte do seu potencial competitivo devido a matriz modal deficiente (BERNUCCI et al, 2008).

Simultaneamente, o crescente fluxo de veículos e o acréscimo considerável de sobrecarga sobre as pavimentações, aliados a fatores climáticos, contribuem para a deterioração precoce dos revestimentos utilizados.

O conhecimento dos fatores que influenciam na vida útil e no desempenho dos materiais aplicados é necessário para garantir condições favoráveis ao tráfego e otimizar a aplicação de recursos naturais e financeiros nas obras de pavimentação. Entre os aspectos do meio físico que interferem no comportamento dos materiais aplicados, os que apresentam maior influência são a presença de água e a variação da temperatura.

O revestimento asfáltico é uma camada impermeável capaz de transmitir os esforços moderadamente a fim de proteger as camadas subjacentes. A suscetibilidade destas camadas inferiores à ação da água reforça a importância do correto dimensionamento e a utilização de materiais condizentes com as características da via.

Neste sentido, outro fator que deve ser considerado é a variação da temperatura, considerando que a rigidez dos revestimentos asfálticos está atrelada à ação da mesma. Torna-se eminente a necessidade de compreender os impactos na deformabilidade do revestimento em razão destas variações, bem como o comportamento do pavimento ao longo do tempo conforme a exposição a temperaturas extremas. Desta maneira, é possível prever o comportamento da estrutura e melhorar o seu dimensionamento.

Este artigo apresenta um mapeamento sistemático que viabiliza a compreensão do estado da arte referente à suscetibilidade dos revestimentos asfálticos de pavimentos flexíveis quando sujeitos à ação da temperatura, bem como os principais modelos e métodos utilizados e sua respectiva validação.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

A pavimentação rodoviária objetiva proporcionar uma melhoria operacional para o tráfego através de uma superfície mais regular, aderente e menos ruidosa, e, conseqüentemente, reduzir os custos operacionais dos veículos e permitir o deslocamento a velocidades maiores, otimizando o tempo de viagem (BALBO, 2007). Ao viabilizar um tráfego confortável e seguro, potencializa-se a aplicação de recursos concomitantemente com a execução de estruturas e utilização de materiais que sejam capazes de suportar os esforços atuantes, decorrentes da ação combinada do tráfego e do clima (BALBO, 2007).

O pavimento caracteriza-se como uma estrutura destinada a resistir aos esforços provenientes do

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

tráfego e melhor distribuí-los, a otimizar as condições quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais, proporcionando maior durabilidade (DE SENÇO, 1997). Podem ser classificados de acordo com a formatação de sua estrutura, subdividindo-se em rígidos, flexíveis e compostos. Estes termos diferenciam a forma que os carregamentos são transmitidos da superfície para a estrutura, sendo que em pavimentos flexíveis as tensões são uniformes e as deflexões não uniformes e em pavimentos rígidos isto ocorre de forma inversa (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2017).

A estrutura do pavimento-tipo é composta pela camada superficial asfáltica, que apoia-se nas camadas de base, sub-base e reforço do subleito (quando necessário), as quais são compostas de materiais granulares, conforme a Figura 1 (BERNUCCI et al, 2008).

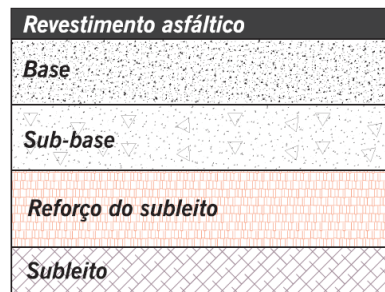


Figura 1 - Estrutura do pavimento-tipo (BERNUCCI et al, 2008).

Nos pavimentos flexíveis o aglutinante utilizado é o betume, resultado da combinação de hidrocarbonetos produzidos naturalmente ou por combustão (DE SENÇO, 1997). Consistem em uma camada de concreto asfáltico executada sobre uma base e/ou sub-base granular, dispostas sobre o solo compactado (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2017).

Devido as propriedades características dos materiais constituintes dos pavimentos flexíveis há uma expressiva variação do revestimento asfáltico quando submetido à temperatura ambiente, principalmente em decorrência da exposição à condições extremas de calor e de frio. Esta exposição a diferentes níveis de radiação solar e à temperatura ambiente resulta em variações da temperatura na superfície e, conseqüentemente, gradientes de acordo com a profundidade, o que afeta o comportamento dos pavimentos, tanto rígidos quanto flexíveis (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2017).

Especificamente no caso dos pavimentos flexíveis, a temperatura influencia o módulo do concreto asfáltico, o que, por sua vez, afeta diretamente as características quanto à fadiga e as deformações plásticas (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2017). Os danos provocados pela atuação do clima podem classificar em reversíveis, caracterizados pelas flutuações diárias que aumentam a viscosidade com a queda de temperatura e vice-versa, e irreversíveis, através de alterações químicas (BALBO, 2007).

A redução da viscosidade da mistura asfáltica faz com que haja o aumento da mobilidade dos agregados ao submeter-se às ações dos carregamentos, reduzindo a resistência ao cisalhamento em função da alteração das características do ligante. Estas variações sazonais do clima influenciam no desempenho do pavimento e por isso é necessária a sua avaliação na fase de projeto, o que resultará

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

num aumento significativo na qualidade da mistura (BALBO, 2007).

### III. METODOLOGIA

Kitchenham et al (2011) afirmam que mapeamentos sistemáticos podem auxiliar os pesquisadores a direcionar suas linhas de pesquisa para estudos posteriores. Desta maneira, é possível identificar os estudos já realizados sobre determinado assunto e verificar quais são as lacunas que ainda precisam ser averiguadas.

Portanto, é necessário estabelecer um planejamento para o mapeamento sistemático, que orienta a sequência das etapas a serem seguidas. Para isto, foram elencadas as etapas para a sua realização, sendo elas:

- Definição das questões de pesquisa;
- Elaboração da *string* de busca;
- Seleção dos trabalhos relevantes;
- Leitura diagonal e descarte dos trabalhos irrelevantes à pesquisa;
- Seleção final dos trabalhos utilizados.

Através do mapeamento, esta pesquisa pretende responder as seguintes questões:

- Q1: Quais são os autores mais ativos na área?
- Q2: De que forma as publicações estão distribuídas ao longo do tempo?
- Q3: Quais os principais meios de publicação?
- Q4: Quais os modelos usados para verificar o efeito da temperatura ambiente na pavimentação?
- Q5: Quais são os tipos de experimentos recomendados para elaborar modelos de previsão da temperatura no pavimento?
- Q6: Como é feita a validação dos modelos propostos?

A partir das questões de pesquisa foram determinados critérios para a seleção dos trabalhos a fim de obter resultados relevantes que pudessem respondê-las.

- Publicações entre 2016 e 2020;
- Publicações redigidas em inglês;
- Leitura do título;
- Leitura das palavras-chave;
- Leitura do resumo.

Foi utilizada a base de dados SCOPUS, que inclusive indexa trabalhos de outras bases, utilizando o termo de busca ("Asphalt Pavement" e "Temperature") ou ("Flexible Pavement" e "Temperature"), limitando a busca ao título. Desta maneira, obtém-se documentos relacionados à pavimentação asfáltica de uma forma geral e também específica dos pavimentos flexíveis, todos relacionados com o efeito da temperatura. Para a obtenção das últimas pesquisas relacionadas ao tema, restringiu-se às publicações entre os anos de 2016 e 2020.

A busca retornou 104 resultados, os quais foram categorizados de acordo com a relevância.

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Primeiramente, foi realizada a leitura do título e posteriormente a leitura diagonal dos trabalhos que apresentaram conexão com o objetivo proposto.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentadas as respostas para as questões de pesquisa através do mapeamento realizado.

Para responder a Q1: Quais são os autores mais ativos na área? Na Tabela 1 são listados os autores com a respectiva quantidade de trabalhos publicados, destacando-se os mais ativos.

Tabela 1 - Publicações por autor

<b>Autor</b>	<b>Quantidade de Trabalhos</b>
Li, Y.	2
Liu, L.	2
Ma, B.	2
Shen, A.	2
Sun, L.	2
Tarefder, R. A.	2
You, Z.	2
Zhao, X.	2
Ablaliyev, S. A.	1
Ai, C.	1

Para responder a Q2: De que forma as publicações estão distribuídas ao longo do tempo? A Tabela 2 mostra que esta temática vem sendo abordada em mais trabalhos nos últimos anos, o que evidencia a relevância do tema.

Tabela 2 - Publicações por ano

<b>Ano</b>	<b>Publicações</b>
2020	7
2019	3
2018	5
2017	3
2016	4

Para responder a Q3: Quais os principais meios de publicação? Na Tabela 3 estão elencados os

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

principais meios de publicação com o número de publicações encontradas.

Tabela 3 - Fontes mais publicadas

Veículos de Publicação	Publicações
Construction And Building Materials	7
International Journal Of Pavement Engineering	3
IOP Conference Series Materials Science And Engineering	5
Journal Of Cold Regions Engineering	3
10th International Conference On Environmental Engineering Icee 2017	4

Para responder a Q4: Quais os modelos usados para verificar o efeito da temperatura ambiente na pavimentação? Quando é analisado o efeito da temperatura e seu comportamento nas camadas do pavimento, destaca-se a utilização de modelos de regressão para a modelagem deste comportamento. Entretanto, quando são analisadas as respostas estruturais do pavimento em relação a estes efeitos da temperatura, destaca-se a utilização do Método dos Elementos Finitos.

Para responder a Q5: Quais são os tipos de experimentos recomendados para elaborar modelos de previsão da temperatura no pavimento? A utilização de dados reais é a principal forma de obter os modelos, seja através de sensores instalados ao longo da profundidade ou de dados de estações meteorológicas.

Para responder a Q6: Como é feita a validação dos modelos propostos? Tendo em vista que a principal forma de elaborar os modelos é a utilização de dados reais de um determinado período, para que seja feita a validação são utilizados dados de um período posterior e, assim, aferida a confiabilidade do modelo proposto.

Através dos critérios de inclusão e exclusão, obteve-se no total 22 artigos relevantes, conforme a Tabela 4.

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Tabela 4 - Artigos relevantes

<b>Título</b>	<b>Referência</b>
Effect of temperature field on damage initiation in asphalt pavement: a microstructure-based multiscale finite element method	Sun et al. (2020)
Study on temperature related factors of asphalt pavement based on APRIORI	Lin et al. (2020)
Surface temperature prediction of asphalt pavement based on GBDT	Qiu et al. (2020)
Numerical investigation of the mechanical response of semi-rigid base asphalt pavement under traffic load and nonlinear temperature gradient effect	Assogba et al. (2020)
Temperature response of asphalt pavement to low temperatures and large temperature differences	Zhao et al. (2020)
Critical position of fatigue damage within asphalt pavement considering temperature and strain distribution	Cheng et al. (2020)
Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement	Alkaissi (2020)
Correlation between pavement temperature and deflection basin form factors of asphalt pavement	Zheng et al. (2019)
Dynamic response of temperature-seepage-stress coupling in asphalt pavement	Si et al. (2019)
Numerical model for calculating the unstable state temperature in asphalt pavement structure	Zhang et al. (2019)
Dynamic behavior and performance analysis of asphalt pavement in areas with extreme seasonal variation in temperature	Ai et al. (2018)
Contribution of day-night temperature fluctuation to top-down cracking in asphalt pavement	Islam et al. (2018)
Durability of innovative construction materials and structures temperature predictions for asphalt pavement with thick asphalt layer	Li et al. (2018)
Prediction model for asphalt pavement temperature in high-temperature season in Beijing	Chao e Jinxi (2018)
Temperature adaptability of asphalt pavement to high temperatures and significant temperature differences	Zhao et al. (2018)
Effective temperature for predicting permanent deformation of asphalt pavement	Li et al. (2017)
Correlation analysis between temperature indices and flexible pavement distress predictions using mechanistic-empirical design	Yang et al. (2017)
Classification of surface temperature for the flexible pavement design	Kelizienè et al. (2017)
Mechanistic-empirical asphalt pavement design considering the effect of seasonal temperature variations	Haponiuk e Zbiciak (2016)
Modeling of transient temperature distribution in multilayer asphalt pavement	Teltayev (2016)
Temperature profile prediction for flexible pavement structures	Taamneh (2016)
Determining the average asphalt temperature of flexible pavement	Khan et al. (2016)

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Sun et al. (2020) utiliza o Método dos Elementos Finitos para analisar o efeito da ação da temperatura nos danos iniciais em pavimentos sujeitos aos carregamentos de tráfego. É feita uma análise local, de acordo com a propriedade de cada material utilizado, e uma análise global. A ferramenta mecanicista apresentada busca melhorar a previsão e a avaliação do desempenho dos projetos estruturais de pavimentação.

Lin et al. (2020) emprega o algoritmo APRIORI para identificar os principais fatores meteorológicos que afetam a temperatura da superfície do revestimento asfáltico, na localidade que a pesquisa foi desenvolvida. Entretanto, para um estudo mais aprofundado, os autores sugerem a utilização de mais fatores meteorológicos.

Qiu et al. (2020) compara três métodos de previsão da temperatura nos pavimentos asfálticos durante o inverno, sendo eles Árvores de Decisão de Reforço de Gradiente (Gradient Boosting Decision Tree - GBDT), Floresta Aleatória (Random Forest) e Regressão Linear. O GBDT apresentou os boa capacidade de generalização e pode prever as mudanças de temperatura no pavimento asfáltico com maior precisão.

Assogba et al. (2020) analisa a resposta dos pavimentos através do efeito combinado do gradiente termal e dos carregamentos, utilizando a modelagem 3D em Elementos Finitos. O modelo mostrou-se representativo em relação ao perfil de temperatura no pavimento. Constatou-se que a não-linearidade do gradiente térmico da camada asfáltica provoca a alteração do módulo de rigidez em função da profundidade, influenciando no desempenho mecanístico do pavimento.

Zhao et al. (2020) analisa o efeito da mudança brusca de temperatura, da grande amplitude térmica e das baixas temperaturas, através de um modelo 3D em Elementos Finitos em sete estruturas de pavimento. O grau de transferência de calor está diretamente ligado à combinação da estrutura e a espessura da camada de asfalto. As trincas estão diretamente ligadas às mudanças bruscas de temperatura e da amplitude térmica.

Cheng et al. (2020) investigou as posições críticas de fadiga em dois tipos de pavimentos (pavimento flexível e semi-rígido). A distribuição dos danos de deformação é influenciada em função das condições de temperatura. Nos pavimentos flexíveis, o aumento da temperatura ocasionou a redução dos danos críticos, havendo uma tendência contrária nos pavimentos semi-rígidos. No flexível o dano máximo ocorreu no fundo da camada asfáltica.

Alkaissi (2020) analisa teoricamente a performance dos pavimentos flexíveis com a simulação de dois modelos através do programa de elementos finitos ABAQUS, o primeiro considerando apenas o efeito do tráfego e o segundo considerando o efeito combinado do tráfego com a temperatura. Há um significativo aumento de danos quando a análise abrange a temperatura.

Zheng et al. (2019) realizou ensaios de deflexão com o controle de temperatura a fim de analisar sua influência. Foi desenvolvido um modelo de predição da temperatura que se mostrou altamente preciso e estabeleceu-se uma correlação entre as deflexões obtidas e a temperatura do pavimento. Com isto, torna-se viável os testes de qualidade e o posterior cálculo do módulo do pavimento asfáltico.

Si et al. (2019) analisa os fatores ambientais (temperatura e infiltração) concomitantemente com



**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

os efeitos do tráfego, com modelo em elementos finitos no software ABAQUS. Quando esses fatores ambientais são considerados há um significativo aumento de tensões na camada asfáltica, o que poderia levar a ocorrência de trincas e rachaduras no pavimento, afetando o desempenho. A validação do modelo foi realizada através de ensaios de campo, apresentando grande convergência.

Zhang et al. (2019) determina os fatores que influenciam a temperatura no pavimento, cujo comportamento é instável, através de um modelo bidimensional utilizando diferenças finitas e Matlab. Os dados obtidos através do modelo foram comparados com os dados obtidos em campo, através de sensores, apresentando um desvio próximo a 3°C. Sugere-se um estudo aprofundado da alteração dos parâmetros termo-físicos do pavimento provocados pela temperatura.

Ai et al. (2018) analisa a estrutura do pavimento através de um modelo tridimensional em elementos finitos as respostas dos carregamentos do tráfego em áreas com variações extremas de temperatura. Foram estabelecidos dois modelos, um com base semi-rígida e outro com base granular, sendo que este último apresentou melhor desempenho quando considerada a suscetibilidade às variações sazonais de temperatura.

Islam e Tarefder (2018) analisam a contribuição das variações de temperaturas diurnas e noturnas na ocorrência das trincas Top Down nos pavimentos asfálticos. Há uma redução do erro de 13% quando é considerado o dano provocado pela temperatura juntamente com o dano provocado pelo tráfego.

Li et al. (2018) afirma que os modelos usuais de predição de temperatura aplicam-se a pavimentos com espessuras inferiores a 30 cm e propõe um modelo estatístico para prever a temperatura em profundidades superiores. Foram instalados sensores para aferir a temperatura em três locais de teste, registrando também a temperatura do ar e a radiação solar totais horárias. A validação do modelo se deu com dados de áreas de teste adicionais.

Chao e Jinxi (2018) propõem um modelo de predição da temperatura, cujo do modelo de regressão foi estabelecido através do método dos mínimos quadrados parciais, considerando os dados coletados de temperatura em diversas profundidades e das condições do ambiente. A validação do modelo ocorreu através da coleta de dados adicionais, indicando que o modelo proposto apresenta precisão e confiabilidade.

Zhao et al. (2018) desenvolve um modelo em elementos finitos considerando as condições adversas de temperatura para analisar a estrutura dos pavimentos. Foram utilizados os modelos de Kelvin e de Burger, selecionando sete estruturas alternativas, as quais foram analisadas de acordo com a temperatura e as respostas mecânicas.

Li et al. (2017) desenvolve um modelo para calcular a temperatura efetiva para simplificar a previsão de deformação do pavimento, considerando predominantemente as altas temperaturas. No modelo, foram acrescentadas as propriedades das misturas asfálticas e a velocidade dos veículos. Entretanto, os resultados obtidos foram razoáveis e os autores sugerem analisar mais dados a fim de validar o modelo proposto.

Yang et al. (2017) explora a correlação entre os índices potenciais inerentes à temperatura em relação às formas de degradação do pavimento (trincas top-down, trincas bottom-up, trincas térmicas, índice de rugosidade). A partir disto, buscou-se compreender os efeitos dessas variáveis climáticas. Os

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

autores destacam que caso haja a influência intensa de precipitação e umidade as correlações apresentadas podem se alterar, o que indica a possibilidade de ampliar o estudo de caso para regiões mais amplas a fim de garantir maior confiabilidade no modelo.

Kleizienè et al. (2017) traz uma revisão sobre os métodos de previsão de temperatura e as pesquisas recentes sobre o impacto da mesma e as causas de falhas. Divide uma determinada região de acordo com perfis de temperatura e determina 14 classes de temperatura a cada 5°C, as quais possibilitariam estimar as respostas estruturais do pavimento ao longo da vida útil e incentivam o uso de procedimentos avançados para projetar pavimentos de longa durabilidade.

Haponiuk e Zbiciak (2016) analisam a influência da variação sazonal da temperatura e indica que há uma significativa redução da durabilidade do pavimento (principalmente no caso de pavimentos semi-rígidos, quando comparados a pavimentos flexíveis).

Teltayev et al. (2016) desenvolve um modelo matemático em elementos finitos para transformar a transferência de calor unidimensional em uma estrutura multicamadas, considerando a radiação solar, emissões atmosféricas e da terra. A validação do modelo se deu através da comparação entre os resultados empíricos com os dados experimentais.

Taamneh (2016) obteve dados reais do perfil de temperatura no revestimento, além da temperatura do ar, direção do vento, precipitação e radiação solar, para desenvolver os modelos de regressão que preveem os perfis mínimos e máximos de temperatura. Para a validação do modelo foram coletados os dados do mesmo local em um período posterior, apresentando-se com precisão adequada. Utiliza modelos de regressão para prever as temperaturas máximas e mínimas nos perfis dos pavimentos, através dos dados de temperatura do ar, velocidade do ar, direção do vento, precipitação e radiação solar.

Khan et al. (2016) propõe um modelo de regressão para determinar a temperatura média do revestimento asfáltico a partir da temperatura na superfície e determina também em qual profundidade isto ocorre. A validação do modelo se deu através de dados adicionais, do mesmo local.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um mapeamento sistemático na área de engenharia, especificamente em pavimentação de rodovias. Seu refinamento trouxe um estado da arte que envolve a ação da temperatura nos pavimentos asfálticos. Esta temática vem despertando o interesse da comunidade científica, conforme pôde-se constatar no aumento dos trabalhos encontrados nos últimos anos. Concomitantemente foi possível destacar os principais meios de publicação que este tema está inserido.

Ainda, destacou-se os autores que mais escrevem sobre o assunto, possibilitando analisar as metodologias utilizadas e também a forma de validação dos modelos propostos.

Percebe-se que há uma certa variedade nas metodologias adotadas e há fatores locais que interferem na modelagem, motivo pelo qual ainda não há uma proposta capaz traduzir de forma generalizada os efeitos que a temperatura provoca no pavimento.

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

## VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP/CAPES).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKAISSI, Zainab Ahmed. Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, v. 32, n. 1, p. 1-4, 2020.

ASSOGBA, Ogoubi Cyriaque et al. Numerical investigation of the mechanical response of semi-rigid base asphalt pavement under traffic load and nonlinear temperature gradient effect. *Construction and Building Materials*, v. 235, p. 117406, 2020.

BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. *Oficina de Textos*, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, v. 504, 2008.

CHAO, Jing; JINXI, Zhang. Prediction model for asphalt pavement temperature in high-temperature season in Beijing. *Advances in Civil Engineering*, v. 2018, 2018.

CHENG, Huailei et al. Critical position of fatigue damage within asphalt pavement considering temperature and strain distribution. *International Journal of Pavement Engineering*, p. 1-12, 2020.

DE SENÇO, W. Manual de técnicas de pavimentação. Pini, 1997. AI, Changfa et al. Dynamic Behavior and Performance Analysis of Asphalt Pavement in Areas with Extreme Seasonal Variation in Temperature. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, v. 144, n. 3, p. 04018035, 2018.

HAPONIUK, B.; ZBICIAK, A. Mechanistic-empirical asphalt pavement design considering the effect of seasonal temperature variations. *Archives of Civil Engineering*, v. 62, n. 4/I, 2016.

ISLAM, Md Rashadul; TAREFDER, Rafiqul A. Contribution of Day-Night temperature fluctuation to Top-Down cracking in asphalt pavement. *Journal of Cold Regions Engineering*, v. 32, n. 1, p. 06017006, 2018.

KHAN, Zafrul; ISLAM, Md Rashadul; TAREFDER, Rafiqul A. Determining the average asphalt temperature of flexible pavement. In: 4th Geo-China International Conference. 2016. p. 113-119.

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, O. P. Using mapping studies as the basis for further research—a participant-observer case study. *Information and Software Technology, Elsevier*, v. 53, n. 6, p. 638–651, 2011.

KLEIZIENÄ–, Rita et al. Classification of Surface Temperature for the Flexible Pavement Design. In: *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering*. ICEE. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa  
**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Economics & Property, 2017. p. 1-7.

LI, Yi et al. Effective temperature for predicting permanent deformation of asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, v. 156, p. 871-879, 2017.

LI, Yi; LIU, Liping; SUN, Lijun. Temperature predictions for asphalt pavement with thick asphalt layer. *Construction and Building Materials*, v. 160, p. 802-809, 2018.

LIN, W. Y. et al. Study on Temperature Related Factors of Asphalt Pavement Based on APRIORI. *MS&E*, v. 758, n. 1, p. 012030, 2020.

PAPAGIANNAKIS, A. T.; MASAD, E. A. *Pavement design and materials*. John Wiley & Sons, 2017.

QIU, X. et al. Surface Temperature Prediction of Asphalt Pavement Based on GBDT. *MS&E*, v. 758, n. 1, p. 012031, 2020.

SI, Chundi et al. Dynamic response of temperature-seepage-stress coupling in asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, v. 211, p. 824-836, 2019.

SUN, Yiren et al. Effect of temperature field on damage initiation in asphalt pavement: A microstructure-based multiscale finite element method. *Mechanics of Materials*, v. 144, p. 103367, 2020.

TAAMNEH, Madhar. Temperature profile prediction for flexible pavement structures. *HKIE Transactions*, v. 23, n. 3, p. 150-156, 2016.

TELTAYEV, Bagdat B.; AITBAYEV, Koblanbek; ABLALIYEV, Satzan A. MODELING OF TRANSIENT TEMPERATURE DISTRIBUTION IN MULTILAYER ASPHALT PAVEMENT. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, v. 108, n. 3, p. 709-722, 2016.

YANG, Xu et al. Correlation analysis between temperature indices and flexible pavement distress predictions using mechanistic-empirical design. *Journal of Cold Regions Engineering*, v. 31, n. 4, p. 04017009, 2017.

ZHANG, Naiji et al. Numerical Model for Calculating the Unstable State Temperature in Asphalt Pavement Structure. *Coatings*, v. 9, n. 4, p. 271, 2019.

ZHAO, Xueying; SHEN, Aiqin; MA, Baofu. Temperature response of asphalt pavement to low temperatures and large temperature differences. *International Journal of Pavement Engineering*, v. 21, n. 1, p. 49-62, 2020.

ZHAO, Xueying; SHEN, Aiqin; MA, Baofu. Temperature Adaptability of Asphalt Pavement to High Temperatures and Significant Temperature Differences. *Advances in Materials Science and Engineering*, v. 2018, 2018.

ZHENG, Yuanxun; ZHANG, Peng; LIU, Heng. Correlation between pavement temperature and

**Evento:** XXV Jornada de Pesquisa

**ODS:** 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

deflection basin form factors of asphalt pavement. International Journal of Pavement Engineering, v. 20, n. 8, p. 874-883, 2019.

**Parecer CEUA:** 3.464.553