

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO EMPÍRICO E MECANÍSTICO-EMPÍRICO PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

ANDREZA DIAS FERREIRA¹

¹Graduanda no curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Universidade Paulista, Campus Brasília, matrícula C203AI-5, Turma EC0930, andrezadias53@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo apresentar as principais diferenças entre o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis atualmente utilizado pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, sendo este um método empírico, e o novo método de dimensionamento MEDINA, método mecanístico-empírico desenvolvido pelo convênio entre a COOPE/RJ, o Departamento de Geotecnia da Universidade do Rio de Janeiro e o IPR – Instituto de Pesquisa Rodoviárias do DNIT. O primeiro método citado, empírico, foi formulado por volta dos anos 60, em vista da grande demanda de rodovias necessárias na época. Foi feito com base nos estudos e resultados de experimentos da USACE – Corpo de Engenheiros do Exército Americano, e ASHTOO – Associação Americana de Rodovias e Transportes. Entretanto, o método citado não atende às necessidades atuais, visto que não engloba as ações que variações climáticas podem causar no pavimento, nem as novas configurações de eixos dos veículos que circulam pelas estradas brasileiras e nem as características físicas de novos materiais utilizados na execução de rodovias. Já o novo método, mecanístico-empírico, foi formulado de forma a abranger todos esses déficits, podendo auxiliar ainda no dimensionamento de reforços estruturais dos pavimentos, através do software BackMedina. Esse método analisa as tensões aplicadas sobre cada ponto importante do pavimento, bem como as variações que ocorrem ao longo do tempo, e as características dos materiais componentes.

PALAVRAS-CHAVE: MEDINA, BackMedina, pavimentos, empírico, mecanístico-empírico, reforço de pavimentos.

COMPARISON BETWEEN EMPIRICAL AND MECHANISTIC-EMPIRICAL METHODS FOR SIZING FLEXIBLE PAVEMENTS

ABSTRACT: This paper aims to present the main differences between the flexible pavement sizing method currently used by DNIT - National Department of Transport Infrastructure, which is an empirical method, and the new sizing method MEDINA, a mechanistic-empirical method developed by the convention between COOPE / RJ, the Department of Geotechnics of the University of Rio de Janeiro and the IPR - DNIT Road Research Institute. The first empirical method cited was formulated around the 1960s, in view of the high demand for highways needed at the time. It was based on studies and experiment results from USACE - US Army Corps of Engineers, and AASHTO – American Association of State Highway Transportation Officials. However, the aforementioned method does not meet current needs, as it does not cover the actions that climatic variations may cause on the pavement, nor the new axle configurations of vehicles that circulate on Brazilian roads, nor the physical characteristics of new materials used in the execution of pavements. highways. The mechanistic-empirical new method was formulated to cover all these deficits and can also help in the sizing of structural reinforcements of the pavements, through BackMedina software. This method analyzes the stresses applied to each important point of the pavement, as well as the variations that occur over time, and the characteristics of the component materials. The present work also aims to identify which laboratory tests are required to use these methods, and to analyze the costs incurred in

each one important point of the pavement, as well as the variations that occur over time, and the characteristics of the component materials.

INTRODUÇÃO

No Brasil, 58 % das mercadorias são transportadas através de rodovias, sendo este o principal modal de transportes. Segundo a CNT – Confederação Nacional dos Transportes, o país possui quase 1,7 milhão de quilômetros de estradas, mas apenas 12,1 % das rodovias possuem pavimentação. Deste 1,7 milhão, 56 485, 4 km de rodovias fazem parte da malha rodoviária federal. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão responsável pela manutenção, ampliação, construção, fiscalização, e elaboração de estudos técnicos para a resolução de problemas relacionados ao Sistema Federal de Viação como também do tráfego multimodal de pessoas e bens.

Segundo a CNT, em 2008, a frota brasileira de veículos era de 54,5 milhões de automóveis. Pouco mais de 10 anos depois, a frota cresceu 82,4%, chegando a quase 100 milhões de veículos trafegando pelas rodovias. Mas os investimentos na recuperação e manutenção de rodovias não cresceu proporcionalmente. De acordo com o levantamento feito na “Pesquisa CNT de Rodovias”, estima-se que 57% da malha viária já construída foi classificada como regular, ruim ou péssima. Nas rodovias federais analisadas, os dois principais problemas destacados são deficiências na geometria das vias (75,7%) e pavimentos deteriorados (51%).

Ainda segundo a CNT, a falta de conservação das estradas trouxe um desperdício de cerca de 876, 78 milhões de litros de combustível, correspondendo a aproximadamente R\$ 3,02 bilhões. Gera-se também impacto ambiental: os gases poluentes emitidos devido ao desperdício de combustível só seriam compensados com a plantação de 14,2 milhões de árvores. Em parte, a falta de serviços de conservação deve-se ao baixo investimento governamental no setor de infraestrutura de transporte. Entre 2015 e 2018, apenas 0,18% do PIB foi investido nesse setor.

Nesse contexto, cabe-se analisar também os métodos de dimensionamento e execução das estradas brasileiras. Segundo o estudo da CNT “Transportes rodoviários: Porque as rodovias no Brasil não duram?” (2017), os principais problemas das rodovias brasileiras elencados foram classificados em 4 categorias, sendo elas:

- Método de dimensionamento ultrapassado;
- Tecnologias e processos construtivos;
- Manutenção e gerenciamento de pavimentos;
- Fiscalização.

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis utilizado no Brasil é essencialmente empírico, e teve sua primeira publicação em 1960, com duas edições publicadas posteriormente, em 1996 e 2006. Ainda de acordo com o estudo da CNT “Transportes rodoviários: Porque as rodovias no Brasil não duram?” (2017):

“O método de dimensionamento empírico adotado pelo DNIT é uma variante do método CBR, utilizando um eixo-padrão de 18.000 libras (8,2 t). Concebido pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), o modelo utiliza como base um trabalho publicado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (U. S. Army Corps of Engineers - USACE), juntamente com conclusões obtidas na pista experimental da Associação Americana de Rodovias e Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO).”

No método brasileiro, os fatores considerados para o cálculo das espessuras das camadas são o fator de tráfego N e os índices CBR dos materiais componentes.

Já os métodos mecanístico-empíricos são elaborados a partir de modelos teóricos sobre o comportamento estrutural das camadas que compõem os pavimentos, por meio dos princípios da mecânica dos pavimentos. A calibração das características mecânicas dos materiais pode ser feita por meio empírico ou laboratorial.

Atualmente no Brasil, o método de dimensionamento determinado nas normativas do DNIT é empírico. Entretanto, a partir de estudos financiados pela Petrobras, realizados em conjunto por universidades e pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do DNIT, foi elaborado um novo método de dimensionamento, de caráter mecanístico-empírico, chamado de Medina (Método de

Dimensionamento Nacional), consolidado em um software que possibilita tanto o dimensionamento de novas rodovias, quanto o reforço das já existentes, indicando a espessura de cada camada e o tipo de material que terá melhor desempenho.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi escrito através do método de revisão de literaturas já existentes que abordam sobre o tema. Pesquisas bibliográficas foram feitas para fornecer embasamento teórico sobre o trabalho.

Para determinação da problemática inicial, foram consultadas as publicações oficiais do Confederação Nacional do Transporte, órgão nacionalmente reconhecido, dedicado ao estudo e divulgação de informações científicas referentes ao tema de transportes brasileiros.

Foram analisados também os normativos referentes ao tema desenvolvidos pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Essas normas trazem informações sobre a concepção, dimensionamento, projeto, execução e manutenção de rodovias.

Foram consultados ainda materiais referentes a disciplina de Dimensionamento de Pavimento, ministrados no curso de MBA em Infraestrutura de Transportes e Rodovias, ministrado na faculdade IPOG, do qual a autora participou. Esse curso serviu como pano de fundo para descobertas acerca do tema, bem como discussões com profissionais experientes sobre critérios e métodos de dimensionamento de pavimentos atualmente adotados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Manual de Pavimentação DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um espaço considerado semiespaço considerado infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

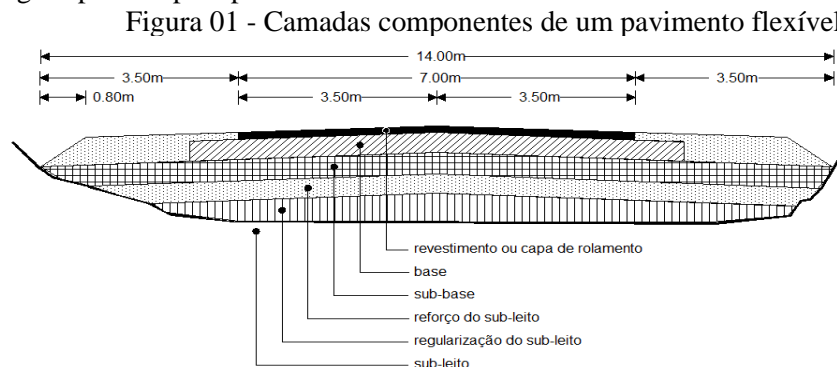
Segundo Faleiros (2005), pavimentos são executados para resistir e distribuir os esforços verticais provenientes do tráfego, melhorar as condições de rolamento de quanto ao conforto e segurança; e resistir aos esforços horizontais de desgaste, tornando a superfície de rolamento mais durável. São dimensionados normalmente à compressão, visto que as camadas não trabalham à tração.

Os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos. Os pavimentos flexíveis são pavimentos constituídos por camadas de materiais que sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento que é aplicado logo acima, e no qual as cargas são distribuídas equitativamente entre as camadas que o compõem.

Pavimentos semirrígidos diferem-se dos pavimentos flexíveis ao apresentarem a camada de base melhorada por algum aglutinante com propriedades cimentícias. Um exemplo poderia ser uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

Já os pavimentos rígidos apresentam o revestimento com alta rigidez em relação às demais camadas inferiores, sendo este a principal camada a absorver todas as tensões advindas dos carregamentos aplicados logo acima.

A figura a seguir demonstra as principais camadas que compõem um pavimento flexível, objeto de estudo para este trabalho. É importante frisar que pode haver mais camadas componentes, a depender da carga suportada pelo pavimento.



Fonte: Tiago Pinheiro Ribeiro, 2017.

O subleito é camada constituída de material natural compactado, no qual será a fundação em que o pavimento se apoiará. Nessa camada, os esforços verticais são de fato dissipados. No dimensionamento de estradas, é necessário o estudo até as profundidades entre 0,60 e 1,5 m, intervalo no qual agem as cargas mais consideráveis impostas pelo tráfego.

Embora não seja considerada uma camada do pavimento, a regularização do subleito consiste na utilização de materiais melhores do que o do subleito, para regularizá-lo tanto transversalmente quanto longitudinalmente. É feita através de técnicas de terraplenagem, e deve receber as características geométricas (inclinação transversal) que será do pavimento, quando este estiver acabado.

O reforço do subleito é uma camada de espessura transversalmente constante, que, quando se faz necessária, é construída acima do subleito regularizado. Sua espessura longitudinal é variável de acordo com o dimensionamento do pavimento. É parte integrante do pavimento e complementa a sub-base. Dessa forma, o reforço do subleito tem a função de resistir e distribuir esforços verticais provenientes da ação do tráfego. Geralmente, é executado no caso de estruturas espessas, devido à fundação de baixa qualidade ou ao tráfego de cargas muito pesadas, ou, ainda, uma combinação desses fatores.

A sub-base é a camada complementar à base e executada por circunstâncias técnico-econômicas, quando a camada da base exigida for muito espessa. Exerce função de complemento da base, portanto tem a função de resistir e distribuir os esforços verticais provenientes da ação do tráfego. Além disso, quando necessário, tem a função de drenar infiltrações e controlar a ascensão capilar da água.

A base é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego. É sobre a base que é construído o revestimento. A capacidade estrutural da base está relacionada às propriedades de resistência e rigidez dos materiais empregados em sua constituição, que podem ser os mesmos listados para a sub-base, mas de melhor qualidade (características tecnológicas superiores).

O revestimento ou capa de rolamento é a camada que recebe diretamente a ação do tráfego. Tem o objetivo de melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e à segurança e deve ter capacidade de resistir aos desgastes, a fim de aumentar a durabilidade do pavimento. Também deve ser, tanto quanto possível, impermeável. Deve resistir aos esforços de contato pneu-pavimento em percurso, que variam conforme a carga e a velocidade dos veículos.

Para cálculo da espessura das camadas que compõem o pavimento flexível pelo método empírico, são determinados os seguintes fatores, na ordem em que são apresentados:

- Capacidade de suporte: É definido pelo CBR para os materiais constituintes do pavimento. Os materiais granulares empregados no pavimento são classificados da seguinte maneira:

Tabela 01 – Características de camadas de pavimentos

Material	Características
Materiais para reforço do subleito	CBR maior que o subleito Expansão $\leq 2\%$
Materiais para sub-base	CBR $\geq 20\%$ IG = 0 Expansão $\leq 1\%$
Materiais para base	CBR $\geq 80\%$ Expansão $\leq 0,5\%$ Limite de Liquidez $\leq 25\%$ Índice de Plasticidade $\leq 6\%$

Fonte: Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis DNIT, 1981.

- Número N: Número equivalente de operações de um eixo tomado como padrão (8,2 tf), durante o período de projeto;
- Fator climático regional: Considera as variações de umidade dos materiais, durante as diversas estações do ano. No Brasil, FR=1 para todos os climas;

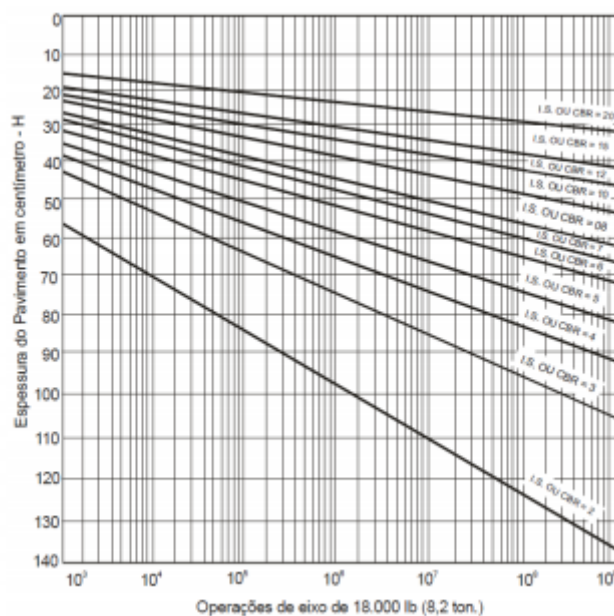
- Coeficientes de equivalência estrutural: Índice que indica, de maneira empírica, a relação entre o número estrutural e a espessura da camada do pavimento, sendo uma média da capacidade relativa do material;
- Espessura mínima do revestimento betuminoso: É definido em função do número N.

Fornecido p número N, determinado através de estudos preliminares, e fornecido o CBR, característico de cada material granular, é possível determinar a espessura total do pavimento através da seguinte fórmula:

$$H^t = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

O seguinte ábaco também pode ser utilizado:

Figura 02 – Ábaco para dimensionamento da altura total do pavimento



Fonte: Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis DNIT, 1981.

Tendo definido a espessura total do pavimento, é necessário determinar as seguintes espessuras, por meio das seguintes inequações:

- H_m : Espessura total de pavimento necessário para proteger um material com $CBR=m$;
- H_n : Espessura total de pavimento necessário para proteger um material com $CBR=n$;
- h_n : Espessura de camada do pavimento com $CBR=n$;
- h_{20} : Espessura da camada de sub-base (considerada sempre como $CBR=20\%$);
- B : Espessura de camada de base;
- R : Espessura do revestimento betuminoso.

$$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20}$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot KS \geq H_n$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot KS + h_n \cdot KRef \geq H_m$$

A variável R poderá ser definida conforme a seguinte figura:

Figura 03 – Variável R em função do número N

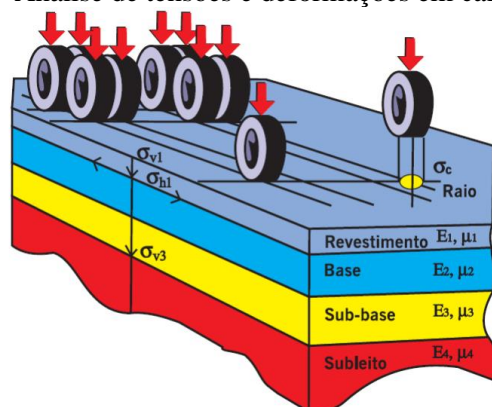
N	Espessura Mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5cm de espessura

Fonte: Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis DNIT, 1981.

As variáveis H_m , H_n e H_{20} podem ser definidas pelo ábaco da figura 02.

Já na análise mecânica, são analisadas as tensões e deformações que as camadas do pavimento podem sofrer. Determinasse que as camadas devem sofrer deformações compatíveis com sua natureza e capacidade portante.

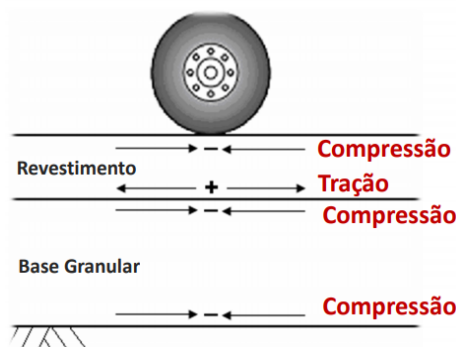
Figura 03 – Análise de tensões e deformações em camadas do pavimento



Fonte: Petrobras, ADEBA, 2008.

As camadas sofrem tensões conforme a imagem a seguir:

Figura 03 – Análise de tensões e deformações em camadas do pavimento



Fonte: Balbo, J. T. (2007).

Por meio da Teoria de Sistemas de Camadas Elásticas (TSCE), tornou-se possível a análise de tensões e deformações em pavimentos, que geralmente apresentam materiais heterogêneos, camadas com características distintas, geometria linear (semi-infinita) e carregamentos dinâmicos e cíclicos.

Através das seguintes equações de Boussinesq, é possível determinar as tensões entre o ponto de aplicação de cargas em pavimentos e o ponto que se deseja analisar:

Figura 04 – Equações de Boussinesq

$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left\{ (1-2\nu) \left[-\frac{1}{r^2} - \frac{z}{r^2} (r^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}} \right] - 3r^2 z (r^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}} \right\}$$

$$\sigma_z = -\frac{3P}{2\pi} z^3 (r^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$\tau_{xz} = -\frac{3P}{2\pi} r z^2 (r^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$w = -\frac{P}{2\pi E} [(1+\nu)] z^2 (r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 2(1-\nu^2) (r^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}}$$

Fonte: Balbo, J. T. (2007).

Onde:

P: Carga aplicada;

E: Módulo de Elasticidade longitudinal;

n: Coeficiente de Poisson;

σ_x : Tensão normal na direção x;

σ_y : Tensão normal na direção y;

τ_{xz} : Tensão de cisalhamento no plano xz;

w: Deslocamento vertical do ponto considerado,

r e z: Distâncias, respectivamente, horizontal e vertical entre o ponto de aplicação de carga e o ponto considerado.

De acordo com Balbo (2007), para utilização dessa teoria, é necessário a adoção de hipóteses que indicam:

- Que cada camada é homogênea, isotrópica e elástico-linear, sendo seu peso próprio desprezado e definindo-se que a Lei de Hooke possa ser aplicada a todos os materiais;
- A primeira camada tem espessura finita, sendo horizontalmente infinita, e o subleito é infinito em todas as suas direções;
- São satisfeitas nas interfaces das camadas, conforme indicado pelas mesmas tensões verticais, tensões de cisalhamento e deslocamentos verticais e radiais;
- Para as faces sem atrito, a continuidade da tensão de cisalhamento e do deslocamento radial é substituída pela tensão de cisalhamento nula em cada lado da interface.

Os parâmetros de entrada para cálculo das espessuras para a teoria são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 02 – Módulo de resiliência de camadas de pavimentos

Material	Intervalos de Valores de Módulo de Resiliência (MPa)
Materiais estabilizados quimicamente	5.000 - 10.000
Solo-cimento Brita graduada tratada com cimento	7.000 - 18.000
Concreto compactado com rolo	7.000 - 22.000
Concreto de cimento Portland	30.000 - 35.000
Solos finos em base e sub-base	150 - 300
Solos finos em subleito e reforço do	100 - 200

subleito Solos de comportamento laterítico LA, LA', LG' Solos de comportamento não laterítico	25 - 75
Solos finos melhorados com cimento para reforço de subleito	200 - 400

Fonte: Régis Martins Rodrigues. 2007.

Tabela 03 – Coeficiente de Poisson

Material	Intervalos de Valores de Coeficiente de Poisson	Valor Recomendado de Coeficiente de Poisson
Concreto de cimento Portland	0,10 - 0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15 - 0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15 - 0,45	0,30
Materiais granulares	0,30 - 0,40	0,35
Solos do subleito	0,30 - 0,50	0,40

Fonte: Régis Martins Rodrigues. 2007.

Os locais de análise nas camadas do pavimento devem ser os seguintes:

Figura 05 – Análise de tensões e deformações em camadas do pavimento



Fonte: Régis Martins Rodrigues. 2007.

A partir das variáveis Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson, e conjunto com as demais variáveis utilizados nos cálculos para dimensionamento através de método empírico, é possível o dimensionamento mecanístico empírico através da inserção desses dados em softwares empregados para cálculo de tensões e deformações disponíveis no mercado.

No Brasil, em 2018 foi lançado o Medina – Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos, software que permite o dimensionamento de pavimentos através de análises mecanísticas empíricas, por meio do qual também é possível o controle de áreas trincadas após o número de passadas do eixo padrão determinado em projeto (número N), do trincamento da camada cimentada em pavimentos rígidos e da deformação permanente do subleito e acumulada nas camadas do pavimento.

CONCLUSÃO

O método empírico considera apenas análises experimentais de pavimentos já executados, por meio da observação de seu comportamento em diferentes situações de subleito e demanda. Não apresenta nenhuma análise científica mais detalhada e robusta dos materiais constituintes das camadas, além de ter sua utilização limitada, pois somente pode ser empregado em locais que apresentam as mesmas características analisadas na montagem do método. Não leva em consideração as diferentes condições climáticas existentes no Brasil, nem a variação de condições

estimadas no dimensionamento do pavimento. Não leva em conta também a os novos tipos de veículos e as novas composições de tráfego das rodovias brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Pai Celestial, que me proporcionou sabedoria e discernimento para concluir mais uma etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Almerinda Dias Pinheiro e Maximino Benício Ferreira (*in memorian*), pelos valores ensinados, os quais levarei para o resto da vida, como bússola moral. Agradeço aos meus irmãos Muriel, Tiago e Marina, e ao meu primo Ricardo, por sempre me derem apoio e bons conselhos. Agradeço aos meus tios Euvaldo e Fátima, por terem me acolhido em seus lares, no início desta caminhada. Família, essa conquista é para vocês.

Profissionalmente, agradeço ao meu Tio Avô Raimundo Nonato Miranda Lopes, por ter me proporcionado a primeira experiência. Apesar de não ter exercido atividades referentes ao curso de Engenharia Civil, aprendi a ter responsabilidade, caráter, humildade e capricho, ensinamentos que aplicarei ao longo da minha carreira.

Agradeço a Fundação Getúlio Vargas, em especial ao Engenheiro Mecânico Anderson Frota, pelos ensinamentos sobre Engenharia de Custos em obras de Infraestrutura de Transportes, área pela qual me apaixonei, e hoje é tema deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Editora Oficina de Textos. ISBN: 978-85- 86238-56-7. São Paulo, SP, 2007.

BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P, SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica. Livro de Formação Básica para Engenheiros**. 4ª Reimpressão. PETROBRAS: ABEDA. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

BRASIL CAMINHONEIRO. **DNIT deve implementar novo método de pavimentação de rodovias**. Disponível em: <brasilcaminhoneiro.com.br/dnit-deve-implementar-novo-metodo-de-pavimentacao-de-rodovias/>. Acesso em: 23 de julho de 2019.

CNT. **Pesquisa de Rodovias 2018**. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>>. Acesso em: 28 de julho de 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias indica que 57% dos trechos apresentam problemas**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-rodovias-2018-indica-57-trechos-apresentam-problemas>>. Acesso em: 28 de julho de 2019.

CNT. **Pesquisa CNT: “Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?”**. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_ao_duram.pdf>. Acesso em: 28 de julho de 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Especificação de Serviço nº 137 – 2010**. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit137_2010_es.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Especificação de Serviço nº 138 – 2010**. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit138_2010_es.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Especificação de Serviço nº 139 – 2010**. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit139_2010_es.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Especificação de Serviço nº 141 – 2010**. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit141_2010_es.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação - 2006.** Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E3o_05.12.06.pdf. Acesso em: 19 de dezembro de 2019.

RODRIGUES, R. M. **Apostila Engenharia de Pavimentos. Parte I – Projeto de Pavimentos.** 2007.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. **Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível.** Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel>>. Acesso em: 27 de junho de 2019.

SOUZA, M. L. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.** 3ª Edição. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. IPR Publ. 667. Rio de Janeiro, RJ, 1981.