

ARTIGO ORIGINAL

ALMEIDA, Caíque Viana Sousa ^[1], RODRIGUES, Bruno de Oliveira ^[2], LIMA, Lívia Ramos ^[3]

ALMEIDA, Caíque Viana Sousa. RODRIGUES, Bruno de Oliveira. LIMA, Lívia Ramos. Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 05, Vol. 12, pp. 97-137. Maio de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodo-medina>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodo-medina

Contents

- RESUMO
- 1. INTRODUÇÃO
- 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
- 2.1 ESTUDO SOBRE SOLOS
- 2.2 PAVIMENTOS
- 2.2.1 ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL
- 2.2.2 PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL
- 2.3 NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MEDINA)
- 2.3.1 APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA
- 2.3.2 MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO
- 2.3.3 TEORIA DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
- 2.3.4 SOLICITAÇÃO DA ESTRUTURA
- 2.3.5 DESEMPENHO DO PAVIMENTO
- 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS
- 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES
- 4.1 CÁLCULO DO NÚMERO “N” ATRAVÉS DO SOFTWARE MEDINA
- 4.1.1 DADOS DO TRÁFEGO – VMD
- 4.1.2 CÁLCULO DO FATOR DE VEÍCULO (DNIT)
- 4.1.3 INFORMAÇÕES ADICIONAIS DO PROJETO
- 4.2 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO
- 4.2.1 DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS
- 4.2.2 CONFIGURAÇÃO DO PAVIMENTO
- 4.3 PREVISÕES DE DESEMPENHO DO PAVIMENTO
- 4.3.1 EVOLUÇÕES DE DANOS NO PAVIMENTO
- 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS
- REFERÊNCIAS

RESUMO

No que diz respeito ao estado atual dos pavimentos no Brasil, verifica-se uma baixa durabilidade e qualidade da malha rodoviária. Através dessa necessidade de corrigir esta situação, foi desenvolvido em 2018 o programa Medina, que é baseado no programa SISPAV desenvolvido por Franco em sua tese de doutorado publicada no ano de 2007. O Medina

surge baseado no método de dimensionamento mecanístico empírico, que visa calcular a estrutura do pavimento com base na carga que será inserida sobre o mesmo. Assim, como se dimensiona estruturas na área da construção civil, o programa tem como sua principal característica, a possibilidade de fornecer previsões de desempenho referente aos danos no pavimento ao longo da sua vida útil. Com base nessas informações, este artigo, tem como objetivo dimensionar o pavimento flexível em trecho a ser duplicado na BR-116, utilizando as ferramentas disponibilizadas pelo programa Medina, alcançando resultados de previsões referentes as patologias de porcentagem de trincas por semestre e afundamento de trilho de roda no fim do período de utilização do pavimento.

Palavras-chave: Pavimentos, Medina, Dimensionamento mecanístico empírico, Patologias.

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário ainda é a principal alternativa para movimentação de cargas e pessoas no Brasil, resultando assim em um grande colaborador do desenvolvimento socioeconômico, promovendo a integração de todo o sistema de transporte nacional sendo responsável pela participação em 61% da matriz de cargas e 95% na de passageiros (CNT, 2019).

Deste modo o sistema rodoviário brasileiro tem vivenciado um acelerado crescimento nas últimas décadas, através da construção de novas rodovias. Por outro lado, não é notado este crescimento também em atividades de conservação, manutenção, duplicação e recuperação do modal rodoviário, o que acaba resultando em uma má qualidade da malha rodoviária brasileira.

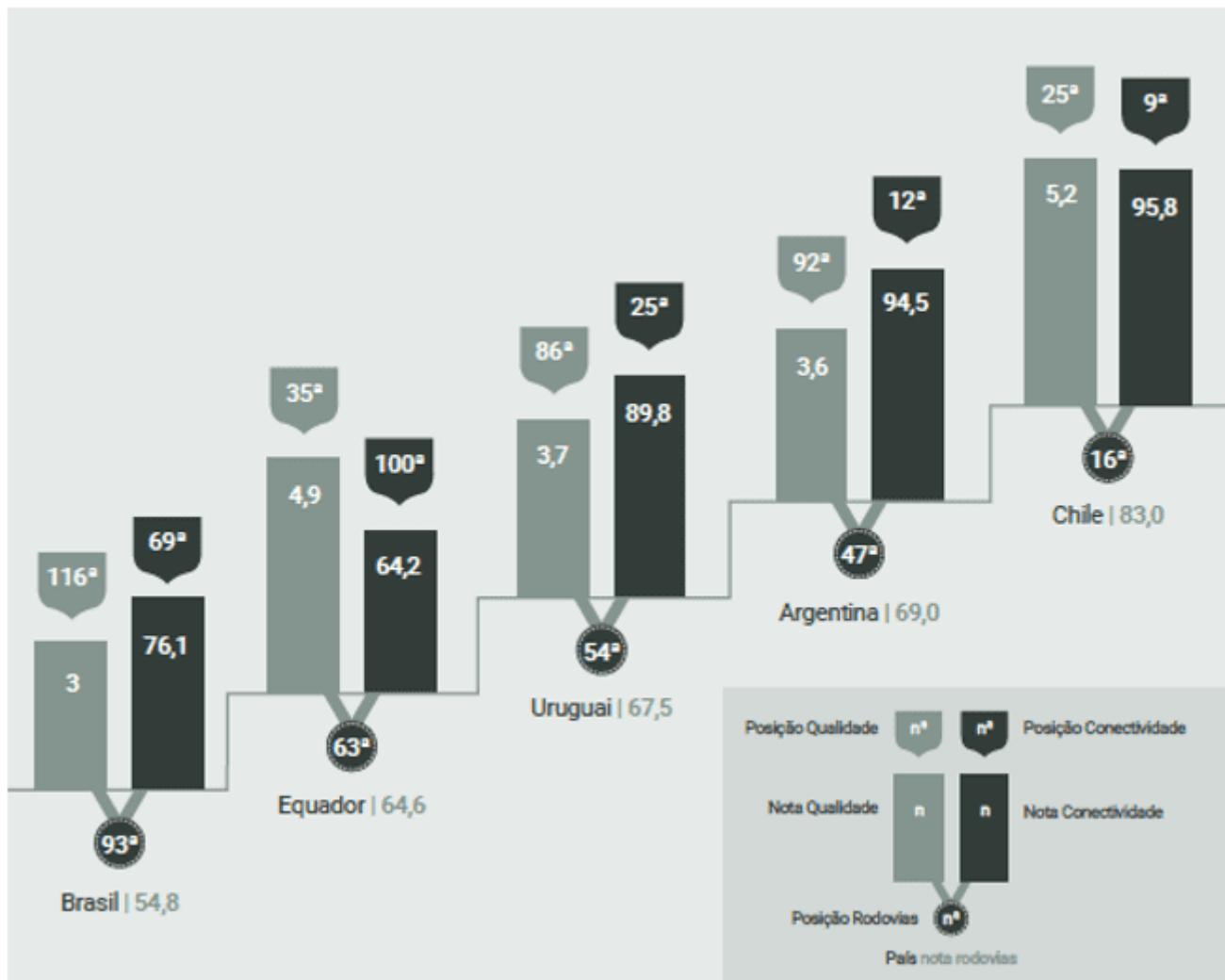
O crescente volume de tráfego em conjunto com a falta de investimento na manutenção e conservação da malha rodoviária, resulta no agravamento das condições de segurança e qualidade do usuário. Uma das alternativas mais impactantes positivamente na degradação do pavimento é a duplicação do trecho utilizado, reduzindo significativamente a carga exercida sobre o mesmo e proporcionando uma maior satisfação ao usuário. Segundo o CNT (2019) o Brasil possui um total de 213.453 quilômetros de rodovias pavimentadas, destas apenas 6.932 quilômetros são duplicadas.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

Analizando a superfície do pavimento nacional, em 75,0% da extensão, há sinais de patologias como desgaste, presença de trinca em malha/remendos ou afundamentos/ondulações/buracos. Apenas em 24,1% (26.203 quilômetros), a superfície encontra-se em perfeito estado de conservação. Destacando, ainda, uma extensão de 961 km (0,9%) da superfície do pavimento totalmente destruída. Este fato é reforçado pelo resultado do *ranking* de competitividade global do Fórum Econômico Mundial. O Brasil ficou com a 93^a posição, entre 141 países, com relação a malha rodoviária, perdendo colocação para outros países da América Latina, conforme demonstrado na Figura 1. Esse *ranking* tem como base dois índices: um de conectividade entre as maiores cidades do país e outro de qualidade do pavimento, considerando sua extensão e suas condições funcionais (CNT, 2019).

Figura 1 – *Ranking* de competitividade das rodovias – 2019.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116



Fonte: CNT (2019).

Assim, tendo sua primeira versão publicada em março de 2018, surgiu o software Medina (Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos Asfálticos), que segundo DNIT (2020) é um programa de computador que realiza a verificação e o dimensionamento de estruturas de pavimentos mecanístico empírico, por meio da rotina AEMC de análise de camadas elásticas de múltiplas camadas.

Diante das informações apresentadas, o presente estudo tem como finalidade principal, através do novo método de dimensionamento de pavimentos Medina, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), estudar o dimensionamento do pavimento referente a um trecho a ser duplicado na BR-116, iniciado no quilômetro 827+500 ao

869+500 ligando as cidades de Vitória da Conquista - BA ao município de Veredinha - BA, sentido crescente da rodovia, proporcionando assim, uma maior fluidez ao transito juntamente com conforto e segurança aos usuários.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO SOBRE SOLOS

A formação dos solos se dá através da decomposição das rochas que constituíam inicialmente a crosta terrestre. Esse fenômeno acontece devido aos agentes físicos e químicos atuantes sobre a mesma, ocorrendo com mais intensidade em climas quentes. As principais características que diferenciam os tipos de solos são a composição da rocha matriz e sua granulometria, podendo apresentar uma grande variação de tamanhos, existem grãos de areia grossa com dimensões de 2 a 4,8 mm, como também existem partículas de argila com espessura de 0,000001 mm, tendo sua classificação adotada conforme sua granulometria, especificada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (PINTO, 2006)

Os solos são identificados por sua textura, composição granulométrica, plasticidade, consistência ou compacidade, citando-se outras propriedades que auxiliam sua identificação, como: estrutura, forma dos grãos, cor, cheiro, friabilidade, presença de outros materiais como: conchas, materiais vegetais, micas, etc. (DNIT, 2006, p. 22).

O Brasil, por ser um país tropical com regime de chuvas moderadas e intensas, possui uma grande ocorrência de solos lateríticos, compostos por uma pequena parte de argila e predominância de minerais cauliníticos com elevada concentração de ferro e alumínio na forma de óxidos e hidróxidos, apresentando uma cor que varia do amarelo ao vermelho. Esses solos lateríticos no seu estado natural, normalmente não saturado, possuem índices de vazios elevados, diminuindo assim sua capacidade portante. Entretanto, quando compactado essa característica é alterada, elevando sua resistência a cargas, justificando seu uso em obras de aterros e pavimentação. (PINTO, 2006)

2.2 PAVIMENTOS

O pavimento é uma plataforma constituída por camadas subjacentes de espessuras finitas e composta por materiais compactados constituídos sobre a superfície final da terraplanagem, tendo por finalidade o objetivo de distribuir as cargas exercidas com a passagem dos veículos para as camadas inferiores, considerando em sua vida útil de serviço a manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, proporcionando aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, segurança e economia (BERNUCCI et al., 2008).

Os pavimentos podem ser classificados em basicamente três tipos, sendo eles os pavimentos flexíveis, semirrígidos ou semiflexíveis e rígidos.

- Pavimentos Flexíveis: Nos pavimentos flexíveis as camadas são elaboradas com materiais deformáveis que degradam pouco as solicitações. Deste modo, os pavimentos flexíveis acabam exigindo espessuras maiores para reduzir as tensões, ao nível da fundação, para valores conhecidos através de ensaios como admissíveis pelo solo, a dissipação das tensões, originadas pelo tráfego dos veículos, são distribuídas lentamente para a sua fundação, solicitando em maior intensidade suas camadas inferiores. (MAIA, 2012).
- Pavimentos Semirrígidos ou Semiflexíveis: É caracterizado por possuir sua base constituída por algum material cimentício, como por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).
- Pavimento Rígido: Constituído por revestimento que possua uma alta rigidez com relação às camadas adjacentes, deste modo, absorve praticamente todas as tensões exercidas sobre a plataforma de forma superficial, distribuindo pouca solicitação a sua fundação, como exemplo deste tipo de pavimento temos as lajes de concreto de cimento Portland, nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes, as placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço (BERNUCCI et al., 2008).

2.2.1 ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento flexível tem como sua principal característica a sua significativa deformação elástica. Distribuindo de maneira uniforme a sua tensão solicitada devido o tráfego de veículos, concentrando a carga exercida em maior parte no seu ponto de aplicação, com

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

pequena distribuição dos esforços ao longo da plataforma, gerando a necessidade de camadas mais espessas afim de poupar a solicitação do subleito do pavimento (BALBO, 2007).

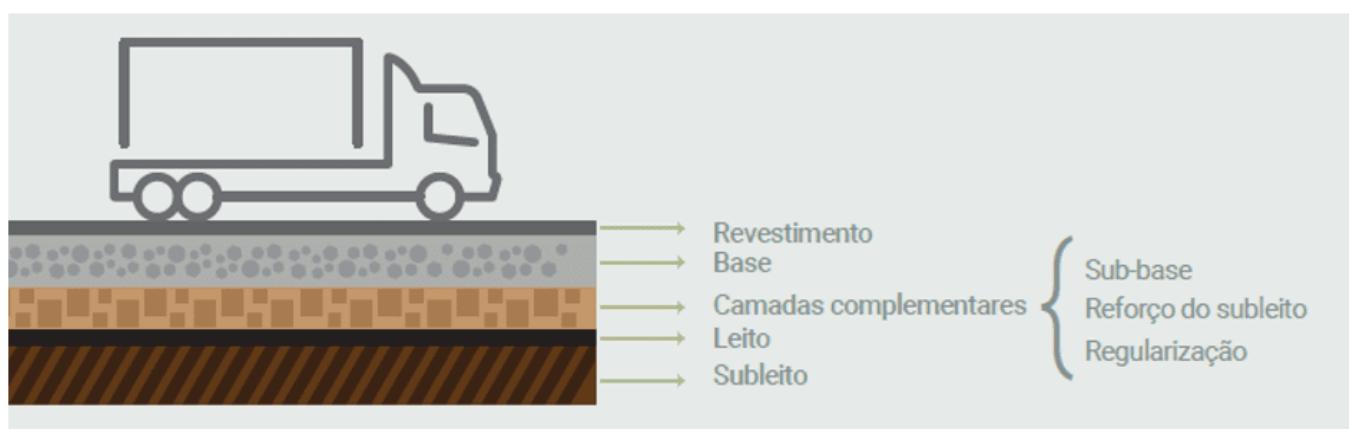
Figura 2 – Distribuição de tensões nas várias camadas que constituem o pavimento flexível.



Fonte: MAIA (2012).

Segundo CNT (2019), a configuração mais comum de distribuição de camadas de um pavimento flexível Figura 3, é composta por subleito, leito, reforço do subleito quando necessário, sub-base, base e revestimento, conceituados a seguir.

Figura 3 -Camadas que constituem o pavimento flexível



Fonte: CNT (2019).

- Revestimento: É a camada que resiste às ações do tráfego diretamente, tem por característica ser constituído de material impermeável para proteger as demais camadas, deve possuir característica de conforto ao usuário sendo a única perceptível ao mesmo. O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é o mais nobre dos revestimentos flexíveis utilizados, sendo uma mistura de agregados elaborada em usinas específicas, sua execução requer um enorme controle tecnológico para que o pavimento possua qualidade esperada em projeto, tendo como maior vantagem a rápida liberação do trânsito após compactado.
- Base: Possui a finalidade de aliviar as tensões exercidas sobre o revestimento e transferi-las para as camadas subjacentes.
- Sub-Base: Complementa a base possuindo sua mesma função, utilizada por motivos técnicos e econômicos quando não é viável executar o pavimento diretamente sobre regularização ou o reforço do subleito.
- Reforço do Subleito: É executada sobre o subleito devidamente regularizado e compactado, utilizada normalmente quando se possui espessuras elevadas na camada de sub-base e pretende-se reduzi-la, ocorrendo devido à baixa capacidade de suporte do subleito.
- Camada de Regularização: Tem como finalidade corrigir falhas existentes na camada final de terraplanagem ou de um leito antigo, deste modo, possui espessura variável podendo deixar de existir em determinados trechos.
- Leito: É a transição entre a primeira camada do conjunto do pavimento e o terreno de fundação natural.
- Subleito: É o terreno natural ou terreno da fundação do pavimento, não é considerado uma camada.

2.2.2 PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

As degradações do pavimento funcionam como uma cadeia de acontecimentos sucessivos, em que cada uma dará origem a novos tipos de degradações, elevando o percentual de patologias existentes. Os pavimentos são planejados para durarem um determinado intervalo de tempo, durante esses intervalos o pavimento sai de uma condição ótima até uma condição ruim. Esse decaimento da condição de serventia do pavimento ao longo do tempo é a deterioração do pavimento (DNIT, 2006). Existem diversas manifestações patológicas que ocorrem ao decorrer da deterioração em pavimentos flexíveis, relacionadas na NORMA DNIT 005/2003 – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos terminologia, relacionadas na Tabela 1 e 2.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

Tabela 1 – Resumo de Defeitos no Pavimento Tipo Fendas, Codificação e Classificação.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Jacaré”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Fonte: DNIT (2006).

Tabela 2 – Resumo de Defeitos no Pavimento Tipo Outros Defeitos, Codificação e Classificação.

OUTROS DEFEITOS	CODIFICAÇÃO
-----------------	-------------

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação – Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
“Panelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos	Remendo Superficial			RS
	Remendo Profundo			RP

Fonte: DNIT (2006).

Segundo DNIT (2006), as classificações das trincas isoladas ainda se subdividem em:

- FC-1: Trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0 mm;
- FC-2: Trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nas bordas;
- FC-3: Trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nas bordas.

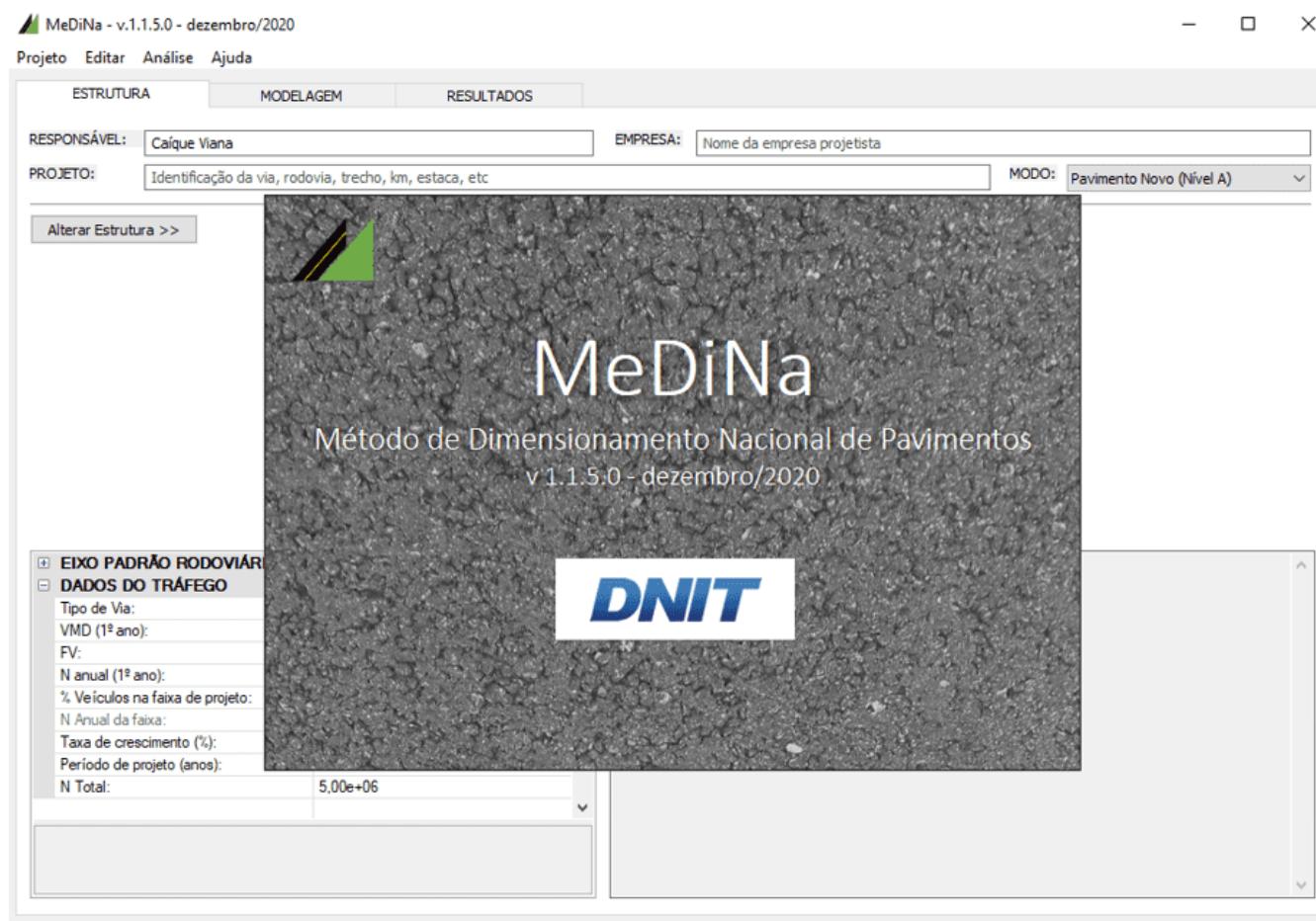
As trincas interligadas seguem o mesmo princípio de classificação, sendo classificadas em FC-2 e FC-3 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

2.3 NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MEDINA)

2.3.1 APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

O software Medina é uma ferramenta que utiliza da metodologia mecanística empírica para realizar o dimensionamento de estruturas de pavimentos asfálticos. É o principal objeto da nova proposta do DNIT referente ao dimensionamento de pavimentos flexíveis. O programa Medina é baseado no programa SISPAV desenvolvido por Franco (2007) em sua tese de doutorado (FRANCO, 2020). Seu nome foi escolhido em homenagem ao professor Jacques de Medina, grande precursor da mecânica dos pavimentos no Brasil, falecido em janeiro de 2019 (FRANCO; MOTTA, 2020).

Figura 4 – Tela inicial do programa Medina.



Fonte: MEDINA (2021).

O processo de dimensionamento do pavimento é feito através de rotinas de cálculo das tensões existentes no interior das camadas (AEMC), e modelos que irão avaliar o desempenho do pavimento com bases nas informações dos materiais inseridos. É imprescindível que para a execução de uma boa avaliação e dimensionamento do pavimento, as informações sejam suficientemente precisas, isto é, sendo feitas com ensaios laboratoriais. As informações referentes ao volume de tráfego também precisam ter acurácia suficiente para que seja feito um dimensionamento da estrutura do pavimento mais preciso (FRANCO; MOTTA, 2020).

2.3.2 MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO

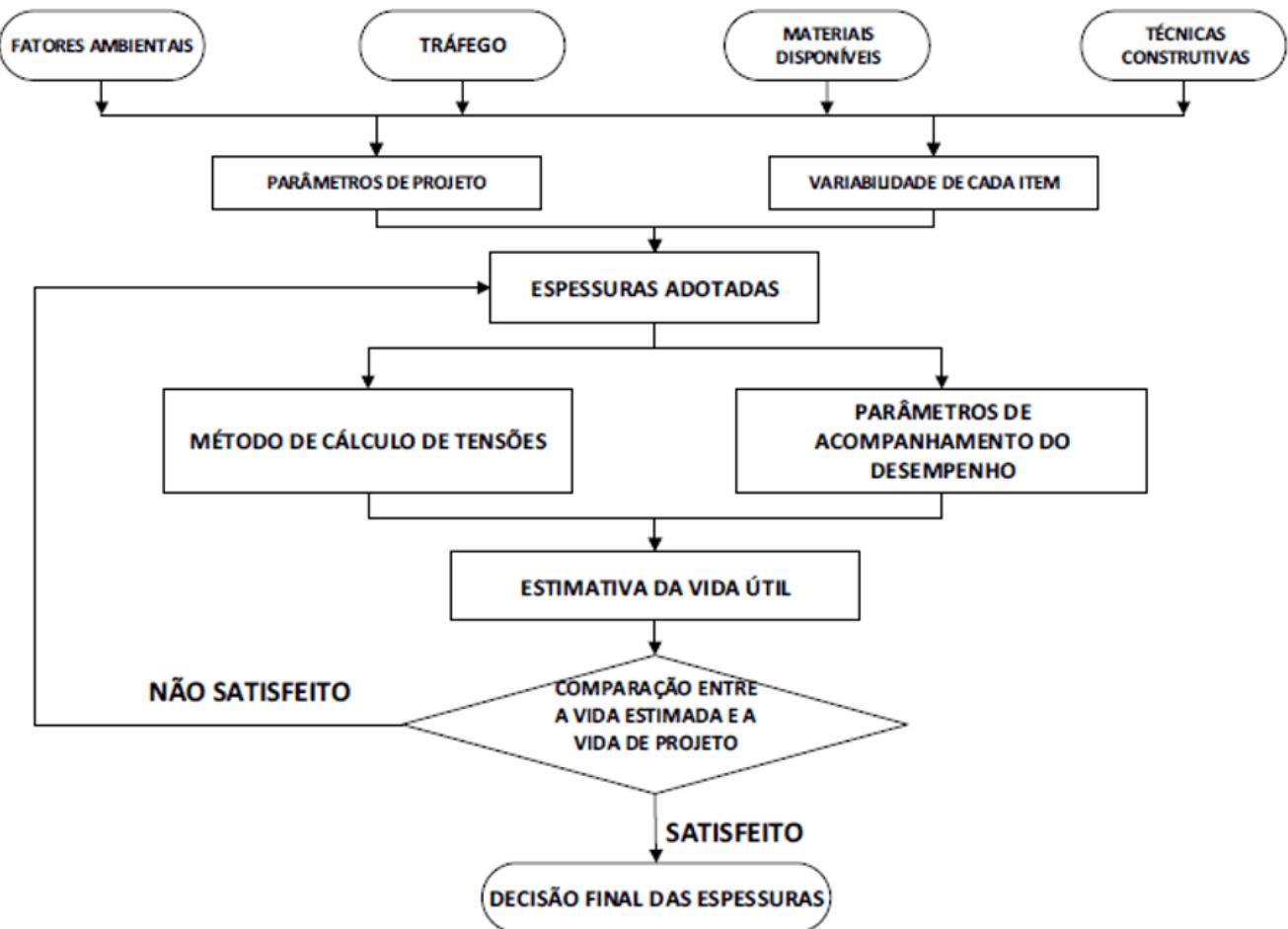
A teoria do método mecanístico empírico se baseia no conceito de que a estrutura do pavimento pode ser dimensionada assim como qualquer outra estrutura no ramo da engenharia, tendo seu comportamento analisado de forma analítica, equacionando solicitações, resistência dos materiais e todos os fatores intervenientes de cada material. A avaliação estrutural neste processo é feita por meio do equilíbrio entre os esforços, sendo estes, as tensões e deformações que são impostas a estrutura através da repetição das cargas de tráfego e a capacidade dos materiais que a constituem de resistir a esses esforços.

A necessidade da modelagem mecanística-empírica vem da busca constante de se melhorar os projetos de pavimentação em termos de eficiência estrutural, de modo a utilizar materiais, sobre cujo desempenho de campo ainda não se têm experiência suficiente, e considerar, também, os efeitos das condições ambientais e de tráfego, diferentes daquelas para as quais os Métodos Empíricos, ainda utilizados no país, foram desenvolvidos (FRANCO, 2007, p.2).

Segundo Motta e Medina (2005), o processo padrão para qualquer método de dimensionamento considerado mecanístico empírico, segue o fluxograma da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de Dimensionamento Mecanístico Empírico.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116



Fonte: MOTTA, MEDINA, (2005).

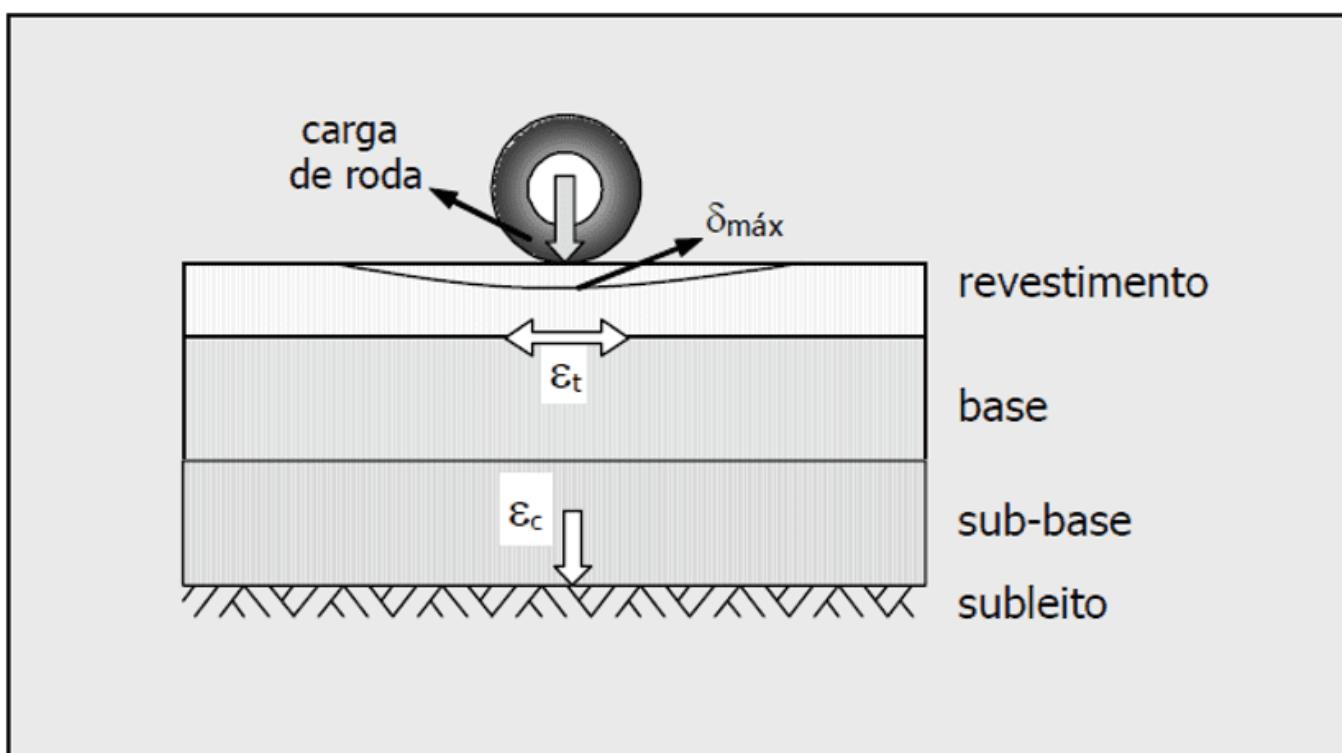
Para Franco (2007) o procedimento para o dimensionamento ME consiste basicamente em:

- Reunir os dados referentes aos materiais de pavimentação, ao tráfego e às condições ambientais;
- Correlacionar os dados de resistência dos materiais e tráfego em função das épocas sazonais e o comportamento dos materiais em função do tipo de carregamento;
- Escolher as espessuras das camadas e calcular as tensões e deformações considerando as diversas correlações obtidas;
- Relacionar os valores críticos de tensões e deformações com os danos que a repetição das cargas pode causar ao pavimento por meio de modelos de previsão; e
- Verificar se as espessuras escolhidas satisfazem as condições impostas no dimensionamento.

2.3.3 TEORIA DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo Franco (2007), a estrutura de um pavimento asfáltico é representada por um meio de camadas depositadas, solicitadas por um carregamento superficial distribuído em uma área circular, podendo ser modelada por meio da Teoria da Elasticidade.

Figura 6 – Principais deformações e deslocamentos atuantes no interior da estrutura do pavimento.



Fonte: FRANCO (2007).

A aplicação da teoria da elasticidade na pavimentação surgiu devido a formulação de Boussinesq (1885) que desenvolveu um conjunto de equações para o cálculo de tensões e deformações em um meio semi infinito, linear, elástico, homogêneo e isotrópico, submetido a um carregamento pontual, e através da teoria de Boussinesq; Burmister (1943) apresentou um método para determinar tensões e deformações em sistemas de multicamadas. Permitindo assim, a aplicação da teoria da elasticidade à pavimentação, possibilitando atualmente o cálculo estrutural em estruturas de multicamadas (FRANCO, 2007).

Segundo Franco; Motta (2020) no método mecanístico empírico Medina, as hipóteses fundamentais da solução do software se baseia nas mesmas consideradas das soluções de problemas de elasticidades linear em sistemas contínuos, e que possuem várias camadas, sendo elas:

- Os materiais são elásticos lineares, isotrópicos e homogêneos (a modelagem elástica não linear é feita por iterações elásticas lineares);
- A lei de Hooke é válida e o módulo de compressão é semelhante ao módulo de tração;
- As camadas são ilimitadas na direção horizontal;
- Todas as camadas possuem uma espessura finita, à exceção da camada inferior que é considerada semi infinita;
- A superfície da camada superior não está sujeita a tensões fora da área carregada;
- Na área carregada ocorrem apenas tensões normais;
- A carga aplicada é considerada estática, uniformemente distribuída em toda a área circular de contato;
- A grandes profundidades as tensões e deformações são nulas;
- As condições de aderência na interface das camadas podem variar de totalmente aderida para lisa ou sem aderência.

Uma das hipóteses citadas acima define que os materiais sejam considerados como elástico lineares, porém os materiais de pavimentação não se comportam como materiais elástico lineares, e sim, de modo geral, se comportam como materiais elástico não lineares, todavia, para que seja utilizada a equação de Burmister (1943) referente a teoria da elasticidade, adota-se essa simplificação.

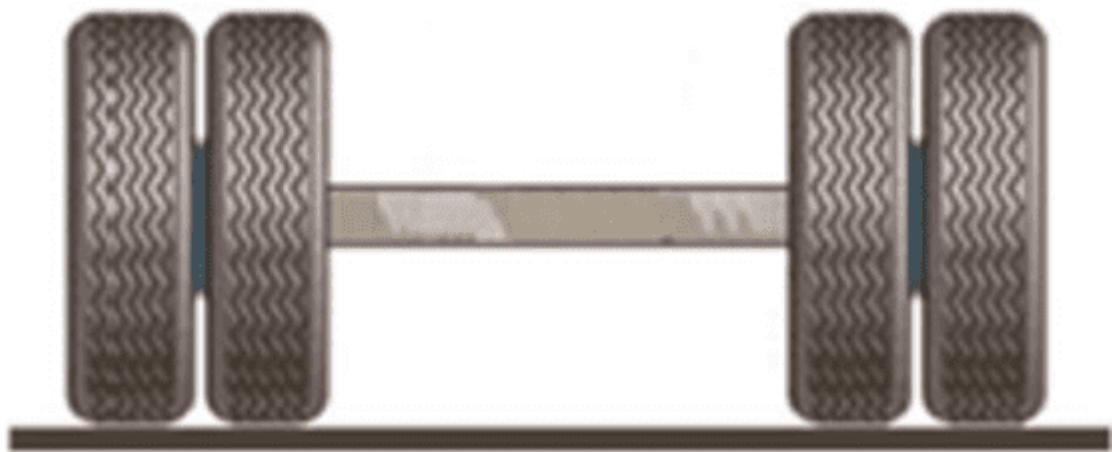
2.3.4 SOLICITAÇÃO DA ESTRUTURA

A carga exercida na estrutura do pavimento é assumida no programa como sendo uniformemente distribuída, em uma área de contato circular entre o pneu e a superfície do pavimento. Adotando a pressão de contato entre o pneu e o pavimento como sendo igual à pressão existente nos pneus, devido à falta de informações mais específicas para as configurações de rodas e pneus utilizados no país. O tamanho da área de contato, portanto, acaba dependendo da carga de roda e da pressão interna dos pneus (FRANCO; MOTTA 2020).

A solicitação de tráfego sobre uma rodovia é expressa, portanto, pelo número N, definido

como o número de repetições de carga de um eixo padrão durante o período de vida útil do pavimento, o eixo padrão rodoviário foi definido de forma arbitrada como sendo um eixo simples de rodas duplas, carregado com 8,2 toneladas (FRANCO, 2007). Na Figura 7, verifica-se a configuração do eixo padrão rodoviário.

Figura 7 – Eixo Padrão Rodoviário.



Fonte: FRANCO; MOTTA (2020)

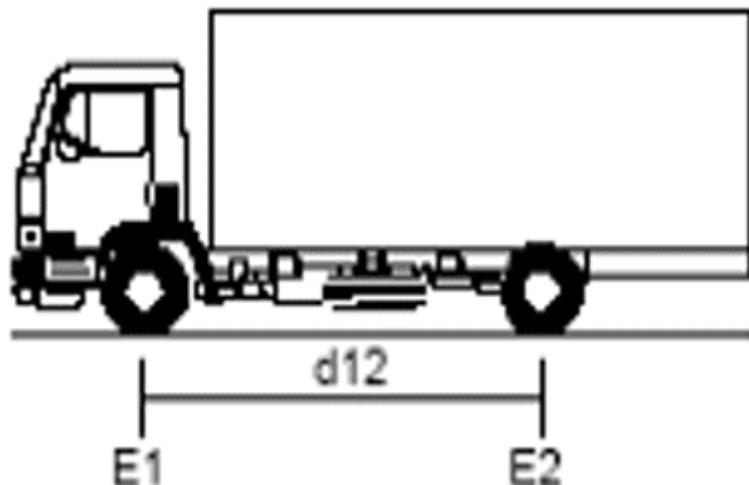
Dados do eixo padrão:

- Carga de eixo: 8,2 tonf;
- Pressão dos Pneus: 0,56 MPa;
- Raio da área de contato: 10,79 cm;
- Distância entre rodas: 32,4 cm.

As classificações dos veículos são definidas em categorias segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), seguem abaixo exemplos de veículos com suas respectivas configurações.

Figura 8 – Veículo Classe 2C.

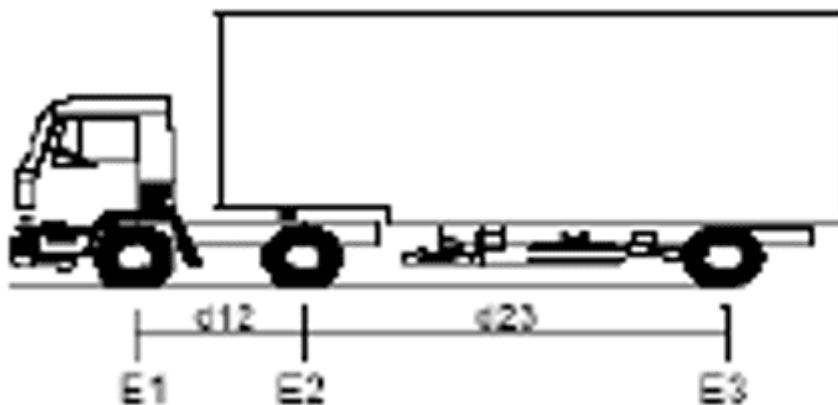
Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116



Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 8 encontra-se o veículo caracterizado como 2C, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples e E2 = eixo simples com rodagem dupla.

Figura 9 – Veículo Classe 2S1.

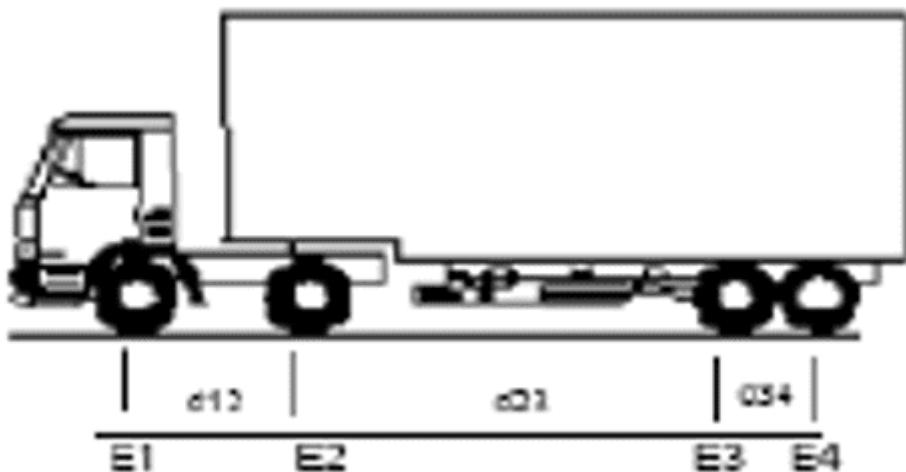


Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 9 encontra-se o veículo caracterizado como 2S1, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2 = eixo duplo com rodagem dupla e E3 eixo duplo com rodagem dupla.

Figura 10 – Veículo Classe 2S2.

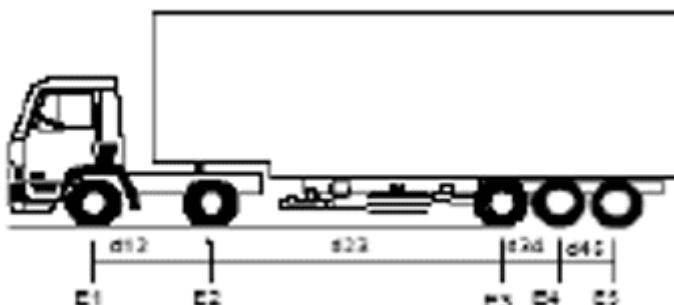
Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116



Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 10 encontra-se o veículo caracterizado como 2S2, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2 = eixo duplo com rodagem dupla e E3/E4 = eixo duplo em tandem.

Figura 11 – Veículo Classe 2S3.

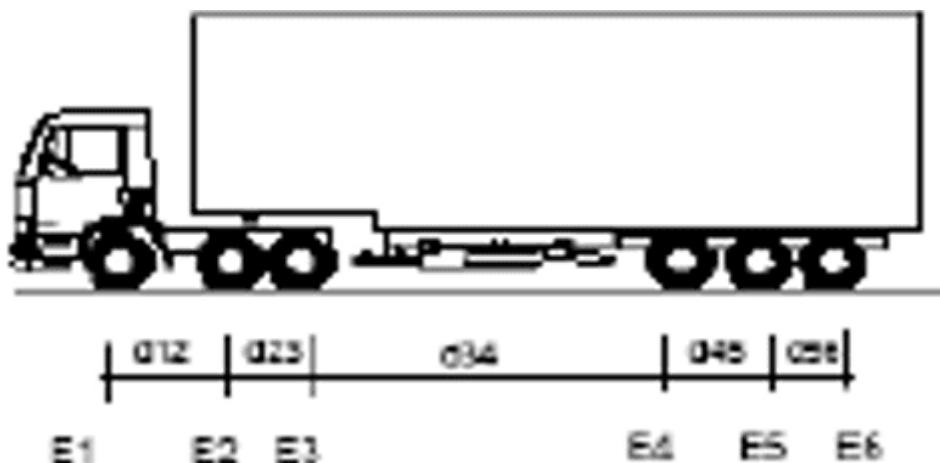


Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 11 encontra-se o veículo caracterizado como 2S3, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2 = eixo duplo com rodagem dupla e E3/E4/E5 = eixo triplo em tandem.

Figura 12 – Veículo Classe 3S3.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116



Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 12 encontra-se o veículo caracterizado como 3S3, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2/E3 = eixo duplo em tandem e E4/E5/E6 = eixo triplo em tandem.

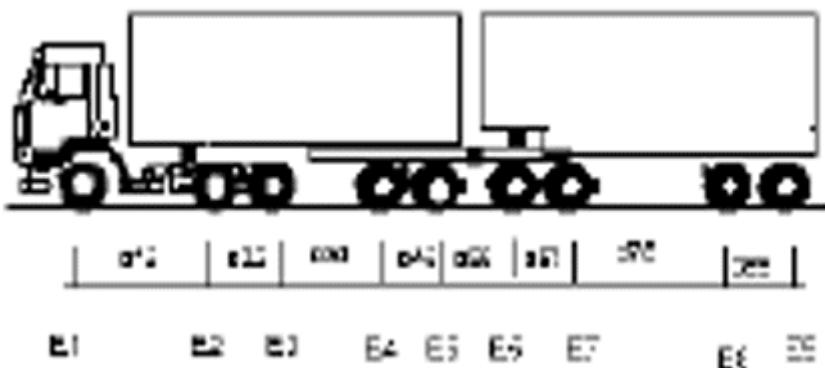
Figura 13 – Veículo Classe 3D4.



Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 13 encontra-se o veículo caracterizado como 3D4, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2/E3 = eixo duplo em tandem, E4/E5 = eixo duplo em tandem e E6/E7 = eixo duplo em tandem.

Figura 14 – Veículo Classe 3T6.



Fonte: DNIT (2006).

Na Figura 14 encontra-se o veículo caracterizado como 3T6, possuindo E1 = eixo simples com rodagem simples, E2/E3 = eixo duplo em tandem, E4/E5 = eixo duplo em tandem, E6/E7 = eixo duplo em tandem e E8/E9 = eixo duplo em tandem.

O software Medina possibilita o cálculo automático do número equivalente de passagens do eixo padrão rodoviário. Podendo ser obtido a partir do Volume Médio Diário (VMD) juntamente com o Fator de Veículo (FV). Possuindo essas informações, o Medina calcula o Número Anual Equivalente de Eixos (N anual) automaticamente. Caso o projetista já possua o levantamento do N anual do trecho a ser calculado, ele tem a opção de inserir diretamente o valor na caixa correspondente e o programa irá utilizá-lo, mantendo o FV constante, (FRANCO; MOTTA 2020). A inserção de dados ocorre manualmente através da janela de Cálculo do Fator de Veículo (DNIT) exibida na Figura 15.

Figura 15 – Cálculo do Fator de Veículo (DNIT).

MeDiNa - Cálculo do Fator de Veículo (DNIT)						
	EIXO	CONFIGURAÇÃO	RODAS	FATOR DE EIXO (%) (1º Ano)	CARGA (ton)	FATOR DE CARGA (FC)
	1	Eixo simples de roda dupla	4	100,0	8,20	1,000
Inserir >>						
<<<<		<< Remover				
F.V. (DNIT) = 1,000						
				Sair	Transportar	

Fonte: MEDINA (2021).

2.3.5 DESEMPENHO DO PAVIMENTO

O modelo de desempenho dos pavimentos asfálticos se dá através de dois critérios de ruptura, sendo eles: a ruptura estrutural e a ruptura funcional. A ruptura estrutural é caracterizada pelo colapso da estrutura do pavimento, impossibilitando que o mesmo suporte as cargas que por ele trafegam. Já a ruptura funcional se caracteriza por um estado de degradação da plataforma do pavimento, causando desconforto aos usuários, diminuição da segurança ao trafega-lo, elevação do risco do efeito de aquaplanagem devido às irregularidades presentes ou por grandes deformações permanentes (FRANCO, 2007).

O Medina utiliza como critério de ruptura as informações baseadas em danos de deformação permanente ou afundamento do trilho de roda (ATR) e dano de fadiga, sendo o entendimento

desses processos baseados em modelos de previsões de desempenho, modelos estes que permitem quantificar a redução do nível de serventia ou a geração de patologias ao longo do tempo de utilização do pavimento.

Após definido como dimensionar os danos causados na estrutura ao longo do período de utilização, o Medina adotou tipos de vias em conformidade com a hierarquia dos sistemas funcionais publicada pelo DNIT, em que possuem critérios de parada do dimensionamento e limites máximos toleráveis considerando área trincada e deformação permanente, bem como a confiabilidade das análises realizadas. A Tabela 3 resume os critérios e a confiabilidade de cada tipo de via:

Tabela 3 – Tipo de Vias com Limites de Tolerância e Confiabilidade.

TIPO DE VIA	CONFIABILIDADE	ÁREA TRINCADA	DEF. PERMANENTE
Sistema Arterial Principal	95%	30%	10mm
Sistema Arterial Primário	85%	30%	13mm
Sistema Arterial Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Coletor Primário	85%	30%	13mm
Sistema Coletor Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Local	65%	30%	20mm

Fonte: FRANCO; MOTTA (2020).

Segundo Franco, Motta (2020) O programa Medina também se baseia nos seguintes parâmetros em seus projetos:

- Deformações permanentes específicas por camadas não podem ultrapassar 5%;
- A espessura da camada de revestimento asfáltico deve estar entre 5,0 cm e 15,0 cm;
- A espessura das camadas de bases com valores entre 10,0 cm e 40,0 cm;
- A espessura de camadas de tratamento superficial duplo (TSD) ou tratamento superficial triplo (TST) é limitada entre 1,5 cm e 3,0cm.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Através das informações apresentadas, essa pesquisa foi desenvolvida de forma qualitativa, com a apresentação da fundamentação teórica seguida da realização dos cálculos de dimensionamento e definições de coeficientes através do programa de dimensionamento de pavimentos Medina.

Após a realização da fundamentação teórica, definiu-se o local onde foi realizado o estudo, trecho da BR-116 que liga a cidade de Vitória da Conquista - BA ao município de Veredinha - BA, conforme apresentado na Figura 16. Foram coletadas as informações referentes ao fluxo de veículos nesse trecho, sendo essas informações disponibilizadas pela empresa responsável pelo local, VIABAHIA Concessionária de Rodovias S.A. referente a sua praça de pedágio 7 localizada a aproximadamente 4 quilômetros do fim do trecho escolhido, em seguida, inseriu-se as informações no software Medina com o intuito de dimensionar o pavimento flexível do trecho a ser duplicado, para a escolha dos materiais do subleito, base e sub-base do pavimento foi levada em consideração sua predominância na região e a existência no banco de dados do programa Medina, evidenciando que para um dimensionamento mais preciso e assertivo é importante que o material que será utilizado, seja analisado em laboratório e adicionado pelo projetista no software, as demais informações como tipo de rodovia, veículos na faixa de projeto e taxa de crescimento do fluxo de veículos ao longo do tempo, foram definidas através de pesquisas bibliográficas.

Figura 16 – Imagem de satélite evidenciando trecho de estudo a ser duplicado na BR-116.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CÁLCULO DO NÚMERO “N” ATRAVÉS DO SOFTWARE MEDINA

4.1.1 DADOS DO TRÁFEGO – VMD

Através das informações disponibilizadas pela VIABAHIA Concessionária de Rodovias, obteve-se o levantamento do Volume Médio Diário (VMD), para utilização no processo de cálculo do número “N”. As classificações dos veículos em categorias exibidas na Tabela 4, foram adotadas segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), apresentadas no tópico 2.3.4 do presente trabalho.

Tabela 4 – Dados de estudo de tráfego da praça de pedágio 7, BR-116.

Mês	VMD por Categoria do Veículo Praça de Pedágio 7 – Ano 2020						
	2C	2S1	2S2	2S3	3S3	3D4	3T6
Jan	15.100	26.549	20.933	21.558	33.303	6.524	6.304
Fev	14.233	23.421	22.430	23.507	35.092	6.375	6.639
Mar	13.654	22.318	22.805	25.001	37.170	6.748	7.097
Abr	9.992	15.088	14.255	14.075	25.521	4.507	4.552
Mai	12.671	19.596	17.731	17.626	32.053	5.911	5.729
Jun	14.377	21.528	20.312	20.792	34.582	7.398	6.342
Jul	16.199	24.847	24.660	25.926	40.722	8.391	7.861
Ago	16.787	26.853	28.429	29.972	46.480	9.184	8.286
Set	16.429	27.066	27.769	28.428	44.551	7.567	8.500
Out	16.873	28.455	29.100	29.794	45.328	7.751	8.759
Nov	16.509	27.544	29.834	30.085	45.359	7.625	9.221
Dez	17.865	28.763	30.534	27.285	41.949	7.490	8.227
TOTAL	180.689	292.028	288.792	294.049	462.110	85.471	87.517
VMD	495,04	800,08	791,21	805,61	1266,05	234,17	239,77
VMD (%)	10,69%	17,27%	17,08%	17,39%	27,33%	5,06%	5,18%
Volume Médio Diário Total = 4631,93							

Fonte: (VIA BAHIA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS S.A, 2020, adaptada pelos autores).

4.1.2 CÁLCULO DO FATOR DE VEÍCULO (DNIT)

Foram considerados para efeito de cálculo do número “N” 80% dos veículos carregados, logo, foi efetuada uma interpolação, obtendo a carga por eixo nessa situação, para que fosse inserida no software Medina. Os valores encontrados mediante a interpolação constam na Tabela 5.

Tabela 5 – Valor de Carga para 80% dos Veículos Carregados.

Tipo de Eixo	Carga (tf)		
	Carregado	Vazio	80% Carregado
Simples de roda simples	6	3	5,4

Simples de roda duplas	10	5	9
Tandem duplo	17	6	14,8
Tandem Triplo	25,5	9	21,8

Fonte: (DNIT, 2006 Adaptada pelos autores).

Conforme apresentado no capítulo 2.3.4 Solicitação da estrutura, a inserção das informações de tráfego ocorre manualmente eixo a eixo, tendo como base o eixo padrão rodoviário, deste modo, os valores foram inseridos na janela de cálculo do fator de veículo (DNIT) do software Medina, os eixos são inseridos gerando grupos que formam as classes de veículos, por exemplo, o grupo selecionado na Figura 17 e destacado com uma seta vermelha, representa o veículo 3S3 identificado anteriormente na Figura 12. Após a inserção de todos os dados da Tabela 4, obtemos o valor do fator de veículo de 6,491 conforme identificado na Figura 17.

Figura 17 – Janela de Cálculo do Fator de Veículo.

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	4631
FV:	6,491
N anual (1º ano):	1,10e+07
% Veículos na faixa de projeto:	45
N Anual da faixa:	4,94e+06
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	5,66e+07

N Total:
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

4.1.3 INFORMAÇÕES ADICIONAIS DO PROJETO

- Veículos na faixa de projeto:

Tabela 7 – Veículos na Faixa de Projeto por Número de Faixas.

Número de faixas de tráfego (2 sentidos)	Veículos na faixa de Projeto (%)
2	50
4	35 a 48
6 ou mais	25 a 48

Fonte: Souza (1981).

Conforme apresentado na Tabela 7, adotou-se para o estudo 45% de veículos na faixa de projeto, por ser uma rodovia duplicada com duas faixas em cada sentido, totalizando quatro faixas.

- Taxa de crescimento:

Adotando uma (VUP) vida útil de projeto de 10 anos, admite-se a taxa de crescimento recomendada pelo DNIT de 3% para rodovias.

- Definição do Tipo de Via

Após reunir todas as informações levantadas no capítulo 4.1 e inseri-las no software Medina, efetuou-se o cálculo do número “N”, apresentando o resultado de 5,66e+07. Devido ao número “N” elevado e por se tratar de uma rodovia federal, foi verificado que o tipo de via que mais se enquadra no dimensionamento é o Sistema Arterial Primário, conforme exibido na Tabela 3, é o tipo com maior nível de confiabilidade sendo 95%, área trincada após sua vida útil alcançando 30% e deformação permanente de 10mm (FRANCO; MOTTA 2020). Sendo demonstrados respectivamente na Figura 18.

Figura 18 – Janela de Dados do Tráfego.

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	4631
FV:	6,491
N anual (1º ano):	1,10e+07
% Veículos na faixa de projeto:	45
N Anual da faixa:	4,94e+06
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	5,66e+07

N Total:
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

4.2 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

4.2.1 DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS

O processo de caracterização dos materiais granulares e solos devem ser realizados através dos ensaios em laboratório, de módulo de resiliência (DNIT 134/2018-ME) e deformação permanente (DNIT 179/2018-IE). O modelo de realização do ensaio de deformação permanente apresentado pela norma do DNIT foi elaborado por Antônio Guimarães em sua tese de doutorado (Guimarães, 2009). Com a realização destes ensaios é possível obter os resultados que serão utilizados pelo software Medina para determinar o módulo e a deformação permanente dos materiais para qualquer valor de tensão. Os valores utilizados para os coeficientes de poisson, podem ser adotados conforme apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores usuais de coeficiente de *Poisson*.

Material	Intervalo de Valores de Coeficiente de <i>Poisson</i>	Valor Recomendado de Coeficiente de <i>Poisson</i>
Concreto de cimento <i>Portland</i>	0,10 a 0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15 a 0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15 a 0,45	0,30
Materiais granulares	0,30 a 0,40	0,35
Solos do subleito	0,30 a 0,50	0,40

Fonte: DER (2006).

- Subleito:

O material utilizado no subleito do pavimento foi o Solo fino NA, apresentando as seguintes características:

Tabela 9 – Características do Material do Subleito.

SUBLEITO: Solo Fino NA	
Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Areia Fina de Campo Azul - MG	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = NA	Modelo: $ep = \psi_1 \cdot (s^3 \cdot \psi_2) \cdot (sd \cdot \psi_3) \cdot (N \cdot \psi_4)$
MCT - Coeficiente $c' = 0,25$	Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1): 0,097
MCT - Índice $e' = 1,67$	Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2): -1,600
Massa específica (g/cm^3) = 1,820	Coeficiente de Regressão (k_3 ou ψ_3): 1,900
Umidade Ótima (%) = 10,0	Coeficiente de Regressão (k_4 ou ψ_4): 0,063
Energia Compactação = Internormal	
Norma ou Especificação = DNIT ES 137	

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

- Sub base:

O material utilizado na Sub-base do pavimento foi o Solo Argiloso Laterítico (LG'), apresentando as seguintes características:

Tabela 10 – Características do Material da Sub base.

SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO: Solo LG'	
Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo Laterítico argiloso	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = LG'	Modelo: $ep = \psi_1.(s_3^{\psi_2}).(s_d^{\psi_3}).(N^{\psi_4})$
MCT - Coeficiente $c' = 1,91$	Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1): 0,32
MCT - Índice $e' = 1,07$	Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2): -0,09
Massa específica (g/cm^3) = 1,675	Coeficiente de Regressão (k_3 ou ψ_3): 1,21
Umidade Ótima (%) = 20,5	Coeficiente de Regressão (k_4 ou ψ_4): 0,05
Energia Compactação = Intermediária	
Norma ou Especificação = DNIT ES 139	

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

- Base:

O material utilizado na base do pavimento foi o Solo Brita – M3 com sua composição formada por Solo Argiloso Laterítico (LG') somado de 30% de brita 1 e 40% de brita 0, apresentando as seguintes características:

Tabela 11 – Características do Material da Base.

MATERIAL GRANULAR: Solo Brita – M3 LG'	
Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo LG' + 30% brita 1 e 40% brita 0	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm^3) = 2,38	Modelo: $ep = \psi_1.(s_3^{\psi_2}).(s_d^{\psi_3}).(N^{\psi_4})$
Umidade Ótima (%) = 7,5	Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1): 0,27
Energia Compactação = Intermediária	Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2): -0,14
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Coeficiente de Regressão (k_3 ou ψ_3): 1,33
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coeficiente de Regressão (k_4 ou ψ_4): 0,06

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

- Revestimento:

O material utilizado no revestimento do pavimento foi o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com a utilização do CAP 50/70, possuindo faixa granulométrica de 12,5 mm, apresentando as seguintes características:

Tabela 12 – Características do Material do Revestimento.

CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	
Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 – PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm^3) = 2,4	-Modelo: $k_1 \cdot (et^k_2)$
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k_1): $\geq 3,0e-13$
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k_2): $\geq -3,78$
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100 μ a 250 μ): $\geq 0,73$
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 603 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1564 ciclos

Fonte: (Medina 2021, adaptado pelos autores).

4.2.2 CONFIGURAÇÃO DO PAVIMENTO

Com base nos materiais utilizados foi feito o dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento, foram efetuadas algumas tentativas buscando diminuir a espessura da camada de revestimento, pois, é o material mais custoso dentre os utilizados, considerando que o programa já traz um nível muito alto de confiabilidade, sendo 95% para o tipo de via escolhido, buscou-se chegar o mais próximo do limite de área trincada para a configuração utilizada, que é de 30% no fim do período, deste modo, foi alcançada a configuração apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Configuração das Camadas do Pavimento.

CAMADA	DESCRÍÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (Mpa)	COEFICIENTE DE POISSON

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

1	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,0	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Solo Brita - M3 (LG' s:1521)	35,0	398	0,35
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo LG' (s:1521)	40,0	Resiliente Não Linear	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Fino NA	0,0	Resiliente Não Linear	0,45

Fonte: (Medina 2021, Adaptado pelos autores).

4.3 PREVISÕES DE DESEMPENHO DO PAVIMENTO

4.3.1 EVOLUÇÕES DE DANOS NO PAVIMENTO

Baseado na configuração utilizada de sistema arterial principal, que admite no máximo 30% de trincas no fim do período e 10mm de deformação permanente, obteve-se respectivamente a previsão da evolução semestral apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Evolução de Trincas no Pavimento.

EVOLUÇÃO DE DANOS NO PAVIMENTO - SEMESTRALMENTE			
Mês	N Equivalente	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,06E+05	1,77%	3,1
6	2,45E+06	3,41%	3,4
12	4,94E+06	4,58%	3,6
18	7,46E+06	5,57%	3,7
24	1,00E+07	6,51%	3,7
30	1,26E+07	7,44%	3,8
36	1,53E+07	8,40%	3,8
42	1,79E+07	9,39%	3,9

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

48	2,07E+07	10,43%	3,9
54	2,34E+07	11,53%	3,9
60	2,62E+07	12,69%	3,9
66	2,91E+07	13,94%	4
72	3,19E+07	15,26%	4
78	3,49E+07	16,67%	4
84	3,78E+07	18,18%	4
90	4,09E+07	19,79%	4
96	4,39E+07	21,50%	4,1
102	4,70E+07	23,32%	4,1
108	5,02E+07	25,25%	4,1
114	5,34E+07	27,30%	4,1
120	5,66E+07	29,47%	4,1

Fonte: (Medina 2021, Adaptado pelos autores).

O Afundamento de Trilho de Roda (ATR) alcançado foi de 4,1mm no fim da vida útil de projeto, sendo este superdimensionado devido a limitação da porcentagem de trinca de 30%. A deformação máxima alcançada por camada foi de 2,1mm, ocorrendo na base composta de material granular, o ATR total por camada está relacionado na Tabela 15.

Tabela 15 – Afundamento de Trilho de Roda Total.

ANÁLISE DE AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA		
Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda
		(mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0
2	CONCRETO ASFÁLTICO	0
3	MATERIAL GRANULAR	2,1
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	1,38
5	SUBLEITO	0,63
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,1

Fonte: (Medina 2021, Adaptado pelos autores).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme foi apresentado, o software Medina proporcionará uma grande evolução para o dimensionamento de pavimentos da malha nacional, pois, o mesmo solicita uma série de informações referentes a ensaios dos materiais utilizados, levando em consideração o módulo de resiliência e não mais o CBR como anteriormente, conseguindo assim, através do método mecanístico empírico, prever as deformações e evoluções de trincas do pavimento projetado ao longo de sua vida útil.

Deste modo, percebe-se, que com a utilização do Medina nos futuros projetos de pavimentação, espera-se uma qualidade e durabilidade maior em comparação com os pavimentos executados anteriormente, pois, o software irá dimensionar a durabilidade da estrutura conforme a informação de tempo de uso definida em projeto, gerando economia com conservação da malha rodoviária e aumentando o índice de satisfação dos usuários, proporcionando que o investimento que existia no setor de conservação possa ser parcialmente direcionado para a redução do total de rodovias não pavimentadas no país.

A partir dos resultados obtidos nota-se que o número “N” do trecho analisado já está com o valor elevado, sendo necessária a execução de uma camada de revestimento espessa para suportar e distribuir essa carga, mesmo considerando que o trecho seja duplicado, pois, o tráfego em rodovias teve um aumento significativo nos últimos anos e a tecnologia na construção de novos veículos evolui constantemente, possibilitando cargas cada vez maiores e exigindo um suporte maior do pavimento, levando em consideração que diversos outros setores dependem desta modalidade de transporte.

Esse trabalho contribui para a disseminação do conhecimento do uso do software Medina, o método de dimensionamento nacional de pavimentos, que possui uma tecnologia brasileira e foi criado para as circunstâncias do território nacional, possibilitando uma maior segurança ao projetista e previsões mais assertivas referente ao seu desempenho, e assim, para os próximos trabalhos a serem produzidos pode-se ressaltar a execução experimental de pavimentos, com seu acompanhamento comparando as previsões de desempenho com o estado real existente, bem como comparativo de custos da execução de pavimentos dimensionados com o Medina, ou com o método antigo baseado no CBR do material, levando em consideração o custo benefício do projeto em sua vida útil.

REFERÊNCIAS

- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2007, 560 p.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006, 475 p.
- DER. Instrução de Projeto de Pavimentação IP-DE-P00/001. Instrução de Projeto. São Paulo, SP, 2006.
- DNIT. Manual de Pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro, Publicação IPR – 719, 2006, 274 p.
- DNIT. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2 ed. Rio de Janeiro, Publicação IPR – 720, 2006, 310 p.
- DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2003, 12 p.
- DNIT 134/2018-ME – Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2018, 18 p.
- DNIT 179/2018-IE – Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2018, 20 p.
- FRANCO, F. A. C. de P. Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SISPAV. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.
- FRANCO, F. A. C. P.; MOTTA, L. M. G. MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional. Manual de utilização. Versão 1.1.4. Rio de Janeiro, 2020.
- GUIMARÃES, A. C. R. Um Método Mecanístico-Empírico para a Previsão da Deformação Permanente em Solos Tropicais Constituintes de Pavimentos. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

Estudo do dimensionamento de pavimentos através do método Medina, em trecho a ser duplicado na BR-116

MAIA, I. M. C. Caraterização De Patologias Em Pavimentos Rodoviários. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Vias de Comunicação, Universidade do Porto, Porto, 2012.

MEDINA, J. MOTTA, L. M. G. Mecânica dos pavimentos. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005, 570 p.

PINTO, C. de S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SOUZA, M.L. Método de projeto de pavimentos flexíveis. 3 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, IPR, 1981 (IPR Publ. 667).

_____. Pesquisa CNT de Rodovias 2019: Relatório Gerencial. Brasília, CNT, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 17 de novembro de 2020.

^[1] Graduando em Engenharia Civil.

^[2] Graduando em Engenharia Civil.

^[3] Orientadora. Especialização em Engenharia Rodoviária: Do Estudo De Viabilidade Ao Projeto Executivo, Graduação em Engenharia Civil, Graduação em Enfermagem.

Enviado: Abril, 2021.

Aprovado: Maio, 2021.