

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO EMPÍRICO DO DNIT E O MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO (MEDINA) PARA O DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Thallysson Fernando Duda Valença

tfdv@discente.ifpe.edu.br

Roubier Muniz de Sousa

roubiermuniz@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O estudo compara o dimensionamento de pavimentos flexíveis pelos métodos empírico do DNIT e mecanístico-empírico do MeDiNa, aplicado à Rodovia de acesso a Caueiras (PE). O projeto original, baseado no método DNIT, apresentou subdimensionamento do revestimento e da base, evidenciando risco de comprometimento da durabilidade. O MeDiNa confirmou essa análise e possibilitou uma avaliação mais precisa do comportamento estrutural, considerando tráfego e propriedades dos materiais. O estudo reforça a importância da análise mecanístico-empírica para um dimensionamento otimizado, garantindo pavimentos mais duráveis, seguros e econômicos.

Palavras-chave: Subdimensionamento; Durabilidade; Comportamento Estrutural.

ABSTRACT

The study compares the dimensioning of flexible pavements using the empirical DNIT method and the mechanistic-empirical MeDiNa software, applied to the Caueiras Access Highway (PE). The original design, based on the DNIT method, showed undersizing of the pavement and base layers, indicating a risk of compromising durability. The MeDiNa software confirmed this analysis and enabled a more accurate assessment of the structural behavior, considering traffic and material properties. The study reinforces the importance of mechanistic-empirical analysis for optimized dimensioning, ensuring more durable, safe, and economical pavements.

Keywords: Undersizing; Durability; Structural Behavior.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta, de forma majoritária, como fonte de locomoção, as rodovias, porém, vale salientar que para que esse tráfego seja realizado de forma eficiente a

pavimentação deverá apresentar condições nas quais apresentem economia, segurança e conforto para os transeuntes. (Silva & Santos, 2021).

O pavimento apresenta, seja ele de qual tipo for, um perfil predominante. Segregado por camadas de diferentes tipos de materiais e resistência, é comumente encontrado nos pavimentos a presença do subleito, camada esta que atuará como a base do pavimento, resistindo as cargas e distribuindo-a ao longo do solo, além da camada de sub-base, base e revestimento, a depender de como esteja a condição do terreno este poderá apresentar outras camadas, como reforço e regularização do subleito. (Matias, 2022)

O dimensionamento destes pavimentos, no Brasil, segue as especificações do método empírico do DNIT, onde ocorrerá o dimensionamento não apenas do pavimento, mas também de suas camadas, para que consiga suportar o tráfego previsto e, conseqüentemente, a vida útil (Cancian, 2020). Este método utiliza o fator de tráfego N e os índices de California Bearing Ratio (CBR) dos materiais presentes nas camadas para determinar as respectivas espessuras. (DNIT, 2006)

O DNIT, a partir de estudos e focando na tentativa de melhorar os dimensionamentos realizados, foi criado o software MeDiNa, que utiliza o método mecanístico-empírico, sendo mais preciso que o método empírico, este não se limita apenas a determinação da espessura das camadas, mas também serve para reforçar os pavimentos já existente, podendo determinar nova espessura e material para o trecho estudado. (Cancian, 2020)

Em detrimento a estes conceitos, será realizado, ao longo deste artigo, uma análise conflitante entre o método empírico do DNIT e o método mecanístico-empírico de MeDiNa com o objetivo de analisar a vida útil, a segurança e a economia entre eles.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição e Classificação dos Pavimentos.

O pavimento em sua maioria apresenta complexidade em sua estrutura, sendo formado por multicamadas, projetado e construído sobre o solo devidamente preparado. Essa estrutura é composta por diferentes materiais e espessuras, na qual variam a partir de diversos fatores condicionantes, são cuidadosamente

calculadas para resistir aos esforços do tráfego e às intempéries, distribuindo as cargas de forma eficiente (Porto, 2021).

Foram Lopes & Sores (2022) que apontaram que o pavimento tem como objetivo principal garantir a segurança, conforto e economia para os usuários, além de proporcionar uma extensão estável, aderente e durável, mitigando a necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil.

Segundo Bernucci et al., (2006) *apud* Brito (2023) Os pavimentos se classificam em três categorias: flexíveis, rígidos e semirrígidos. A primeira, é a mais abrangente no modal rodoviário brasileiro, se caracteriza pelo revestimento composto por uma combinação de agregados e ligantes asfálticos. Essa estrutura demonstra uma configuração de suas camadas da seguinte forma: reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico.

Já a segunda categoria mencionada, os pavimentos rígidos, apresentam uma configuração de suas camadas semelhante ao do flexível, porém a base e o revestimento desempenham um papel unificado (Brito, 2023).

Balbo (2007) *apud* Silva (2020) se refere ao pavimento semirrígido como uma estrutura de combinação entre as demais categorias, com a configuração de uma camada de base em solo cimento (sendo algo mais rígido) e um revestimento asfáltico (camada flexível).

Em todas as categorias mencionadas suas camadas estarão impostas sobre o subleito, que corresponde ao terreno natural e devidamente preparado para a construção da estrada, servindo como uma fundação para a estrutura, em alguns casos será necessário realizar uma regularização desta camada, por meio de cortes e aterros, deixando-o apto para receber as demais camadas (Brito, 2023).

2.2. Camadas do Pavimento Flexível.

Subleito

O subleito, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) é a camada principal, o alicerce para todas as demais camadas que serão assentadas sobre ele. Deve-se haver um estudo detalhado desta camada, principalmente em um

metro de profundidade, pois é a consideração do DNIT, para as cargas do tráfego demonstrarem uma influência expressiva. (Rosestengel et al., 2021)

Essa camada, em alguns casos, receberá uma regularização, que será considerada uma nova camada com o objetivo de ajustar e nivelar a superfície do subleito, organizando-o horizontal e verticalmente. (Rosestengel et al., 2021)

Outra orientação importante é que se o Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou também conhecido como California Bearing Ratio (CBR), do material presente no subleito for inferior a 02%, será necessário realizar a alteração deste material, para um mais resistente, com valores entre 2% e 20% no ensaio CBR, com espessura mínima de um metro. (Rosestengel et al., 2021). Para cada camada o Manual do DNIT terá uma especificação na qual ele apontará critérios mínimos a serem atendidos pelo material presente.

Reforço do Subleito

O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) conceitua o Reforço do Subleito como sendo, a camada de espessura constante na sua largura e mutável no comprimento, em concordância com o projeto de pavimentação e, por razões técnicas e econômicas, é construída sobre o terreno nivelado. Destina-se a melhorar as propriedades do solo e uniformizar a espessura do subleito. (Rosestengel et al., 2021).

Sub-Base

Para a Sub-base o DNIT informa que será a camada adicional à base. A utilização desta camada se dará sempre quando não for recomendado a construção da base diretamente sobre o terreno nivelado ou sobre o reforço, respeitando assim as condições técnicas e/ou financeiras, além disso, ela poderá ser utilizada também para padronizar a espessura da base. E nos pavimentos rígidos apresentará a função de prevenção contra o deslocamento do solo da camada inferior. (Rosestengel et al., 2021).

Base

A camada da Base é de suma importância para toda composição do pavimento, pois será ela que será projetada para suportar e repartir ao solo os

esforços oriundos do tráfego, e sob a qual será empregado o revestimento. É a camada fundamental, pois após haver a deformação da camada de revestimento, sua função se dará, de forma estrutural, como uma proteção para as camadas inferiores, para assim evitar danos contra a estrutura do pavimento. (Rosestengel et al., 2021).

Revestimento

É a primeira camada a sofrer a ação do tráfego, tendo em vista que é aquela que sofrerá diretamente a intervenção do rolamento. Ela tem três funções principais: aumentar o conforto e a segurança de quem a utiliza, resistir às forças laterais que atuam sobre ela para prolongar sua vida útil e ser resistente ao desgaste. O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é o material mais utilizado para o revestimento flexível, por ser o material que mais se encaixa nas funções descritas anteriormente. Esse material é produzido em usina, na qual segue uma série de especificações exigentes e sua aplicação deverá seguir um controle de qualidade em todas as etapas. (Rosestengel et al., 2021).

2.3. Ensaio de California Bearing Ratio (CBR).

O ensaio de CBR é um procedimento fundamental na engenharia de pavimentos, utilizado para avaliar a capacidade de suporte do solo compactado em relação a um material de referência (brita padronizada). (Brito, 2023)

O índice CBR, expresso em porcentagem, indica a resistência do solo em comparação à brita, sendo um parâmetro crucial para o dimensionamento de pavimentos flexíveis. O tipo de solo e sua textura influenciam diretamente o valor do CBR, com solos granulares apresentando índices mais elevados do que solos finos ou argilosos. (Rosestengel et al., 2021)

2.4. Método Empírico do DNIT.

O método tradicional do DNIT, foi implantado no Brasil no ano de 1966, pelo Engenheiro Murilo Lopes de Souza, esse método é baseado no trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", sendo desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) com base de AASHTO, onde é utilizado de forma Empírica (Melo, 2021).

Este método, tem como parâmetro, para o cálculo do dimensionamento, o California Bearing Ratio (CBR) do subleito para determinar a capacidade de suporte do pavimento, diretamente ligado ao tráfego estimado sobre o pavimento, para definir a espessura das camadas (Nascimento, 2023). O ponto chave é a proteção do subleito em relação às deformações plásticas excessivas ao decorrer da vida útil do projeto, assegurando a integridade estrutural do pavimento (Melo, 2021).

Por ser um método empírico, com bases determinadas nos Estados Unidos, sua ideologia está fundamentada nas correlações obtidas através das observações de campo e ensaios experimentais, dessa forma ele acaba não considerando nitidamente fatores externos importantes para o dimensionamento, como é o caso dos fatores climáticos e ambientais para o desempenho do pavimento, nem tão pouco os mecanismos de deformação e ruptura dos materiais, tornando-o assim um método limitado. (Nascimento, 2023).

2.5. Software MeDiNA.

O MeDiNa é um software que utiliza o método mecanístico-empírico para avaliar e dimensionar pavimentos flexíveis. Através de simulações computacionais, o programa estima o desgaste da estrutura ao longo do tempo, considerando a combinação de cargas e repetições do tráfego. O MeDiNa permite calcular tensões, deformações e deslocamentos nas diferentes camadas do pavimento, auxiliando na determinação da espessura ideal, vida útil estimada e outros parâmetros relevantes para o projeto. Essa ferramenta oferece uma análise mais precisa e abrangente do que os métodos empíricos, contribuindo para a otimização do projeto e a garantia de um pavimento mais eficiente e seguro. (Lopes e Soares, 2022).

3. METODOLOGIA

Para a produção deste documento se fez necessário realizar pesquisas bibliográficas em documentos relacionados ao tema, como em artigos, revistas, monografias, normas, manuais e entre outros, para que a análise em questão fosse realizada de forma coerente, sob os métodos do DNIT e utilização do software MeDiNa.

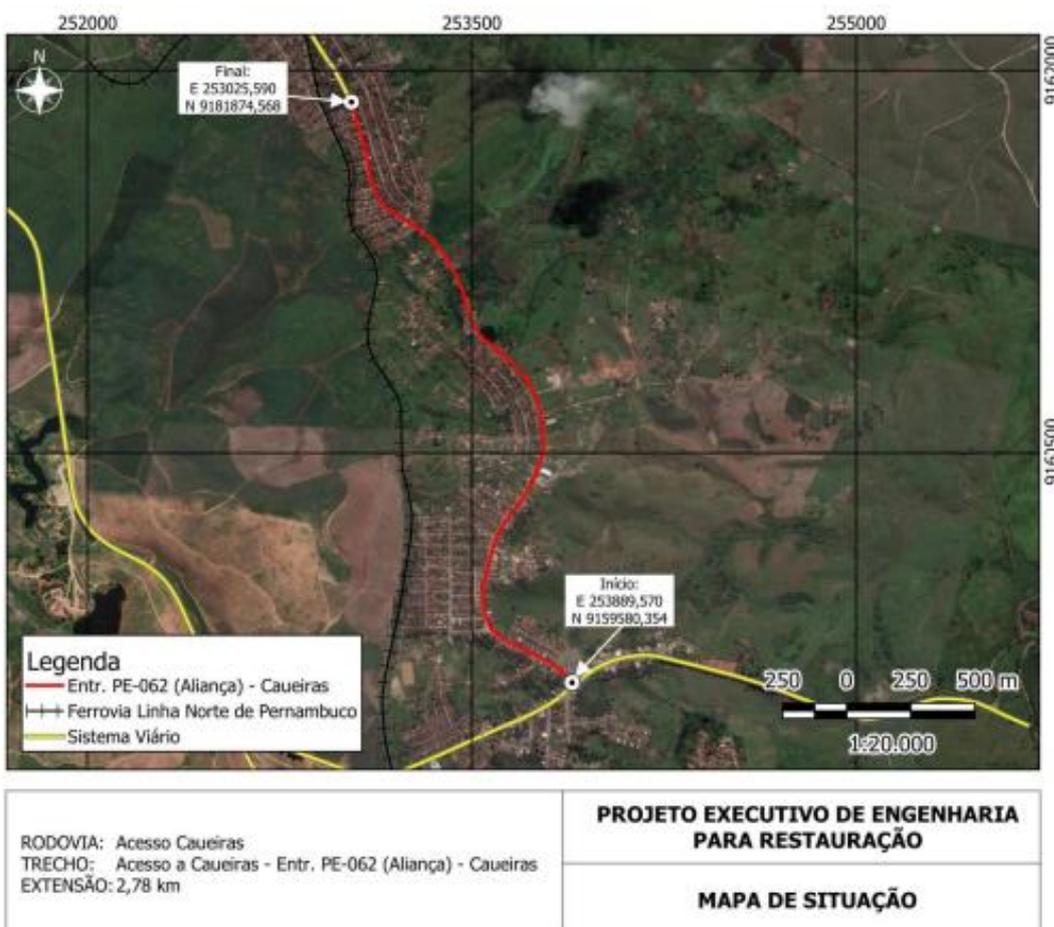
Para o desenvolvimento da etapa posterior, foram realizadas simulações do trecho do pavimento escolhido a partir do Edital de Concorrência Pública 029/2022

da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do estado de Pernambuco – SIRH/PE - Anexo E (Projeto) – Caueiras. Vol.01 - Projeto Básico. Onde foi obtido informações sobre o pavimento, espessura das camadas, material, CBR, expansão, estudo de tráfego e etc.

Após análise desses dados, se fez os cálculos utilizando o método do DNIT, em referência a AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) e a USACE (Corpo de Engenheiros de Exército dos Estados Unidos), em seguida foi alimentado o software MeDiNa, que trabalha com indicativos do método de USACE, produzindo assim o comparativo do dimensionamento em ambos os métodos.

3.1. Dados da Amostra.

Figura 01 – Trecho Analisado



Fonte: PDCA Engenharia (2022)

O trecho analisado tem uma extensão de 2,78km, no município de Aliança, uma rodovia de acesso a Caueiras. A empresa PDCA, responsável pelo projeto

executivo para restauração da rodovia da licitação, realizada pela Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (SIRH), Convite 004/2022, disponibilizou as configurações das camadas, assim como o estudo do tráfego, e o tipo de via, como sendo indicada *Via local* na qual serão dados utilizados para as análises deste projeto, sendo esses utilizados para o método do DNIT e para alimentar o software MeDiNa.

O Relatório de Projeto Básico, p.14, aponta que o trecho é de pavimento flexível, com a seguinte configuração:

- Revestimento: CBUQ (3,0 cm); Base: Brita Graduada Simples (15 cm); Sub-Base: Solo-brita (20 cm); Subleito: Solo arenoso.

Já dá p.16 à p.24, é apresentado como foi realizado o estudo do fluxo de transporte no trecho analisado, sendo inserido um posto de contagem ao longo da via, para levantamento do tipo e quantidade de veículos que transitam por aquele trecho, culminando com o procedimento orientado no manual do DNIT (2006). A PDCA levantou os seguintes dados:

Tabela 01 – Tabela do Volume Médio Diário Anual.

RESUMO DA CONTAGEM DE TRÁFEGO VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TMD																						
Rodovia:	Posto:	Trecho: Acesso a Caueiras - Entr. PE-062 (Aliança) - Caueiras																				
Acesso a Caueiras	1																					
Sentido:		De: Sirinhaém										Para: Ribeirão										
Dia	Auto	Ônibus		Utilitários	Caminhão Simples		Caminhão Reboque e Semirreboque										Motos	Total				
		2CB	3CB	2Cs	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	2I3	3S3	3C3	X	3D3	3D4			3Q4	3T6	3T6'	
11/07/2022	1.105	69	4	78	63	17	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	91	2.650
12/07/2022	1.179	70	6	135	63	14	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	109	2.597
13/07/2022	1.107	71	7	104	56	5	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	91	2.373
Total	3.391	210	17	317	182	36	0	0	5	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0	0	291	7.620
Média	1.131	70	6	106	61	12	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	97	2.540
Sentido:		De: Ribeirão										Para: Sirinhaém										
Dia	Auto	Ônibus		Utilitários	Caminhão Simples		Caminhão Reboque e Semirreboque										Motos	Total				
		2CB	3CB	2Cs	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	2I3	3S3	3C3	X	3D3	3D4			3Q4	3T6	3T6'	
11/07/2022	1.192	74	1	91	69	14	0	1	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1.409	2.857
12/07/2022	1.194	72	0	109	73	13	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.202	2.668
13/07/2022	1.203	75	0	91	73	17	0	0	2	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1.117	2.584
Total	3.589	221	1	291	215	44	1	2	4	5	2	1	0	2	0	3	0	0	0	0	3.728	8.109
Média	1.197	74	1	97	72	15	1	1	2	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1.243	2.703
Sentido:		Nos dois sentidos																				
Ano	Auto	Ônibus		Utilitários	Caminhão Simples		Caminhão Reboque e Semirreboque										Motos	Total				
		2CB	3CB	2Cs	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	2I3	3S3	3C3	X	3D3	3D4			3Q4	3T6	X	
2022																						
TMD	2.328	144	7	203	133	27	1	1	4	2	1	1	0	4	0	2	0	0	0	0	1.340	5.243
%	44,40	2,75	0,13	3,87	2,54	0,51	0,02	0,02	0,08	0,04	0,02	0,02	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	25,56	100,00
TMD EXPANDIDO PARA VMDA																						
FATOR DE EXPANSÃO F = 1,0136																						
VMDA	2.360	146	8	206	135	28	2	2	5	3	2	2	0	5	0	3	0	0	0	0	1.359	4.266
%	55,32	3,42	0,19	4,83	3,16	0,66	0,05	0,05	0,12	0,07	0,05	0,05	0,00	0,12	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	31,86	100,00

Fonte: PDCA Engenharia (2022)

Tabela 02 – Tabela do VMDA no trecho.

VMDA DO TRECHO																			
Ano	Auto	Ônibus		Utilitários	Caminhão Simples		Caminhão Reboque e Semirreboque											Motos	Total
2022		2CB	3CB	2Cs	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	2I3	3S3	3C3	X	3D3	3D4	3C4	3T6	X
VMDA	2.360	146	8	206	135	28	2	2	5	3	2	2	0	5	0	3	0	0	0
%	55,3	3,4	0,2	4,8	3,2	0,7	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
VMDA DA FROTA COMERCIAL																			
Ano		Ônibus		Utilitários	Caminhão Simples		Caminhão Reboque e Semirreboque											Total	
2022		2CB	3CB	2Cs	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	2I3	3S3	3C3	X	3D3	3D4	3C4	3T6	X
VMDAc		146	8	206	135	28	2	2	5	3	2	2	0	5	0	3	0	0	0
%		26,7	1,5	37,7	24,7	5,1	0,4	0,4	0,9	0,5	0,4	0,4	0,0	0,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0

Fonte: PDCA Engenharia (2022)

Os dados utilizados para o cálculo de VMDA neste projeto se darão pelos apresentados nas tabelas 01 e 02. Foi considerado o crescimento anual de 3%, com perspectiva para os próximos 10 anos, como apresentado no documento base. O Fator climático (FR) considerado foi igual a 1.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1. Cálculo do Fluxo de Transporte.

Para o cálculo do fluxo de transporte, o primeiro passo é realizar a contagem dos veículos que passam no trecho, separando por tipo de veículo, pois os que realmente faram uma real ação sobre o trecho, serão os veículos de frota, os utilitários, motos e carros não servirão para o estudo, pois sua influência não chega a ser significativa, em comparação aos 8,2t.

Logo em seguida se calcula o Volume no período (V_p), que se dará pelo produto entre o período (P) de análise em anos e a taxa de crescimento (t), acrescido de 1, e o Volume médio diário (VMD).

$$V_p = (1 + P \times t) \times VMD^1$$

¹: A quantidade de faixas conduzirá o valor de VMD, ou seja, se o trecho apresentar uma única faixa o VMD permanecerá, se tiver duas faixas o VMD será dividido por 02 e assim sucessivamente.

Em seguida será calculado o Volume Médio (V_m), que seria a média aritmética entre o V_p e o VMD

$$V_m = \frac{(V_p + VMD_1)}{2}$$

Por fim o volume total (V_t) se dará pelo produto entre 365 (quantidade de dias no ano), V_m e P . Esse valor obtido de V_t é fundamental para encontrar o número N

$$V_t = 365 \times V_m \times P$$

Sendo assim foi considerado, seguindo a mesma metodologia encontrada na licitação, o período de 10 anos e uma taxa de crescimento de 3%. Sendo calculado da seguinte forma:

Tabela 03 – Levantamento do quantitativo de veículos.

DADOS DE ENTRADA		
Veículos		Quant.
Passeio		3.925
Carga	2C	135
	3C	28
	4C	2
	2S1	2
	2S2/3S1	5
	2S3	3
	3S2	-
	3S3	2
	2C2/2I2	-
	2C3/2I3	2
	3C2/3I2	-
	3C3	-
	X	5
	3D4	3
	3Q4	-
3T6	-	
Ônibus	2CB	146
	3CB	8
Total geral		4.266
Total Frota		341

Fonte: Autor, adaptado PDCA (2024)

A partir disso, encontrou-se os seguintes valores para: $V_p = 222$ veículos; $V_m = 196$ veículos e $V_t = 715.400$ veículos.

4.2. Cálculo do número N.

O tráfego de veículos exerce uma pressão significativa sobre os pavimentos. Para garantir a durabilidade das rodovias, é necessário calcular o impacto de cada

tipo de veículo na estrutura do pavimento. O quadro 01 apresenta os fatores de equivalência que permitem comparar o desgaste causado por um eixo simples com o desgaste causado por um eixo duplo (tandem). O eixo padrão de 8,2 toneladas serve como referência para esses cálculos. (Dnit, 2006)

$$N = V_t \times FV \times FR$$

Onde:

N = Número N

V_t = Volume Total

FV = Fator de Veículo

FR = Fator Climático Regional

$$FV = FE \times FC$$

Onde:

FE = Fator de Eixo

FC = Fator de Carga

$$FE = \% \times N^\circ \text{ do Conjunto de Eixos}$$

Onde:

% = Razão entre a quantidade do tipo de veículo pela quantidade total de todos os veículos
 N° do Conjunto de Eixos = Quant de conj. de eixos do tipo do veículo

$$FC = \frac{FEC \times QV}{QVCE}$$

Onde:

FEC = \sum Fator de equivalência em cada Eixo

QV = Quantidade por tipo de veículo

QVCE = Quantidade Total de Veículos por Conjunto de Eixo

O *FEC* é calculado a partir das equações a seguir:

Quadro 01 – Fatores de equivalência de carga – USACE (DNER, 1998).

Tipo de Eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em t)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 - 8	$FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{4,0175}$
	≥ 8	$FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times p^{6,2542}$
Tandem duplo	0 -11	$FEC = 1,5920 \times 10^{-4} \times p^{3,4720}$
	≥ 11	$FEC = 1,5280 \times 10^{-6} \times p^{5,4840}$
Tandem triplo	0 - 18	$FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times p^{3,3549}$
	≥ 18	$FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times p^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte: Moura, p.34. (2011)

Outros fatores necessários para o cálculo do número N são: Fator de Pista ou Carregamento (F.P) e o Fator Climático (F.R). Utilizando os mesmos demonstrados no Projeto Básico da Licitação Concorrência Pública 029/2022 da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do estado de Pernambuco – SIRH/PE, na p.25, onde indica F.P = 0,5, por ser considerado duas vias, e F.R = 1,0 pela consideração

da temperatura, como utilizado nos Estados Unidos. Dessa forma o valor obtido utilizando a metodologia de USACE, para o número N foi:

Tabela 04 – Cálculo do número N parte 01.

DADOS DE VEÍCULOS						QUANTIDADE DE VEICULOS POR CONJUNTO DE EIXO						
Tipos	Veículos	Quant	Núm. de eixos	Núm. de Conj. de Eixos	Calculo de Carga (tf)	CONJ. DE EIXO 1	CONJ. DE EIXO 2	CONJ. DE EIXO 3	CONJ. DE EIXO 4	CONJ. DE EIXO 5	CONJ. DE EIXO 6	
-	Passaio	3.925	-	-	0 + 0	0	0	0	0	0	0	
V2 - 2 EIXOS	2C	135	2	2	6 + 10	135	135	0	0	0	0	
V3 - 3 EIXOS	3C	28	3	2	6 + 17	28	28	0	0	0	0	
V4 - 4 EIXOS	4C	2	4	2	6 + 25,5	2	2	0	0	0	0	
V3 - 3 EIXOS	2S1	2	3	3	6 + 10 + 10	2	2	2	0	0	0	
V4 - 4 EIXOS	2S2/3S1	5	4	3	6 + 10 + 17	5	5	5	0	0	0	
V5 - 5 EIXOS	2S3	3	5	3	6 + 10 + 25,5	3	3	3	0	0	0	
V5 - 5 EIXOS	3S2	-	5	3	6 + 17 + 17	0	0	0	0	0	0	
V6 - 6 EIXOS	3S3	2	6	3	6 + 17 + 25,5	2	2	2	0	0	0	
V4 - 4 EIXOS	2C2/2I2	-	4	4	6 + 10 + 10 + 10	0	0	0	0	0	0	
V5 - 5 EIXOS	2C3/2I3	2	5	4	6 + 10 + 10 + 10 + 10	2	2	2	2	0	0	
V5 - 5 EIXOS	3C2/3I2	-	5	4	6 + 17 + 10 + 10	0	0	0	0	0	0	
V6 - 6 EIXOS	3C3	-	6	4	6 + 17 + 10 + 17	0	0	0	0	0	0	
V3 - 3 EIXOS	X	5	3	2	6 + 13,5	5	5	0	0	0	0	
V7 - 7 EIXOS	3D4	3	7	4	6 + 17 + 17 + 17	3	3	3	3	0	0	
V7 - 7 EIXOS	3Q4	-	7	6	6 + 17 + 10 + 10 + 10 + 10	0	0	0	0	0	0	
V9 - 9 EIXOS	3T6	-	9	5	6 + 17 + 17 + 17 + 17	0	0	0	0	0	0	
V2 - 2 EIXOS	2CB	146	2	2	6 + 10	146	146	0	0	0	0	
V3 - 3 EIXOS	3CB	8	3	2	6 + 13,5	8	8	0	0	0	0	
Quantidade Frota =		341				SUBTOTAL	341	341	17	5	0	0
						TOTAL	Q.V.C.E = 704					

Fonte: Autor (2024)

Tabela 05 – Cálculo do número N parte 02.

VALOR DE CARGA POR CONJUNTO DE EIXO (FEC)						FC = FEC × QUANT/Q.V.C.E			FE = % × Núm. de Conj. de Eixos		FV = FC × FE	
CONJ. DE EIXO 1	CONJ. DE EIXO 2	CONJ. DE EIXO 3	CONJ. DE EIXO 4	CONJ. DE EIXO 5	CONJ. DE EIXO 6	FC	FEC	Quant	FE	%	Núm. de Conj. de Eixos	FV
-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-
0,2779	3,2895	-	-	-	-	481,599	3,5674	135	0,79178	0,39589	2	2
0,2779	8,5488	-	-	-	-	247,1476	8,8267	28	0,16422	0,08211	2	2
0,2779	9,2998	-	-	-	-	19,1554	9,5777	2	0,01174	0,00587	2	2
0,2779	3,2895	3,2895	-	-	-	13,7138	6,8569	2	0,01761	0,00587	3	3
0,2779	3,2895	8,5488	-	-	-	60,581	12,1162	5	0,04398	0,01466	3	3
0,2779	3,2895	9,2998	-	-	-	38,6016	12,8672	3	0,0264	0,00880	3	3
0,2779	8,5488	8,5488	-	-	-	0	17,3755	0	0	0,00000	3	3
0,2779	8,5488	9,2998	-	-	-	36,253	18,1265	2	0,01761	0,00587	3	3
0,2779	3,2895	3,2895	3,2895	-	-	0	10,1464	0	0	0,00000	4	4
0,2779	3,2895	3,2895	3,2895	3,2895	-	26,8718	13,4359	2	0,02348	0,00587	4	4
0,2779	8,5488	3,2895	3,2895	-	-	0	15,4057	0	0	0,00000	4	4
0,2779	8,5488	3,2895	8,5488	-	-	0	20,665	0	0	0,00000	4	4
0,2779	2,4148	-	-	-	-	13,4635	2,6927	5	0,02932	0,01466	2	2
0,2779	8,5488	8,5488	8,5488	-	-	77,7729	25,9243	3	0,0352	0,00880	4	4
0,2779	8,5488	3,2895	3,2895	3,2895	3,2895	0	21,9847	0	0	0,00000	6	6
0,2779	8,5488	8,5488	8,5488	8,5488	-	0	34,4731	0	0	0,00000	5	5
0,2779	3,2895	-	-	-	-	520,8404	3,5674	146	0,8563	0,42815	2	2
0,2779	2,4148	-	-	-	-	21,5416	2,6927	8	0,04692	0,02346	2	2
						1,5487			2,06456			3,1974

Fonte: Autor (2024)

Para esse dimensionamento foi considerado, assim como apresentado no documento da licitação, os veículos com 70% de carga máxima e 30% vazios. Então, o número N tem valor de: $N = 715.400 \times 3,1974 \times 1 \rightarrow N = 2,29 \times 10^6$

De tal forma também foi alimentado o software MeDiNa, com as mesmas considerações, tanto de quantitativo de veículos, como o tipo de eixo e suas respectivas porcentagens. Foi realizado um artifício para que o MeDiNa reconhecesse os 70% de veículos cheios, onde reduzimos em 70% a porcentagem de cada veículo para alimentar corretamente o software. Disponibilizando os seguintes valores:

Figura 02 – Cálculo de F.V e definição do número N segundo MeDiNa.

MeDiNa - Cálculo do Fator de Veículo (DNIT)

EIXO	CONFIGURAÇÃO	RODAS	FATOR DE EIXO (%) (1º Ano)	CARGA (ton)	FATOR DE CARGA (FC)	FATOR DE VEÍCULO (FV)
13	Eixo Simples	2	0,62	6,00	0,278	0,002
14	Eixo simples de roda dupla	4	0,62	10,00	3,289	0,020
15	Três eixos duplos em tandem	12	0,62	25,50	9,300	0,058
16	Eixo Simples	2	0,41	6,00	0,278	0,001
17	Dois eixos duplos em tandem	8	0,41	17,00	8,549	0,035
18	Três eixos duplos em tandem	12	0,41	25,50	9,300	0,038
19	Eixo Simples	2	0,41	6,00	0,278	0,001
20	Eixo simples de roda dupla	4	0,41	10,00	3,289	0,013
21	Eixo simples de roda dupla	4	0,41	10,00	3,289	0,013
22	Eixo simples de roda dupla	4	0,41	10,00	3,289	0,013
23	Eixo simples de roda dupla	4	0,41	10,00	3,289	0,013
24	Eixo Simples	2	1,03	6,00	0,278	0,003
25	Dois eixos duplos em tandem	8	1,03	13,5	2,415	0,025
26	Eixo Simples	2	0,62			
27	Dois eixos duplos em tandem	8	0,62			
28	Dois eixos duplos em tandem	8	0,62			
29	Dois eixos duplos em tandem	8	0,62			
30	Eixo Simples	2	29,97			
31	Eixo simples de roda dupla	4	29,97			
32	Eixo Simples	2	1,64			
33	Dois eixos duplos em tandem	8	1,64			

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Local
VMD (1º ano):	341
FV:	3,198
N anual (1º ano):	3,98e+05
% Veículos na faixa de projeto:	50
N Anual da faixa:	1,99e+05
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	2,28e+06

F.V. (DNIT) = 3,198

Fonte: Autor, 2024.

4.3. Dimensionamento de Pavimento e Análise no MeDiNa.

Para realizar o dimensionamento, os materiais a serem inseridos na camada e por ser um pavimento flexível, devem seguir algumas diretrizes presentes no Manual do Dnit, 2006, onde foi levado em consideração os seguintes dados e tabelas:

Quadro 02 – Condições e Restrições do DNIT para os materiais do pavimento.

Camada	Condições e Restrições
Materiais do Subleito	Devem apresentar uma expansão, medida no ensaio C.B.R., menor ou igual a 2% e um C.B.R. \geq 2%.

Materiais para Reforço do Subleito	Devem apresentar C.B.R. maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$
Materiais para Sub-Base	Devem apresentar C.B.R. $\geq 20\%$, I.G. = 0 e expansão $\leq 1\%$
Materiais para Base	Devem apresentar C.B.R. $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$

Fonte: Adaptado DNIT, 2006.

Tabela 06 – Tabela do Coeficiente de equivalência estrutural.

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: Manual do DNIT, p.146., 2006.

Tabela 07 – Tabela da Espessura mínima de revestimento betuminoso.

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

Fonte: Manual do DNIT, p.147., 2006.

No material da empresa PDCA, responsável pelo Projeto Básico da CC 029/2022, foram demonstrados os seguintes aspectos sobre o trecho:

Quadro 03 – Características das Camadas.

Camada/Material	Características:
Revestimento (CBUQ)	3,0 cm
Base (Brita Graduada)	CBR = 66% e Expmáx= 0,8%.
Sub-Base (Solo-brita)	CBR = 43% e Expmáx = 0,9% e espessura de 20 cm
Subleito (Solo Arenoso)	Lim. Liquidez = 26, I. Plasticidade = 8, CBR = 10% e Expmáx = 1,1%

Fonte: Adaptado PDCA, 2022.

Pode-se observar que o Revestimento, segundo o número N obtido, deveria ter valor mínimo de 5,0 cm, porém, encontrou-se com 3,0 cm, demonstrando uma espessura inferior ao que o DNIT especifica. A Base apresenta CBR e expansão não satisfatórias segundo as tabelas do DNIT, com CBR inferior a 80% e expansão superior a 0,5%. Quando alimentado o MeDiNa com essas informações, um alerta foi notificado na tela de apresentação, informando que o revestimento estava inadequado para o tipo de via. Como demonstrado na figura a seguir:

Figura 03 – Análise do Trecho no Software MeDiNa.

The screenshot shows the MeDiNa software interface. At the top, there are fields for 'RESPONSÁVEL: THALLYSSON', 'EMPRESA: JPPE', and 'Modo: Pavimento Novo (Nível A)'. Below this is a table with the following data:

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
1	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #19,1mm Sepetiba	3,0	9588	0,30
>> 2 <<	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C7	15,0	350	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Solo Brita - M3 (L _c ' s:1521)	20,0	398	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Fino NA	0,0	Resiliente Não Linear	0,45

To the right of the table, there is a red error icon and a message: 'O programa identificou problemas com os dados! CAM 1: Espessura fora do limite de cálculo [5,0, 15,0]cm.' An 'OK' button is located at the bottom right of the error message area.

Fonte: Autor, 2024.

Para que o pavimento funcione corretamente, é preciso garantir uma boa drenagem da água da superfície e que o nível da água subterrânea esteja a uma distância segura do terreno. Se o solo da base do pavimento tiver uma qualidade muito ruim (CBR ou ISC menor que 2), ele deve ser substituído por um material de melhor qualidade em uma profundidade de pelo menos 1 metro. As camadas de material granular que compõem o pavimento devem ter entre 10 e 20 centímetros de espessura, sendo 15 centímetros o mínimo recomendado. (DNIT, 2006)

Segundo o Manual do Dnit, 2006 o Hm indica a espessura total necessária para proteger um determinado tipo de solo. Mesmo que o solo da sub-base seja muito bom (CBR ou ISC maior que 20), consideramos um valor menor para o cálculo, por segurança. Assim, usamos H20 e h20 para representar as espessuras

relacionadas à sub-base. B e R indicam as espessuras da camada da Base e do Revestimento. Depois de encontrar os valores de H_m , H_n , H_{20} e R em gráficos e tabelas, calculamos as espessuras das diferentes camadas resolvendo um conjunto de inequações:

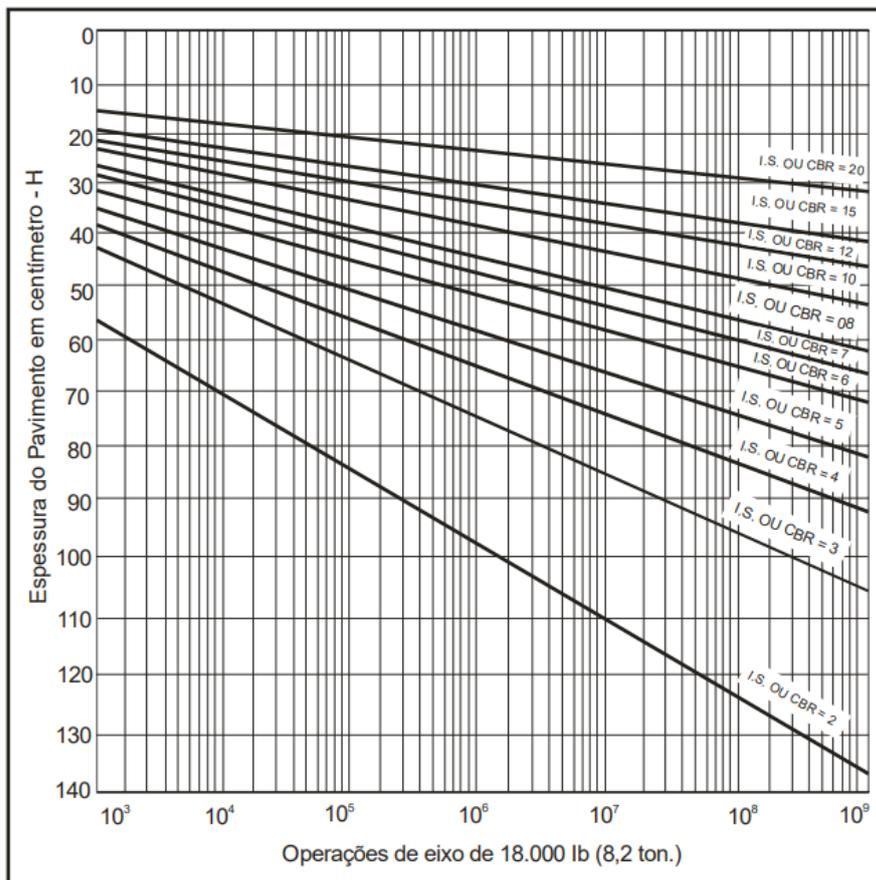
- $R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$
- $R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$
- $R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{Ref} \geq H_m$

Pode-se obter os valores para H_{20} , H_n e H_m a partir do Ábaco, figura 04, ou através da seguinte formula:

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

Onde H_t seria a altura da camada; N seria o número N e CBR o CBR do material da referida camada.

Figura 04 – Ábaco para determinação de espessuras do pavimento.



Fonte: Manual do Dnit, 2006.

Seguindo as orientações do DNIT para o dimensionamento e considerando K para as camadas granulares igual a 1,0 e para o revestimento 2,0, o pavimento apresentou as seguintes espessuras para suas camadas:

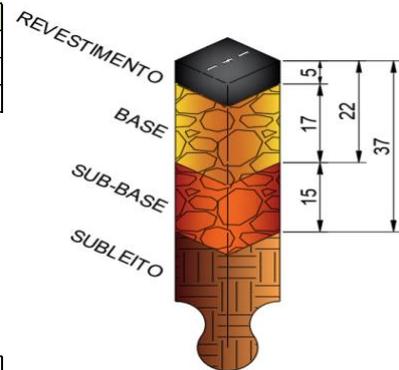
Figura 05 – Dimensionamento do Pavimento Flexível.

CONSIDERANDO N = 2,29E+06					
TRECHO	CAMADA	MATERIAL	CBR(%)	K por material	ESPESSURA (cm)
1	SUBLEITO	Solo Arenoso	10,00	-	-
	SUB-BASE	Solo Brita	43,00	1	h20
	BASE	Brita Graduada Simples	66,00	1	B
	REVESTIMENTO	BETUMINOSO $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	-	2	5

Determinação de H20 e H10		
Formula Geral: $H_t = 77,67 * N^{0,0482} * CBR^{0,598}$ (DNIT, 2006)		
H10	39,70	SUB-BASE
H20	26,23	BASE

Determinação Camada da Base (cm)	
$R \times kr + B \times kb \geq H20$	
B	$\geq 16,23$
B	≥ 17

Determinação Camada da Sub-Base (cm)	
$R \times kr + B \times kb + h20 \times ks \geq H10$	
h20	$\geq 12,7$
h20	≥ 15
Espessura mínima para material granular	



Fonte: Autor, 2024.

H10

Pode-se observar que as espessuras existentes no pavimento analisado, estão de acordo em relação a sub-base, pois deveria ter espessura superior ou igual a 15cm e atualmente apresenta 20cm de espessura, porém a camada da Base mais uma vez demonstra uma falha, estando subdimensionada, onde deveria ter espessura igual ou superior a 17cm, mas apresenta apenas 15cm de espessura.

Para as devidas correções de configuração, foi solicitado ao MeDiNa uma primeira análise do pavimento, utilizando as condições mínimas, a partir do dimensionamento com base de 17cm e sub-base de 15cm. E uma segunda análise, corrigindo a camada da base para 17cm e a camada da sub-base para 20cm (medida atual) e foram apontados os seguintes resultados:

Figura 06 – Análise do Pavimento a partir do MeDiNa – Espessuras mínimas.

Análise do pavimento

Empresa: IFPE
 Nome do Projeto: Análise 02 - Condições Mínimas
 Responsável pelo projeto: THALLYSSON

Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Tipo de via: Sistema Local
 Nível de confiabilidade: 65%
 Período de projeto: 10 anos.

Análise realizada em 05/01/2025 às 09:04:41 no modo: Pavimento Novo (Nível A)
 Área trincada prevista no pavimento no fim do período: 14,0%
 Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: 9,3mm

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #19,1mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 9588 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C7	17,0	Resiliente Linear MR = 350 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Solo Brita - M3 (LG' s:1521)	15,0	Resiliente Linear MR = 398 MPa	0,35
4	SUBLEITO Solo Fino NA	SL	Resiliente Não Linear MR = 246 MPa (1º mês) k1 = 784,88 k2 = 0,340 k3 = 0,000 k4 = 0,000	0,45

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,27
3	MATERIAL GRANULAR	2,16
4	SUBLEITO	5,90 *
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		9,3

* O Afundamento de Trilha de Roda ultrapassou o limites de 5% da espessura da camada ou 5mm de profundidade do subleito

Fonte: Autor, 2025.

Figura 07 – Análise do Pavimento a partir do MeDiNa – Espessuras recomendadas.

Análise do pavimento

Empresa: **IFPE**
Nome do Projeto: **Análise 03 - Condições Aprovadas**
Responsável pelo projeto: **THALLYSSON**

Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Tipo de via: **Sistema Local**
Nível de confiabilidade: **65%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **05/01/2025 às 09:07:15** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **13,6%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **8,8mm**

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #19,1mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 9588 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C7	17,0	Resiliente Linear MR = 350 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Solo Brita - M3 (LG' s:1521)	20,0	Resiliente Linear MR = 398 MPa	0,35
4	SUBLEITO Solo Fino NA	SL	Resiliente Não Linear MR = 247 MPa (1º mês) k1 = 784,88 k2 = 0,340 k3 = 0,000 k4 = 0,000	0,45

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

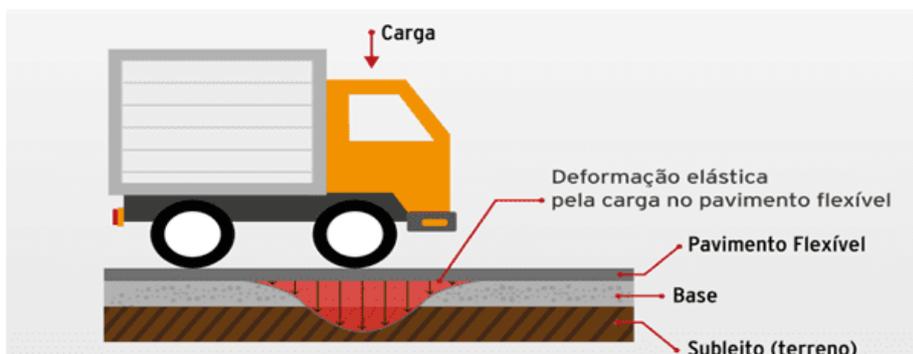
Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,29
3	MATERIAL GRANULAR	2,74
4	SUBLEITO	4,80
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		8,8

Fonte: Autor, 2024.

Observou-se que se utilizarmos as medidas mínimas, encontradas a partir do dimensionamento do Manual do DNIT, o afundamento da trilha de roda no subleito ficará acima do permitido, apresentando um valor superior a 5mm, como alertado pelo software. Essa informação se faz importante para identificar que algum material das camadas superiores ou a espessura de alguma das camadas não está sendo satisfatória.

Outro ponto importante é que o concreto asfáltico, em ambos os casos, não apresentou qualquer valor de afundamento, tendo em vista que é um material mais resistente, já na base e na sub-base, por ser um material granular apresentou-se um maior afundamento, tendo em vista que são camadas com uma compactação no estilo proctor modificado, já o subleito apresenta um afundamento ainda maior, por ter sido realizado em proctor normal e está em uma camada mais inferior, vale lembrar que a ação da carga é mais acentuada nas camadas mais profundas como demonstrado na figura 08, o que justifica esse maior afundamento.

Figura 08 – Deformação Elástica de Carga no Pavimento Flexível



Fonte: Teles, 2020 *apud* CNT, 2017.

O MeDiNa, define os tipos de via a partir dos sistemas funcionais disponibilizados pelo DNIT, a partir disso são montadas premissas nas quais diferenciam cada estilo de via, como demonstrado na tabela 08, pode-se ressaltar que os valores de área trincada e deformação permanente não foram superados, pois a análise demonstrou 13,99% e 8,8mm. O mesmo ainda traz mais alguns dados importantes em seu relatório final, como por exemplo a evolução dos danos no pavimento, onde é demonstrado ao longo dos 120 meses (período de análise indicado no software) o ATR em milímetros (Afundamento da Trilha de Roda) e as Deflexões em centésimo de milímetros onde demonstra um comparativo entre Viga

Benkelman e FWD, esses valores são extremamente importantes, pois serão eles quem irão confirmar se a espessura indicada está correta.

Tabela 08 – Software MeDiNa – Critérios das Vias.

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: Software MeDiNa.

Tabela 09 – Software MeDiNa – Evolução dos danos no pavimento.

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,636e+04	0,41%	6,4
6	9,877e+04	0,87%	7,2
12	1,990e+05	1,27%	7,5
18	3,008e+05	1,65%	7,7
24	4,040e+05	2,03%	7,9
30	5,088e+05	2,42%	8,0
36	6,151e+05	2,84%	8,1
42	7,231e+05	3,29%	8,2
48	8,326e+05	3,78%	8,3
54	9,438e+05	4,30%	8,3
60	1,057e+06	4,86%	8,4
66	1,171e+06	5,47%	8,5
72	1,287e+06	6,12%	8,5
78	1,405e+06	6,83%	8,6
84	1,525e+06	7,60%	8,6
90	1,646e+06	8,43%	8,6
96	1,770e+06	9,32%	8,7
102	1,895e+06	10,28%	8,7
108	2,022e+06	11,31%	8,8
114	2,151e+06	12,41%	8,8
120	2,282e+06	13,59%	8,8

Fonte: Autor, 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

O trecho existente, apresentado pela PDCA em seu projeto executivo de recuperação do pavimento, que faz parte da rodovia de acesso a Caueiras, no município de Aliança/PE, apresentou, segundo o método empírico do DNIT, algumas inconsistências em relação às especificações do Manual de Pavimentação do DNIT. O revestimento betuminoso e a camada de base apresentaram espessuras

inferiores ao recomendado, indicando um possível subdimensionamento que pode comprometer a durabilidade e o desempenho do pavimento ao longo do tempo.

A substituição da camada da base e a adição de uma camada mais robusta do revestimento, são claramente evidenciadas ao longo do dimensionamento e dos documentos apresentados na licitação. Vale destacar que, mesmo que se apresentem valores aceitáveis, a substituição de ambos seria algo primordial, tendo em vista que não seguem as especificações mínimas do manual do DNIT. Um material mais adequado na camada da base e, porventura, a adição de uma camada de reforço do subleito, tende a maximizar esse pavimento no que diz respeito à segurança e qualidade.

O software MeDiNa, por sua vez, também identificou o subdimensionamento do pavimento, reforçando a necessidade de requalificação da rodovia. A análise mecanístico-empírica permitiu uma avaliação mais precisa do comportamento estrutural do pavimento, considerando fatores como o tráfego previsto e as propriedades dos materiais.

Em suma, o estudo demonstrou a importância da utilização de métodos mais robustos, como o MeDiNa, no dimensionamento de pavimentos flexíveis. A análise mecanístico-empírica oferece uma visão mais completa do desempenho da estrutura, permitindo a identificação de possíveis problemas e a otimização do projeto, garantindo assim um pavimento mais durável, seguro e econômico.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. M. **Comparativo entre os Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis DNIT e MeDiNa**. 2022. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil de Mobilidade) - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Anápolis, Goiás, 2022.

BRITO, R. M. **Estudo Comparativo Entre o Método de Dimensionamento do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e o Método Mecanístico-Empírico MeDiNa**. 2023. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal Goiano, Câmpus Trindade, Goiás, 2023.

CANCIAN, T. **Análise Comparativa entre o Método Empírico do DNER de Dimensionamento de Pavimentos e do novo Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos – Medina**. 2020. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Unifacvest, Lages, 2020.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

LOPES, J. C. S; SOARES, N. P. J. **Revisão Bibliográfica sobre o Método Nacional de Dimensionamento do DNIT – MeDiNa**. 2022. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João Del Rei, Minas Gerais, 2022.

MATIAS, R. F. **Revisão bibliográfica sobre pavimento rígido e pavimento flexível considerando dimensionamento e custos**. 2022. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

MELO, M. R. S. **Análise Comparativa de Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários - Método Medina e Murilo Lopes**. 2021. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste, Pernambuco, 2021.

MOURA, E. **Transporte de Obras e Terra – Movimento de Terra e Pavimentação**. Apostila de Projeto de Pavimento, FATEC, São Paulo, 2011. Disponível em: https://professoredmoura.com.br/download/Apostila_Dimens_Pav_TOT_2_2012.pdf. Acesso em: 07 de agosto de 2024.

NASCIMENTO, A. S. **Avaliação Estrutural e Econômica de Pavimentos Asfálticos Dimensionados Pelos Métodos DNIT e Medina**. 2023. 96 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2023.

PORTO, A. A. **Método de Dimensionamento DNIT x Método Mecânico-Empírico: Comparação Direta da Simulação do Desempenho Mecânico de um Trecho de Rodovia**. 2021. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Unichristus, Fortaleza, 2021.

ROSESTENGEL, A.P.A. et al. Estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento de pavimentos: CBR e medina. **Engenharia Civil: Inovação e tecnologia no contexto da era contemporânea**, Volume 1, p. 8-17. Belo Horizonte - MG: Poison, 2022.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E RECURSOS HIDRICOS – SIRH/PE.

Edital de Licitação nº 053/2022 CPL I. Concorrência nº 029/2022. [Execução das obras de restauração do acesso a Caueiras, trecho: Entr. PE-062 (Aliança) - Caueiras, com extensão aproximada de 2,78 km]. Pernambuco, 2022.

SILVA, K.L; MELO, F.P. **ESTRUTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO FLEXÍVEL E SEMI-RÍGIDO IMPLANTADO EM REMODELAÇÃO DE DISPOSITIVO EM BETIM-MG.** Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas - Minas Gerais, 2020.

SILVA, L. M; SANTOS, R. O. G. Estudo comparativo: método empírico do DNIT e mecanístico-empírico (Medina) no dimensionamento de pavimentos flexíveis. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 1, p. 114-124, 2021.

TELES, J. B. et al. **Análise comparativa do emprego de concreto betuminoso com aditivo surfactante e pré-misturado a frio em serviços de manutenção rodoviária.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. 02, pp. 45-62. Novembro de 2020.