

ESTUDO COMPARATIVO NO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL ATRAVÉS DO MÉTODO DNER E DO MÉTODO MEDINA

LAUBE, Alan Gabriel ¹
BATISTA, Marlon ²
LEITE, Msc. Patrick Chavier ³

RESUMO

Com o objetivo de tornar mais clara a diferença entre os dois métodos de dimensionamento do pavimento flexível, sendo pelo método de dimensionamento do DNER e pelo método de dimensionamento do MeDiNa, será dimensionado um trecho da BR-280/SC, sendo o segmento Porto São Francisco do Sul – Entr. BR-101/SC (Km 0,7 – Km 36,7), contendo as mesmas características de solos para ambos os métodos. Pode-se notar a clara diferença nas espessuras das camadas apresentadas pelos dois métodos, sendo o MeDiNa, com camadas com maiores espessuras do que pelo método DNER. A comparação entre os dois métodos se mostrou muito eficiente, quando observado a durabilidade da pavimentação, pois o software MeDiNa se apresentou muito mais completo na análise estrutural feita no trecho em questão.

Palavras-chave: Pavimento Flexível; Método MeDiNa; Estudo Comparativo; Método DNER; Dimensionamento.

1 INTRODUÇÃO

A estrutura de pavimento flexível é a mais comum no Brasil, sendo a ela também, a mais utilizada. A pavimentação tem sido uma das problemáticas nas estradas brasileiras, pois o modal mais utilizado para o comércio, transporte de produtos e pessoas, é o sistema rodoviário onde ocorrem problemas relacionados às

¹Alan Gabriel Laube do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, alan.laube@hotmail.com; ²Marlon Batista do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, marlonbatistaeng@gmail.com; ³Professor orientador: Patrick Chavier Leite, titulação: Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC, patrickchavier@gmail.com;

estruturas de pavimento flexível. Em todo território nacional, é possível observar falhas nos revestimentos executados em CBUQ (Pavimento Flexível), ocasionando dúvidas relacionadas à sua efetividade ao longo de sua vida útil e gerando buscas por novos métodos de dimensionamento da pavimentação. Diante dessa situação, o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), vem buscando atualizar seu método de dimensionamento para melhor atender a rede de transportes terrestres buscando uma maior durabilidade e maiores resistências ao tráfego de veículos pesados.

O método adotado hoje em dia pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) é pelo conceito do Índice de Suporte Califórnia (CBR), esse método já está a anos sendo usado e necessitando de uma atualização, o método pelo software MeDiNa vem ganhando espaço e mostrando bons resultados para o dimensionamento.

Baseados neste contexto, utilizaremos como objetos de estudo para o trabalho desenvolvido ao decorrer deste artigo o estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento pelo DNER e pelo método do MeDiNa no pavimento flexível, tendo como objetivo diferenciar os dois processos de dimensionamento com base na BR-280/SC, sendo mais específico, no trecho de Porto São Francisco do Sul – Entr. BR-101/SC (Km 0,7 – Km 36,7) com uma extensão de 36 quilômetros, demonstrando suas características, suas vantagens e desvantagens, bem como demonstrar a qualidade da pavimentação decorrente ao método de dimensionamento utilizado e com isso observar que quanto melhor o método utilizado, menos manutenções haverá em toda vida útil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta etapa determinará a diferença entre os dois métodos de dimensionamentos, sendo o método de dimensionamento do DNER e o método de dimensionamento do MeDiNa, abordando as características específicas dos dois tipos de dimensionamento.

Sendo alvo de nossas pesquisas os dimensionamentos do pavimento flexível, vamos demonstrar suas diferenças descrevendo suas vantagens que relaciona cada tipo de dimensionamento, sua diferente estruturação de espessuras de camadas e

tendo o foco principal no dimensionamento que melhor atender as exigências dos projetistas.

2.1 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Comumente usados no âmbito geral, os pavimentos flexíveis são os mais conhecidos e utilizados na pavimentação rodoviária. Segundo Marques (2006) o pavimento flexível é aquele constituído por camadas que não trabalham à tração e com um sistema de camadas sobrepostas com sua característica de distribuição de cargas entre camadas. Segundo o autor Fritzen (2016) os pavimentos flexíveis tradicionais são constituídos por uma ou mais camadas de revestimento asfáltico, aplicada sobre camadas de base e sub-base de material granular

2.1.1 Vantagens de se utilizar o pavimento flexível

Existem algumas vantagens em se trabalhar com o pavimento flexível, conforme explica FIESP DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (2017), os asfaltos devem ser aquecidos a uma temperatura na faixa de 160°C para ser usinado, porém, hoje possuímos técnicas que reduzem essa temperatura e acabam reduzindo também o consumo de combustíveis e de emissão de gases nas usinas.

Ainda segundo o FIESP DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (2017), pelo o pavimento flexível manter por mais tempo sua temperatura alta, facilita no transporte e em sua compactação na obra.

Conforme define Bianchini et. Al, (2008), o pavimento flexível possui uma melhor aderência em demarcações viárias e também retém a água com mais rapidez por sua textura ser mais rugosa que em contrapartida o pavimento rígido, por possuir um índice de porosidade baixo não possui um nível de aderência e de absorção melhores.

2.1.2 Estrutura do Pavimento Flexível

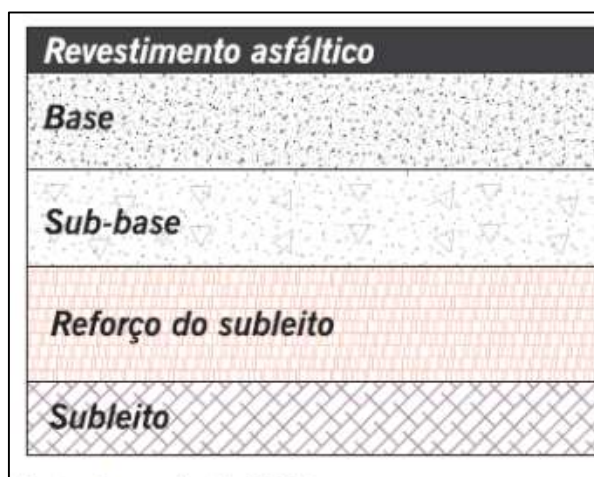
A estrutura do pavimento deve ser muito bem elaborada, pois, para Brasil (2018), a estrutura tem a função de receber os esforços do tráfego e transmiti-los para as camadas inferiores de forma criteriosa.

A construção de um pavimento asfáltico envolve o assentamento de três ou quatro camadas verticais, acima do subleito regularizado e compactado, sendo elas: reforço do subleito (opcional), sub-base, base e revestimento (FIESP DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2017).

Segundo Bernueci *et al.* (2008), a pavimentação possui, dependendo da necessidade, diversas camadas, porém as quatro camadas mais importantes são as camadas de revestimento, base, sub-base e o subleito, as quais serão citadas separadamente.

A figura 1 demonstra um modelo de estrutura de um pavimento separada por suas camadas, contendo as principais mencionadas anteriormente.

Figura 1 – Camadas do Pavimento



Fonte: Bernueci *et al.* (2008)

2.1.2.1 Revestimento

O revestimento é a camada que recebe diretamente a ação do tráfego, tem o objetivo de melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e à segurança, além de resistir aos desgastes (BRASÍLIA, 2017).

Como o revestimento é a camada que contém maior qualidade e cujos os materiais são mais nobres, sua espessura não pode determinar de forma que contribua para sua resistência (SCHEIBEL, 2016).

Conforme Brasília (2017), o revestimento, por razões econômicas, pode ser construído por duas ou mais camadas diferentes. Isso tudo vai variar com a necessidade de cada camada e a condição do subleito.

2.1.2.2 Base

A camada de base se destina, conforme Brasília (2017), a resistir e distribuir os esforços verticais, pois é sobre ela que é construído o revestimento. A capacidade dela está relacionada diretamente aos seus materiais que podem ser os mesmos da sub-base, porém de qualidade melhor.

Além de fazer a distribuição dos esforços, segundo Marques (2014), a tensão máxima de cisalhamento ocorre na camada de base, por esse motivo, deve ser constituída com matérias de excelente qualidade.

Ainda segundo Brasília (2017), entre as camadas estruturais do pavimento, em alguns casos, se faz a necessidade de se fazer uma aplicação de uma camada fina de material asfáltico sobre a superfície, para que o mesmo promova uma aderência entre as camadas.

2.1.2.3 Sub-base

De acordo com Scheibel (2016), a sub-base é a camada que complementa a base, quando não se pode construir a base sobre a regularização, a sub-base deverá ter seu material com propriedades melhores que a do reforço e da base.

A sub-base é apoiada no subleito, sendo o terreno de fundação em que é apoiado o pavimento. É a camada responsável por absorver os esforços causados pelo tráfego (BRASIL, 2018).

Quando adequadamente compactadas, a sub-base pode ser constituída de solos, areia, seixos e entre demais materiais. Também podem ser feitas combinações de materiais que apresentam estabilidade e durabilidade adequadas às cargas. O solo é a parte fundamental da pavimentação mesmo não sendo diretamente utilizado nas

camadas que compõem grande parte de sua estrutura (CARNEIRO; BURGOS; ALBERTE, 2001).

2.1.2.4 Subleito

De acordo com Brasília (2017), o subleito é o terreno de fundação em que o pavimento é apoiado, sendo a camada responsável por absorver os esforços verticais causados pelo tráfego e é constituída de material natural consolidado.

O estudo do subleito, segundo o DNIT (2006), tem como objetivo o reconhecimento dos solos visando a caracterização das diversas camadas e o posterior traçado dos perfis dos solos para efeito do projeto de pavimento.

A camada de subleito, segundo o Balbo (2009), precisa ser conhecida até a profundidade onde as cargas impostas pelo tráfego são significativas, normalmente no primeiro metro onde as cargas são maiores.

2.1.3 Dimensionamento do Pavimento Flexível

No final do século XIX, a implantação de rodovias não se baseava em nenhum tipo de dimensionamento, tampouco devido ao baixo significado de cargas atuante na época e por ser normal utilizarem para realizar os pavimentos espessuras de materiais de caracterização semelhante (SANTOS, 2011).

Uma das principais partes que constituem a construção da pavimentação é seu dimensionamento, de acordo com Marques (2014), o dimensionamento consiste em determinar as espessuras de cada camada do pavimento de modo a resistir e transmitir ao subleito às cargas aplicadas pelo tráfego, sem que ocorra nenhuma deformação e ruptura da estrutura.

A seguir serão analisados dois diferentes métodos de dimensionamento, o método de dimensionamento do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre) e o método de dimensionamento MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos).

2.1.3.1 Dimensionamento pelo método do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre)

Esse método foi desenvolvido em 1966 pelo extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), que consiste em uma abordagem empírica com base em dois parâmetros: O Índice de Suporte Califórnia (CBR) e o volume de tráfego, representado pelo um número padrão de eixos durante o período de projeto (Número $N = 8,2 \text{ tf}$) (Marques, 2014).

Para a determinação da espessura total necessária para o pavimento, em termo de materiais granulares, em função dos dados geotécnicos e das características de tráfego solicitada. Também é utilizado este último parâmetro para determinar a espessura mínima do revestimento asfáltico (SANTOS, 2011).

Ainda conforme SANTOS (2011), para determinar as demais camadas constituintes da estrutura, dadas em termos de material granular, as camadas são convertidas para suas espessuras reais dos materiais utilizados através dos coeficientes de equivalência estrutural, onde, espessuras de material granular e do material utilizado devem representar desempenho semelhante.

A Capacidade de Suporte da camada de subleito e das demais camadas que fazem parte do pavimento é feito pelo CBR, adotando métodos de ensaio em corpos-de-prova indeformados ou moldados em laboratório. O grau de compactação das amostras deve ser inferior a 100%, conforme os valores fixados nas “Especificações Gerais” (Marques, 2006).

Ainda conforme Marques (2006), os materiais utilizados no subleito devem apresentar uma expansão, medida pelo ensaio de CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%. Por esse ensaio surge a classificação dos materiais empregados no pavimento, conforme o mesmo autor os classifica:

- a) Materiais para reforço: CBR maior que o do subleito e com expansão menor ou igual a 1%;
- b) Materiais para sub-base: CBR maior ou igual a 20% e com expansão menor ou igual a 1%
- c) Materiais para base: CBR maior ou igual a 80% com expansão menor ou igual a 0,50%.

A sequência de cálculos deste método foi tirada do manual de pavimentação, segundo o DNIT (2006), o primeiro passo é definir as espessuras das camadas, a figura 2 demonstra as espessuras recomendadas que visam as bases puramente granular:

Figura 2 – 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: DNIT (2006)

Ainda conforme o DNIT (2006), a determinação das espessuras se dá pela resolução das inequações da figura 3, onde se faz necessário definir as espessuras de cada material que deve estar em cada camada do dimensionamento pela figura 5.

Figura 3 – Inequações para determinar as espessuras

$$\begin{aligned}
 RK_R + BK_B &\geq H_{20} \\
 RK_R + BK_B + h_{20} K_S &\geq H_n \\
 RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} &\geq H_m,
 \end{aligned}$$

Fonte: DNIT (2006)

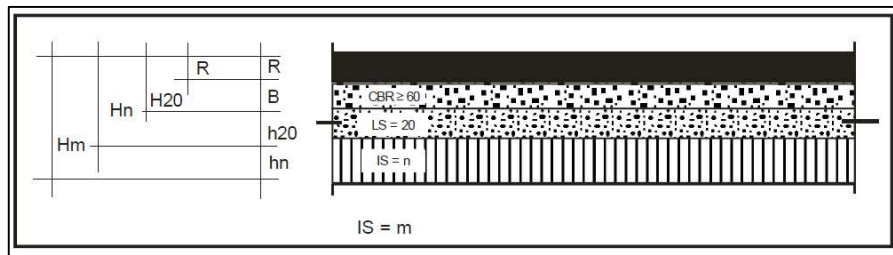
Onde:

- R = Espessura do Revestimento;
- B = Espessura da camada de base;
- H₂₀ = Espessura sobre a camada de sub base;
- h₂₀ = Espessura da camada de sub base;
- H_n = Espessura sobre a camada de reforço do subleito;
- h_n = Espessura da camada de reforço do subleito;

- H_m = Espessura sobre a camada de subleito.

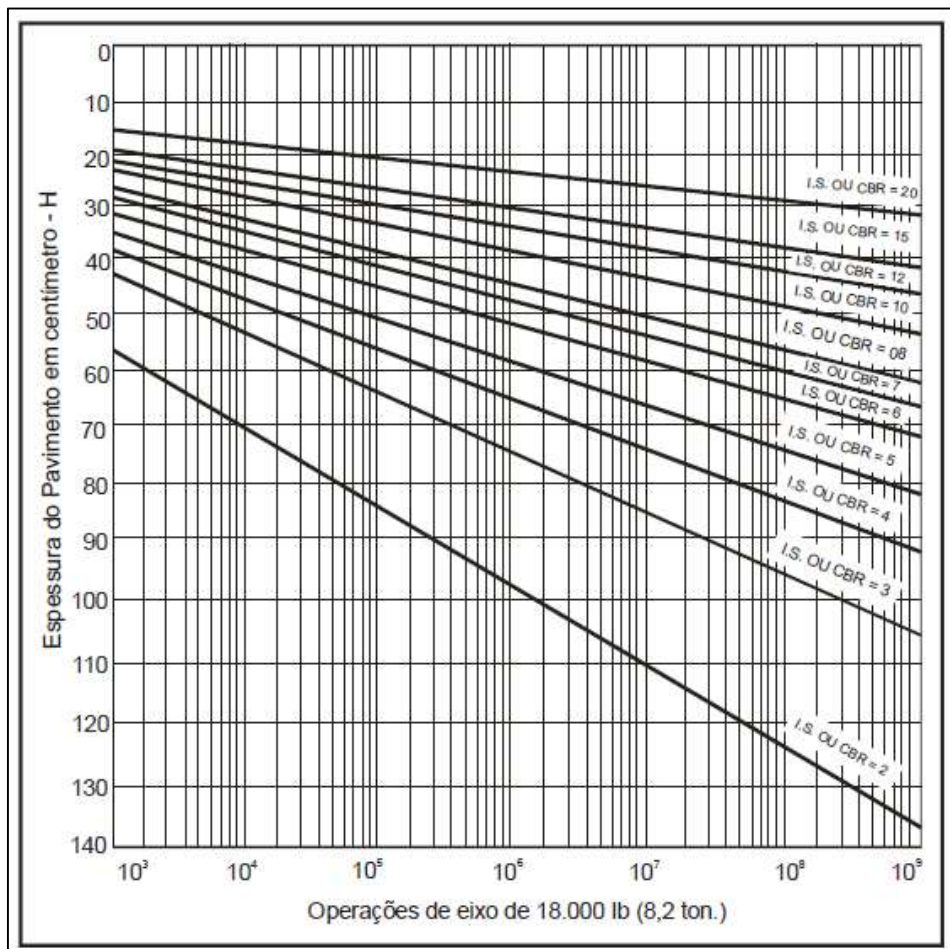
Seguindo o DNIT (2006), a figura 4 auxilia o entendimento das inequações apresentadas anteriormente e, conseqüentemente, a definir as espessuras das camadas apresentadas.

Figura 4 – Dimensionamento do Pavimento



Fonte: DNIT (2006)

Figura 5 – Determinação de espessura do pavimento



Fonte: DNIT (2006)

No entanto, como cita Marques (2014), a fragilidade deste método está nas espessuras mínimas recomendadas para o revestimento asfáltico ser apenas em função do Número N, pois não se leva em consideração aspectos do material de revestimento e sua interação com as demais camadas. Fazendo com que os projetos que seguiram esta metodologia empregada desconsideravam as deformações elásticas sofridas no decorrer do pavimento, ocasionado assim, a fadiga do revestimento.

Como ressalta SANTOS (2011), o modelo de dimensionamento que será utilizado, em uma análise de confiabilidade, deve possibilitar o maior número de variáveis possíveis, tentando reproduzir a variabilidade que ocorre em pavimentos desta natureza.

Devido ao demasiado período sem grandes obras de pavimentação no cenário nacional, as normas não acompanharam as pesquisas e muitas delas, publicadas entre as décadas de 1960 e 1980, não tiveram atualizações. Com esse novo cenário da pavimentação, alguns métodos de dimensionamento devem ser revistos de tal modo a incluir os conhecimentos atuais nessa área (Marques, 2014).

2.1.3.2 Dimensionamento pelo método do MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos)

O Medina é um software de dimensionamento e verificação de pavimentos flexíveis que foi desenvolvido e aprimorado pelo Instituto de Pesquisa Rodoviárias (IPR) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Através da rotina AEMC (Análise elástica de múltiplas camadas), que utiliza como referência a teoria da elasticidade, com a possibilidade de análise não linear simplificada, é possível fazer a análise em relação à vida útil de projeto, avaliando assim diferentes cenários relativos à estrutura do pavimento (JÚNIOR; MOTTA; SILVA, 2011).

Segundo Silva, Godoi e Holz (2019), este programa elaborado possui forte relação com o atual método do DNIT, a diferença é que esse software analisa parâmetros de deformidade através de elementos finitos. Ainda conforme Silva, Godoi e Holz (2019) as variáveis são as mesmas para os métodos, porém o que vale ressaltar, que para obter uma análise em que o resultado seja confiável, sem as

informações corretas, completas e precisas, os resultados do programa não devem ser utilizados para elaboração de projetos.

Conforme destaca Silva (2018), o objetivo do IPR com a pesquisa foi visar a implementação deste método no DNIT, assim, realizando projetos de estruturas de pavimentos mais adequadas às condições de solicitação de tráfego, proporcionando uma melhor confiabilidade e uma maior estimativa de vida útil do pavimento.

Segundo Brasil (2020), este plano de trabalho desenvolvido pelo IPR engloba oito objetivos específicos para se alcançar a meta geral de desenvolvimento deste método. São os seguintes abaixo:

- a) Análise crítica dos métodos existentes em vigor no IPR;
- b) Análise crítica dos bancos de dados existentes no IPR e DNIT;
- c) Estabelecimento dos princípios do novo método de dimensionamento;
- d) Elaboração de um sistema de dimensionamento;
- e) Estabelecimento de critérios de calibração das equações de desempenho;
- f) Elaboração de manuais e treinamentos;
- g) Implantação e acompanhamento das funcionalidades do sistema;
- h) Fechamento do projeto e entrega do método.

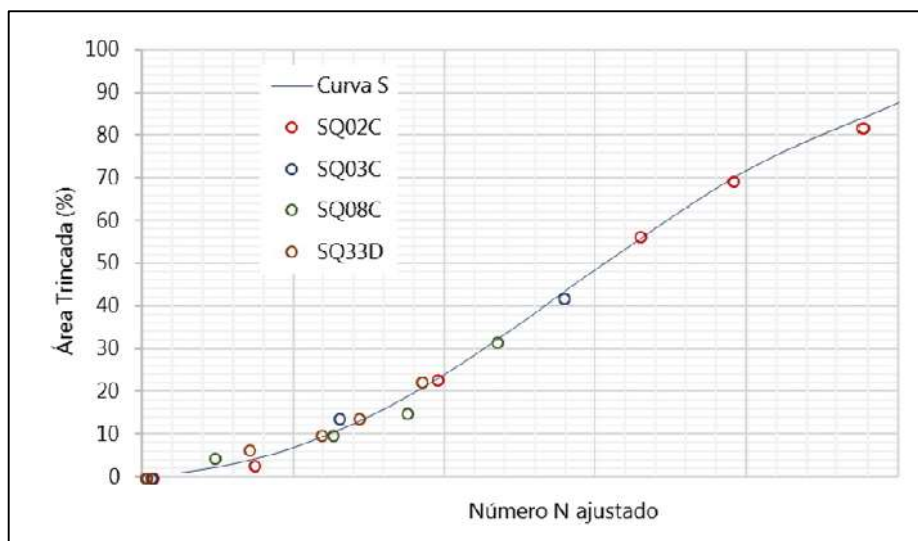
O dimensionamento de um pavimento novo no MeDiNa consiste em definir a estrutura do pavimento, alimentando o programa com as características dos materiais de cada camada. Além disso, também é necessário definir o tráfego, dado pelo conceito de Número Equivalente (Número N) (PITANGUI, 2019).

Ainda conforme Pitangui (2019), após os lançamentos dos dados de estrutura e tráfego, é possível realizar dois tipos de análise: uma análise pura de como a estrutura se comporta ou o dimensionamento do pavimento de fato. Na análise pura, o programa realiza os cálculos sem alterar a espessura das camadas marcadas, apresentando assim um resumo para o projetista, já quando solicitado um dimensionamento o programa já fornece qual a espessura necessária para o projeto de cada camada marcada.

Uma das principais dificuldades encontradas no campo da pavimentação se diz a respeito do conhecimento dos materiais e previsões do desempenho destes. Por isso, busca-se sempre que o desempenho do comportamento em laboratório seja o mais próximo possível do comportamento no campo (PITANGUI, 2019).

Para se buscar um desempenho ideal, segundo Franco e Motta (2018), relata que, a calibração e a validação dos resultados se mostram essenciais. Essa calibração que foi atualizada para dentro do sistema MeDiNa, corresponde a função de transferência e a evolução de área trincada é representada pela curva Sigmoidal abaixo na figura 6.

Figura 6 – Curva Sigmoidal Área trincada x Número N ajustado



Fonte: Franco e Motta (2018)

Para realizar a calibração é necessário identificar matematicamente a melhor curva Sigmoidal, que é representada pela expressão da curva sigmoide padronizada, conforme a figura 7 abaixo:

Figura 7 – Expressão da curva sigmoide padrão

$$AT (\%) = \frac{e^{-A} \cdot e^{-B}}{1 - e^{-B}} \quad A = \frac{(N' - 1)^n}{(Z - 1)} \quad B = \frac{(-1)^n}{(Z - 1)}$$

Fonte: Franco e Motta (2018)

Onde:

- Z e n são parâmetros da curva Sigmoidal;
- AT (%) é a área trincada estimada em percentual;
- N' é o número equivalente deslocado.

O Número N, é o fator de multiplicação para minimizar o erro entre a evolução da área trincada com a curva sigmoide padrão. A expressão do Número N é ajustada pelo fator de deslocamento (FRANCO; MOTTA, 2018), conforme a figura 8 abaixo:

Figura 7 – Expressão do número N

$$N' = (N \cdot fS) \cdot 10^{-10}$$

Fonte: Franco e Motta (2018)

Onde:

- N é o número de repetições do eixo padrão;
- fS é o fato de deslocamento atribuído de forma aleatória até minimizar o erro entre a evolução da área trincada com a curva sigmoide padrão.

Ainda conforme Franco e Motta (2018), para o reajuste e calibração foi necessário escolher a melhor curva Sigmoidal que representasse o comportamento e evolução de áreas trincadas dos segmentos monitorados. Para obter uma calibração e validação apuradas foram utilizados as pesquisas e resultados do Fritzen (2016), que segundo o autor ressalta que os resultados obtidos em suas pesquisas de tensão e deformação e os danos do pavimento foram calculados com o programa de Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC), que foi baseado nos ensaios diametrais de carga repetida habituais no Brasil.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será demonstrado o desenvolvimento da pesquisa em torno dos métodos de dimensionamento do pavimento flexível, sendo através do método DNER e do método MeDiNa, desde o seu início, incluindo os estudos de tráfego e ao decorrer das etapas de pesquisas, e explicando cada etapa do processo até chegar à conclusão final.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este artigo tem como objetivo levantar dados do dimensionamento efetuado e analisar o resultado de cada um dos métodos de dimensionamento do pavimento flexível se mostra mais viável para atender a demanda da pavimentação.

Para conseguir tal comparação, foram coletados os dados de um trecho cujo dimensionamento através do método DNER é existente e consequentemente foram empregados os resultados para elaboração do dimensionamento pelo software MeDiNa.

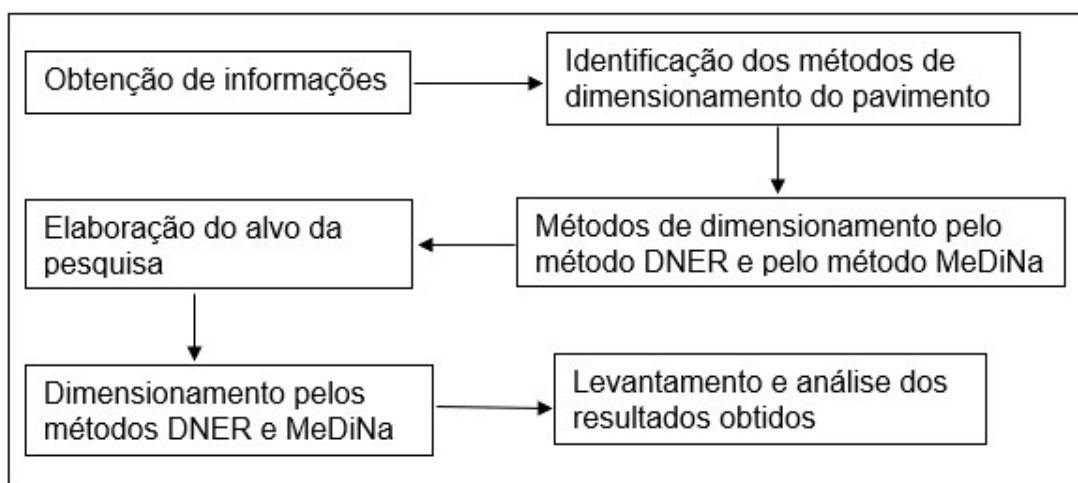
3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

A pesquisa para coleta de dados ocorreu no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes na unidade local de Joinville/SC, localizada na marginal da Rodovia BR-101/SC no Km 39, sentido Sul, Bairro São Marcos.

Trata-se de um órgão público que atua diretamente na área de infraestrutura e nos concedeu uma visita técnica para coletarmos os dados necessários para realização deste estudo, disponibilizando o projeto executivo de engenharia para duplicação da BR-280/SC.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

No decorrer deste tópico serão demonstradas as etapas que definiram a parte experimental do estudo, conforme a figura 08:

Figura 08: Fluxograma das etapas

FONTE: Autores (2021)

3.3.1 Obtenção de Informações

Para obter êxito na pesquisa deste trabalho, foram analisadas as informações obtidas sobre o trecho da rodovia através das pesquisas e visita técnica realizada no DNIT – Unidade local de Joinville/SC.

3.3.2 Identificação dos métodos de dimensionamento do pavimento

Foi necessário ter embasamento teórico sobre os métodos de dimensionamento do pavimento flexível, além disso, os dados adquiridos na visita técnica ajudaram no desenvolvimento do dimensionamento através do software MeDiNa, para ter clareza de qual método se destaca em relação ao comparativo nas estruturas da pavimentação flexível, para assim adentrar a conclusão dos resultados.

3.3.3 Elaboração do alvo da pesquisa

Para descrever os métodos de dimensionamento do pavimento flexível, através da visita técnica ao DNIT – Unidade local de Joinville/SC, foi solicitada a disponibilização do projeto executivo de engenharia para duplicação da BR-280/SC.

3.3.4 Dimensionamento pelos métodos DNER e MeDiNa

Para o método DNER foram utilizados o dimensionamento real elaborado pelo DNIT e para o método MeDiNa serão utilizados os dados geotécnicos e o estudo de tráfego disponibilizados no projeto de duplicação da BR-280/SC para elaboração do dimensionamento pelo software MeDiNa.

3.3.5 Levantamento e análise dos resultados obtidos

Após a conclusão dos dimensionamentos, foi feita a análise dos resultados obtidos e assim sendo feito a comparação das estruturas do pavimento flexível, a fim de identificar as diferentes características de cada método e determinar qual método será mais eficaz no trecho analisado no estudo.

3.4 MÉTODOS

De forma básica, os métodos necessários para realizar o estudo comparativo, são o embasamento teórico relacionados aos métodos de dimensionamento do pavimento flexível e utilização do software MeDiNa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo foi identificado os resultados obtidos pelos diferentes métodos de dimensionamento de um mesmo trajeto, sendo o método pelo DNER e pelo método do MeDiNa, onde pode-se observar uma diferença entre os resultados finais.

Antes de começar de fato a dimensionar o trecho em estudo, foi necessário buscar os dados de contagens para a pesquisa de tráfego sobre o trecho. Estes dados foram fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes para que assim pudéssemos continuar com o estudo do dimensionamento. O trecho foi dividido em 6 segmentos, conforme o anexo A, para que fossem realizadas as contagens de tráfego, os dados de contagem foram realizados no ano de 2011 em dois postos de contagem, seguindo o anexo B, e assim pode-se chegar no volume de

tráfego total, levando em consideração a taxa de crescimento anual de tráfego, conforme descrito no anexo C.

Para o cálculo do número N de tráfego, foi feita a estimativa pela metodologia da AASHTO, que foi dividida entre os 6 segmentos do trecho, onde cada segmento teve o seu número N, conforme o anexo D.

A estrutura do pavimento flexível, através dos dados fornecidos, foi possível determinar para o trecho a estrutura da implantação da pista, do acostamento e das marginais. Assim foi possível comparar os dois tipos de dimensionamentos separados em cada implantação.

Os resultados dos dimensionamentos pelo método do DNER foram retirados conforme Brasil (2013) apresenta nos dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, já os resultados pelo método MeDiNa foram calculados em base dos mesmos parâmetros fornecidos para assim conseguir uma comparação do mesmo segmento, demonstrado do Apêndice 1 ao Apêndice 7.

Para a estrutura de implantação do pavimento da pista foi possível notar os seguintes resultados abaixo conforme a figura 09 e o quadro 01:

Figura 09: Estrutura de pavimento da pista, método DNER

LOCALIZAÇÃO (KM)	COMP. (M)	ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
		REVESTIMENTO (CBUQ ^{POLIMERO})	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
0+668 – 4+000	3.332,00	15,0	15,0	17,0
4+000 – 20+500	16.500,00	13,0	15,0	17,0
20+500 – 36+742,93	16.242,93	14,0	15,0	17,0
TOTAL	36.074,93	-	-	-

FONTE: Brasil (2013)

Quadro 01: Estrutura de pavimento da pista, método MeDiNa

LOCALIZAÇÃO (KM)	COMP. (M)	ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
		REVESTIMENTO (Concreto Asfáltico)	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
0+668 - 4+000	3.332,00	22,5	25,0	35,0
4+000 - 20+500	16.500,00	20,3	25,0	35,0
20+500 - 36+742,93	16.242,93	21,8	25,0	35,0
TOTAL	36.074,93	-	-	-

FONTE: Autores (2021)

Na estrutura da pista pode-se notar que a camada de sub-base foi a que mais teve alteração, quando comparado os métodos de dimensionamento, com uma diferença de 18 centímetros a mais quando dimensionada pelo método MeDiNa. Na camada de base também se obteve um acréscimo de 10 centímetros quando dimensionada pelo método do MeDiNa ao longo de todo trecho e já na camada de revestimento o último trecho analisado foi o que mostrou mais diferença entre os métodos.

Para a estrutura de implantação do acostamento da pista foi possível notar os seguintes resultados abaixo conforme a figura 10 e o quadro 02:

Figura 10: Estrutura de pavimento do acostamento, método DNER

LOCALIZAÇÃO (KM)	COMP. (M)	ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
		REVESTIMENTO (CBUQ _{CONVENCIONAL})	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
0+668 – 4+000	3.332,00	10,0	15,0	17,0
4+000 – 20+500	16.500,00	8,0	15,0	17,0
20+500 – 36+742,93	16.242,93	9,0	15,0	17,0
TOTAL	36.074,93	-	-	-

FONTE: Brasil (2013)

Quadro 02: Estrutura de pavimento do acostamento, método MeDiNa

LOCALIZAÇÃO (KM)	COMP. (M)	ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
		REVESTIMENTO (Concreto Asfáltico)	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
0+668 - 4+000	3.332,00	14,0	25,0	35,0
4+000 - 20+500	16.500,0 0	11,1	25,0	35,0
20+500 - 36+742,93	16.242,9 3	13,4	25,0	35,0
TOTAL	36.074,9 3	-	-	-

FONTE: Autores (2021)

O dimensionamento do acostamento pode-se notar que as diferenças de espessuras das camadas da sub-base e base foram as mesmas já citadas na estrutura da pista e para a camada de revestimento a maior diferença entre os dois métodos de dimensionamento apresentou-se no último trecho analisado.

Para a estrutura de implantação de pavimento nas marginais teve-se os seguintes resultados abaixo de acordo com a figura 11 e o quadro 03:

Figura 11: Estrutura de pavimento da marginal, método DNER

ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
REVESTIMENTO (CBUQ CONVENCIONAL)	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
8,0	15,0	17,0

FONTE: Brasil (2013)

Quadro 03: Estrutura de pavimento da marginal, método MeDiNa

ESTRUTURA DO PAVIMENTO (CM)		
REVESTIMENTO (Concreto Asfáltico)	BASE (BRITA GRADUADA)	SUB-BASE (MACADAME SECO)
19,4	25,0	35,0

FONTE: Autores (2021)

A marginal do trecho se obteve grande diferença nas espessuras das camadas, quando dimensionado pelo método MeDiNa, a camada de sub-base teve uma diferença de 18 centímetros em relação ao método DNER, a camada de base

manteve-se com a mesma diferença da pista e do acostamento já citada anteriormente e a camada de revestimento apresentou uma diferença de 11,40 centímetros quando comparado os dois métodos de dimensionamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modal de transportes rodoviários vem evoluindo tecnologicamente no que diz respeito ao seu dimensionamento estrutural e com isso a preocupação para se obter um sistema onde se alcance o melhor desempenho possível. Com o novo método do MeDiNa se mostrando mais eficiente do que o método atualmente utilizado, ele vem ganhando espaço no mercado com seus resultados.

Neste artigo foram apresentados os dois diferentes métodos de dimensionamento para pavimentação. Com o apoio do DNIT foi possível obter todos os dados de dimensionamento pelo método DNER de um trecho da Rodovia BR-101/SC, e assim, dimensionar o mesmo trecho pelo método MeDiNa obtendo os dois resultados.

Pode-se observar que houve grande diferença de espessuras nas camadas de revestimento, base e sub-base entre os diferentes métodos de dimensionamento apresentado. O método MeDiNa apresentou camadas com espessuras consideravelmente superiores ao método empregado atualmente pois o software não permite que a deformação passe dos 30% ao longo de 10 anos prezando a qualidade da pavimentação.

Isso demonstra certa fragilidade do dimensionamento DNER, apesar de ser o método atualmente empregado, apresentou grande diferença das espessuras das camadas quando comparado ao método MeDiNa, sendo que ambas foram dimensionadas no mesmo trecho com as mesmas condições. Com os resultados pode-se concluir que, para o trecho analisado, o método de dimensionamento do MeDiNa apresentou ser mais eficiente, tanto quanto ao seu custo a longo prazo onde não necessitará de manutenções recentes ao mesmo tempo em que leva em consideração a duração da pavimentação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016. ISSN: 2448-0959. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em 20 de out. 2020.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. 2009. 472 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 1995. 563 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ltc, São Paulo, 1995.

BERNUECI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação Asfáltica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Gráfica Imprinta, 2008. 475 p.

BIANCHI, F.R; BRITO, I.R; CASTRO, V.A.B. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Disponível em: < http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf >. Acesso em 20 de out. 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - Dnit. Superintendência Regional no Estado de Santa Catarina. **PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA INCLUINDO RESTAURAÇÃO E MELHORAMENTOS PARA ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE E SEGURANÇA**. Santa Catarina: Dnit, 2013. 366 p.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. (org.). **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento>. Acesso em: 14 out. 2020.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. (org.). **NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO EMPÍRICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2020. ELABORADO PELO IPR.

Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/pesquisas/novo-metodo-de-dimensionamento-mecanistico-empirico-de-pavimentos-asfalticos>. Acesso em: 04 mar. 2021.

BRASÍLIA. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Transporte Rodoviário**: por que os pavimentos das rodovias do brasil não duram? Brasília: Il. Color, 2017. 160 p.

CARNEIRO, Alex Pires; BURGOS, Paulo César; ALBERTE, Elaine Pinto Varela. **USO DO AGREGADO RECICLADO EM CAMADAS DE BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS**. 2001. 40 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia Campus Ondina, Salvador, 2001. Cap. 6.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 049/2004 - ES**: Pavimento rígido - execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Dnit, 2004. 15 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Planilha: **Custos Médios Gerenciais**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos>. Acesso em 20 de out. 2020.

DNIT. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ipr - 719, 2006. 274 p.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2. Ed. – Rio de Janeiro, 2005. 234p. (IPR. Publ., 714).

FIESP. DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (São Paulo). **Pavimento de Vias no Brasil**: infraestrutura de transportes terrestres rodoviários e cadeias produtivas da pavimentação. São Paulo: Fiesp, 2017. 70 p.

FONSECA, Jessica Freire *et al.* **O ESTADO DA ARTE SOBRE USO DE RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL E**

NO MUNDO. 2014. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Execução de estudos e pesquisas para elaboração de método mecânico - empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro: Dnit, 2018. 70 p.

FRITZEN, Marcos Antonio. **DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA PARA PREVISÃO DO DANO POR FADIGA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2016. 286 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

LIMA, Daniel Aparecido Santos. **Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve**. 2003. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2003.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **PAVIMENTAÇÃO TRN 032**. 2006. 210 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

MARQUES, Gabriele Born. **Análise de pavimento flexível: Estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-421**. 2014. 83 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

MELLO, Luiz Guilherme Rodrigues de et al. **Análise do impacto do período de projeto de pavimentos no custo global de obras rodoviárias**. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Revista Transportes, São Paulo, 2016.

MESQUITA, José Carlos Lobato. **Pavimento Rígido como Alternativa Econômica para Pavimentação Rodoviária**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

NETO, G. L. G. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida.** Universidade da Amazônia. Belém, 2011.

OLIVEIRA, P. L. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto.** Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

OMENA, Maria Luiza Rodrigues de Albuquerque; SANTOS, Edinaldo Batista dos. Análise da efetividade da Avaliação de Impactos Ambientais – AIA – da Rodovia SE 100/Sul-Sergipe. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 221-237, jan. 2008.

PARANÁ. DER/PR (DG/AP). **Pavimentação: Pavimento Rígido:** especificações de serviços rodoviários. Curitiba: Der/pr Es-P 35/05, 2005. 27 p.

PITANGUI, Lara Cordeiro. **ANÁLISE COMPARATIVA DO MÉTODO DO DNER COM O MÉTODO MACANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA.** 2019. 93 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

PITTA, M. R. Whitetopping – **A evolução de um conceito.** Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, 1996.

RODRIGUES FILHO, S. **Estudo econômico comparativo entre tipos de pavimento.** 198f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

SANTOS, Caio Rubens Gonçalves. **DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS: UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA.** 2011. 296 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SCHEIBEL, André Taveira da Silva. **Pavimentação de Estradas**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2016. 159 p.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação Volume 2**. 2007. 672 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pini, São Paulo, 2007.

SIAN, Sérgio Valmir. **Recuperação de Pavimento Asfáltico com Aplicação de Whitetopping**. 2007. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2007.

SILVA, José Emerson Gonçalves. **MÉTODO NACIONAL DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS - MEDINA**: avaliação da duplicação da al-145. 2018. 79 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Alagoas - Ufal, Delmiro Gouveia, 2018.

SILVA, Yago Duarte da; GODOI, Luíza Carhunck; HOLZ, Raquel da Fonseca. **Análise comparativa de custo entre métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos: AASHTO, DNIT e MEDINA**. 2019. 11 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Luterana do Brasil, Balneário Camboriú, 2019.

SOUZA, Prof. Msc. Ruiter da Silva. **Terraplanagem e Pavimentação**. Goiás: Ruiter da Silva Souza, 2015. 16 slides, color.

SOUZA JÚNIOR, José Geraldo de; MOTTA, Laura Maria Goretti da; SILVA, Rafael Cerqueira. **Dimensionamento de pavimentos asfálticos pelo novo método normalizado no Brasil (Medina)**. 2011. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ANEXO A – Rede esquemática estudo de tráfego BR-280 e apresentação dos segmentos.

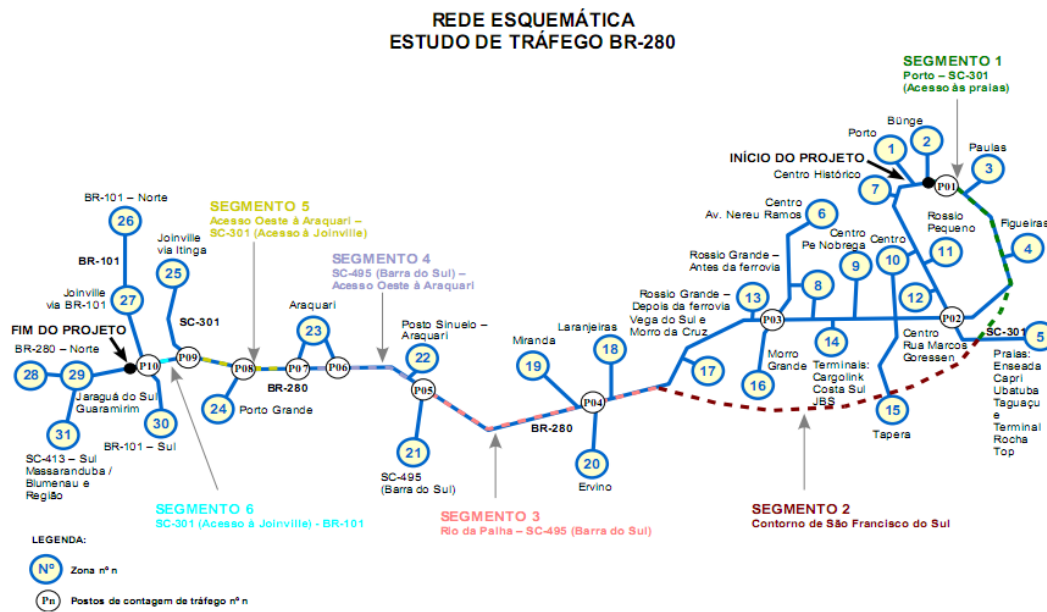


Figura 3.1 - Rede Esquemática e Zonas de Tráfego

Segundo o tráfego, os seguintes segmentos homogêneos foram considerados:

- Segmento 1: Km 0+668,02 = PP - Porto a Km 3+800 - SC-301 (Acesso à praias)
- Segmento 2: Km 3+800 - Contorno de São Francisco do Sul: SC-301 (Acesso à praias) a Km 12+300 - Rio da Palha
- Segmento 3: Km 12+300 - Rio da Palha a Km 21+000 - SC-495 (Barra do Sul)
- Segmento 4: Km 21+000 - SC-495 (Barra do Sul) a Km 24+800 - Acesso Oeste à Araquari
- Segmento 5: Km 24+800 - Acesso Oeste à Araquari a Km 32+400 - SC-301 (Acesso à Joinville)
- Segmento 6: Km 32+400 - SC-301 (Acesso à Joinville) a Km 36+681,22 = PF - BR-101

Fonte: Projeto executivo de engenharia para duplicação da rodovia incluindo restauração e melhoramentos para adequação da capacidade e segurança – BR-280/SC – DNIT (2013).

ANEXO B – Postos de contagem realizados no ano de 2011

3.5.2 Contagens realizadas no ano de 2011

Para fins de atualização das contagens realizadas em 2002, foram efetuadas contagens volumétricas classificadas/direcionais, por tipo de veículo, em dois postos, entre os dias 22 e 24/12/2011, a saber:

Tabela 3.5 Localização e dados dos postos de contagem – pesquisa de tráfego 2011

POSTO	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	TIPO	Nº DE DIAS	DATA/PERÍODO	DURAÇÃO
P-A	BR-280 – Km 6+600	Contagem Volumétrica e Classificatória	1 (um)	22/11/11	00:00 – 24:00 (24h)
			1 (um)	23/11/11	07:00 – 20:00 (13h)
			1 (um)	24/11/11	07:00 – 20:00 (13h)
P-B	BR-280 – Km 34+400	Contagem Volumétrica e Classificatória	3 (três)	22 e 23/11/11	07:00 – 20:00 (13h)

Referenciando-se os postos da contagem atual com a contagem realizada em 2002, o Posto A, localiza-se próximo ao posto P3 – Entrocamento da BR-280 com a Av. Nereu Ramos; e, o Posto B, nas proximidades da interseção com a BR-101, P10.

Fonte: Projeto executivo de engenharia para duplicação da rodovia incluindo restauração e melhoramentos para adequação da capacidade e segurança – BR-280/SC – DNIT (2013).

ANEXO C – Volume de tráfego total obtido nos segmentos

Tabela 3.16 VMDA Segmento 1: Km 0+668,02 = PP - Porto a Km 3+800 - SC-301 (Acesso às praias)

VDMA – SEGMENTO 1 (NORMAL+GERADO) ANO 2011	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
Sentido:	Porto – SC-301 (Praias)										
NORMAL	1826	409	704	82	31	722	391	655	1413	9	6242
GERADO	279	63	108	1	0	97	52	88	189	1	878
TOTAL	2105	472	812	82	31	818	444	743	1603	10	7120
Sentido:	SC-301 (Praias) – Porto										
NORMAL	907	115	241	15	4	157	220	225	737	287	2908
GERADO	139	18	37	0	0	21	29	30	99	38	411
TOTAL	1046	132	278	15	5	178	249	255	835	325	3319
Ambos os sentidos											
NORMAL	2733	524	945	97	35	879	611	880	2150	296	9150
GERADO	418	80	145	1	0	118	82	118	288	40	1290
TOTAL	3151	604	1090	98	36	997	693	998	2438	336	10439

Tabela 3.17 VMDA Segmento 2: Km 3+800 - Contorno de São Francisco do Sul: SC-301 (Acesso às praias) a Km 12+300 - Rio da Palha

VDMA – SEGMENTO 2 (DESVIADO+GERADO) ANO 2012	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
Sentido:	SC-301 (Praias) – Rio da Palha										
DESVIADO	1737	469	362	69	19	192	195	176	514	59	3792
GERADO	266	72	55	1	0	26	26	24	69	8	546
TOTAL	2003	541	418	70	19	217	221	200	583	67	4339
Sentido:	Rio da Palha – SC-301 (Praias)										
DESVIADO	1717	196	244	24	55	177	187	121	602	67	3390
GERADO	263	30	37	0	1	24	25	16	81	9	485
TOTAL	1980	226	282	24	55	201	212	137	682	76	3875
Ambos os sentidos											
DESVIADO	3454	665	607	93	74	369	382	297	1116	126	7182
GERADO	529	102	93	1	1	49	51	40	150	17	1032
TOTAL	3983	767	699	94	75	418	433	337	1266	143	8214

Tabela 3.18 VMDA Segmento 3: Km 12+300 - Rio da Palha a Km 21+000 - SC-495 (Barra do Sul)

VDMA – SEGMENTO 3 (NORMAL+GERADO) ANO 2012	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
Sentido: Rio da Palha – SC-495 (Barra do Sul)											
NORMAL	2714	733	566	108	30	300	304	185	541	62	5544
GERADO	415	112	87	1	0	40	41	25	73	8	802
TOTAL	3130	845	653	109	30	340	345	210	614	70	6346
Sentido: SC-495 (Barra do Sul) – Rio da Palha											
NORMAL	2683	307	382	37	86	276	292	127	633	70	4894
GERADO	411	47	58	0	1	37	39	17	85	9	705
TOTAL	3094	353	440	38	86	313	331	144	718	80	5599
Ambos os sentidos											
NORMAL	5398	1040	948	145	116	576	596	312	1175	133	10438
GERADO	826	159	145	1	1	77	80	42	157	18	1507
TOTAL	6223	1199	1093	146	117	653	676	354	1332	150	11944

Tabela 3.19 VMDA Segmento 4: Km 21+000 - SC-495 (Barra do Sul) a Km 24+800 - Acesso Oeste à Araquari

VMDA – SEGMENTO 4 (NORMAL-GERADO) ANO 2012	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
Sentido:	SC-495 (Barra do Sul) – Araquari										
NORMAL	3829	598	241	121	31	415	538	216	814	175	6979
GERADO	586	92	37	1	0	56	72	29	109	23	1005
TOTAL	4415	690	278	122	32	471	610	245	923	198	7984
Sentido:	Araquari – SC-495 (Barra do Sul)										
NORMAL	3607	570	237	89	23	404	534	214	810	170	6657
GERADO	552	87	36	1	0	54	72	29	108	23	962
TOTAL	4158	657	273	90	23	458	606	243	918	192	7619
Ambos os sentidos											
NORMAL	7436	1168	479	209	54	819	1072	430	1624	344	13636
GERADO	1138	179	73	2	1	110	144	58	218	46	1967
TOTAL	8574	1347	552	212	55	929	1216	488	1841	391	15603

Tabela 3.20 VMDA Segmento 5: Km 24+800 - Acesso Oeste à Araquari a Km 32+400 - SC-301 (Acesso à Joinville)

VOMA – SEGMENTO 5 (NORMAL+GERADO) ANO 2012	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
	Sentido: Araquari – SC-301 (Itinga)										
NORMAL	4515	568	361	10	157	587	520	205	865	77	7865
GERADO	691	87	55	0	2	79	70	28	116	10	1137
TOTAL	5205	655	416	10	159	666	590	233	981	87	9001
Sentido: SC-301 (Itinga) - Araquari											
NORMAL	4089	493	315	3	152	570	493	92	894	64	7165
GERADO	626	75	48	0	2	76	66	12	120	9	1034
TOTAL	4715	569	364	3	153	646	559	105	1014	72	8199
Ambos os sentidos											
NORMAL	8604	1062	676	13	309	1157	1013	298	1758	140	15029
GERADO	1316	162	103	0	3	155	136	40	236	19	2171
TOTAL	9920	1224	780	13	312	1312	1149	337	1994	159	17200

Tabela 3.21 VMDA Segmento 6: Km 32+400 - SC-301 (Acesso à Joinville) a Km 36+681,22 = PF – BR-101

VDMA – SEGMENTO 6 (NORMAL+GERADO) ANO 2012	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
	PASSEIO	CAMIONETAS	OUTROS	2C	3C	2C	3C	3S3	2S3	BITREM	
	Sentido: SC-301 (Itinga) - BR-101										
NORMAL	2511	373	167	0	60	536	564	104	911	66	5292
GERADO	384	57	26	0	1	72	76	14	122	9	760
TOTAL	2895	430	192	0	61	608	640	118	1033	75	6052
Sentido: BR-101 – SC-301 (Itinga)											
NORMAL	2701	376	195	4	51	497	550	200	824	73	5471
GERADO	413	57	30	0	1	67	74	27	110	10	788
TOTAL	3115	433	224	4	51	563	624	227	935	83	6260
Ambos os sentidos											
NORMAL	5213	749	361	4	111	1033	1115	304	1735	139	10763
GERADO	798	115	55	0	1	138	149	41	233	19	1548
TOTAL	6010	863	417	4	112	1171	1264	344	1968	157	12311

Fonte: Projeto executivo de engenharia para duplicação da rodovia incluindo restauração e melhoramentos para adequação da capacidade e segurança – BR-280/SC – DNIT (2013).

ANEXO D – Estimativa do número N

12.2 Estimativa do número N de tráfego

O número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2tf (N8,2) durante o período de projeto foi estimado a partir do estudo de tráfego realizado e com o emprego da metodologia do Corpo de Engenheiros do Exército Americano e da AASHTO. O trecho foi dividido em 6 segmentos em função do tráfego. A tabela 12.1 apresenta o valor do número de solicitações equivalentes, projetado para o ano de projeto de 2026.

Tabela 12.1 Estimativa do número de solicitações de projeto

SEG	LOCALIZAÇÃO (KM)	COMP. (M)	N USACE	N AASHTO
1	0+668 – 4+000	3.332,00	$1,45 \times 10^8$	$4,32 \times 10^7$
2	4+000 – 12+300	8.300,00	$7,77 \times 10^7$	$2,32 \times 10^7$
3	12+300 – 20+500	8.200,00	$8,23 \times 10^7$	$2,56 \times 10^7$
4	20+500 – 23+900	3.400,00	$1,23 \times 10^8$	$3,82 \times 10^7$
5	23+900 – 32+300	8.400,00	$1,16 \times 10^8$	$3,760 \times 10^7$
6	32+300 – 36+742,93	4.442,93	$1,10 \times 10^8$	$3,58 \times 10^7$
TOTAL		36.074,93	-	-

Fonte: Projeto executivo de engenharia para duplicação da rodovia incluindo restauração e melhoramentos para adequação da capacidade e segurança – BR-280/SC – DNIT (2013).

APÊNDICE 1 – Dimensionamento Pavimento - Trecho 01

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 01**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:08:35** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,6%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,2mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	10,0	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	12,5	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
4	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 750** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 2000** ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 750** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 2000** ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

4 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Modelos

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ Grupo MCT = NS' MCT - Coeficiente $c' = 1,00$ MCT - Índice $e' = 1,68$ Massa específica (g/cm^3) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \text{psi1} \cdot (\text{s3}^{\text{psi2}}) \cdot (\text{sd}^{\text{psi3}}) \cdot (\text{N}^{\text{psi4}})$ Coeficiente de Regressão (k_1 ou psi1): 0,244 Coeficiente de Regressão (k_2 ou psi2): 0,419 Coeficiente de Regressão (k_3 ou psi3): 1,309 Coeficiente de Regressão (k_4 ou psi4): 0,069

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **10439**
 Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **6,82**
 Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,60e+07**
 % Veículos na faixa de projeto: **45%**
 Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,17e+07**
 Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
 Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,34e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	46%	6,00	0,278	0,129
2	Eixo Simples	46%	6,00	0,278	0,129
3	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
4	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,031
5	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
6	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
7	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,314
9	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,018
10	Dois eixos duplos em tandem	7%	17,00	8,549	0,568
11	Eixo Simples	23%	6,00	0,278	0,065
12	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,768
13	Três eixos duplos em tandem	23%	25,50	9,300	2,172
14	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
15	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,817
16	Três eixos duplos em tandem	10%	25,50	9,300	0,889
17	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
18	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275
19	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275
20	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
-----	---------	---------------	----------

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	9,615e+05	1,77%	1,4
6	5,804e+06	3,41%	1,7
12	1,170e+07	4,58%	1,8
18	1,767e+07	5,58%	1,9
24	2,374e+07	6,52%	1,9
30	2,990e+07	7,46%	1,9
36	3,615e+07	8,41%	2,0
42	4,249e+07	9,41%	2,0
48	4,893e+07	10,45%	2,0
54	5,546e+07	11,56%	2,1
60	6,209e+07	12,73%	2,1
66	6,882e+07	13,97%	2,1
72	7,565e+07	15,30%	2,1
78	8,258e+07	16,72%	2,1
84	8,961e+07	18,23%	2,1
90	9,675e+07	19,85%	2,2
96	1,040e+08	21,57%	2,2
102	1,114e+08	23,40%	2,2
108	1,188e+08	25,34%	2,2
114	1,264e+08	27,40%	2,2
120	1,341e+08	29,58%	2,2

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
3	MATERIAL GRANULAR	1,66
4	MATERIAL GRANULAR	0,00
5	SUBLEITO	0,56
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,2

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	20	19	18	16	14	11	8	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	18	16	14	13	11	8	6	4	3
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	29	25	22	18	15	10	8	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 2 – Dimensionamento Pavimento – Trecho 02

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 02**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:11:33** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,1%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,4mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	7,1	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	13,2	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
4	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: $k1 \cdot (et \wedge k2)$
-Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 1e-12$
-Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,75$
-Classe de Fadiga: ≥ 3
-FFM (100μ a 250μ): $\geq 0,90$
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: ≥ 698 ciclos
- Condição de Tráfego Severa: ≥ 1795 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: $k1 \cdot (et \wedge k2)$
-Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 1e-12$
-Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,75$
-Classe de Fadiga: ≥ 3
-FFM (100μ a 250μ): $\geq 0,90$
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: ≥ 698 ciclos
- Condição de Tráfego Severa: ≥ 1795 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

4 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Modelos

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = NS'	Modelo: $ep = psi1.(s3^{psi2}).(sd^{psi3}).(N^{psi4})$
MCT - Coeficiente $c' = 1,00$	Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,244
MCT - Índice $e' = 1,68$	Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): 0,419
Massa específica (g/cm³) = 1,8	Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,309
Umidade Ótima (%) = 13,0	Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,069
Energia Compactação = Normal	
Norma ou Especificação = DNIT ES 137	

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **11944**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **3,52**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,53e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **45%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **6,90e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **7,91e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	71%	6,00	0,278	0,198
2	Eixo Simples	71%	6,00	0,278	0,198
3	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
4	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,040
5	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
6	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,084
7	Eixo Simples	5%	6,00	0,278	0,015
8	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,180
9	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
10	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,484
11	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,031
12	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,367
13	Três eixos duplos em tandem	11%	25,50	9,300	1,037
14	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,008
15	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,253
16	Três eixos duplos em tandem	3%	25,50	9,300	0,275
17	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
18	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107
19	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107
20	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
-----	---------	---------------	----------

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	5,671e+05	1,77%	1,6
6	3,423e+06	3,40%	1,8
12	6,898e+06	4,56%	2,0
18	1,042e+07	5,54%	2,0
24	1,400e+07	6,48%	2,1
30	1,763e+07	7,40%	2,1
36	2,132e+07	8,35%	2,2
42	2,506e+07	9,33%	2,2
48	2,886e+07	10,36%	2,2
54	3,271e+07	11,44%	2,2
60	3,662e+07	12,59%	2,3
66	4,059e+07	13,82%	2,3
72	4,462e+07	15,12%	2,3
78	4,870e+07	16,51%	2,3
84	5,285e+07	18,00%	2,3
90	5,706e+07	19,58%	2,4
96	6,134e+07	21,27%	2,4
102	6,567e+07	23,06%	2,4
108	7,007e+07	24,97%	2,4
114	7,454e+07	26,98%	2,4
120	7,907e+07	29,12%	2,4

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
3	MATERIAL GRANULAR	1,80
4	MATERIAL GRANULAR	0,00
5	SUBLEITO	0,63
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	22	20	19	16	14	11	8	7	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	19	17	15	13	11	8	6	4	3
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	28	25	22	18	15	10	8	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 3 – Dimensionamento Pavimento - Trecho 03

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 03**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:12:23** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,3%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,3mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	8,6	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	13,2	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
4	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **$\geq 1e-12$**
-Coeficiente de Regressão (k2): **$\geq -3,75$**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **$\geq 0,90$**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 750** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 2000** ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **$\geq 1e-12$**
-Coeficiente de Regressão (k2): **$\geq -3,75$**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **$\geq 0,90$**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 750** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 2000** ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

4 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Modelos

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = NS'	Modelo: $ep = psi1.(s3^{psi2}).(sd^{psi3}).(N^{psi4})$
MCT - Coeficiente $c' = 1,00$	Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,244
MCT - Índice $e' = 1,68$	Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): 0,419
Massa específica (g/cm³) = 1,8	Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,309
Umidade Ótima (%) = 13,0	Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,069
Energia Compactação = Normal	
Norma ou Especificação = DNIT ES 137	

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **17200**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **3,50**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,19e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **45%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **9,88e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,13e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
2	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
3	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
4	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,002
5	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
6	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,155
7	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,021
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,251
9	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
10	Dois eixos duplos em tandem	7%	17,00	8,549	0,571
11	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
12	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,381
13	Três eixos duplos em tandem	12%	25,50	9,300	1,078
14	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
15	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,168
16	Três eixos duplos em tandem	2%	25,50	9,300	0,182
17	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
18	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
19	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
20	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
-----	---------	---------------	----------

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	8,119e+05	1,77%	1,5
6	4,902e+06	3,40%	1,7
12	9,877e+06	4,57%	1,8
18	1,493e+07	5,55%	1,9
24	2,005e+07	6,49%	2,0
30	2,525e+07	7,42%	2,0
36	3,053e+07	8,37%	2,0
42	3,588e+07	9,36%	2,1
48	4,132e+07	10,39%	2,1
54	4,684e+07	11,48%	2,1
60	5,244e+07	12,64%	2,1
66	5,812e+07	13,87%	2,2
72	6,389e+07	15,18%	2,2
78	6,974e+07	16,58%	2,2
84	7,568e+07	18,08%	2,2
90	8,171e+07	19,67%	2,2
96	8,783e+07	21,37%	2,2
102	9,404e+07	23,18%	2,2
108	1,003e+08	25,09%	2,3
114	1,067e+08	27,13%	2,3
120	1,132e+08	29,27%	2,3

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
3	MATERIAL GRANULAR	1,70
4	MATERIAL GRANULAR	0,00
5	SUBLEITO	0,58
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,3

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	19	18	16	14	11	8	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	18	16	15	13	11	8	6	4	3
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	28	25	22	18	15	10	8	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 4 – Dimensionamento Acostamento - Trecho 01

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 01 - Acostamento**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:16:11** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **28,3%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,2mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	14,0	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **$\geq 1e-12$**
-Coeficiente de Regressão (k2): **$\geq -3,75$**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **$\geq 0,90$**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 337** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 902** ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

3 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ
Grupo MCT = NS'
MCT - Coeficiente c' = 1,00
MCT - Índice e' = 1,68
Massa específica (g/cm³) = 1,8
Umidade Ótima (%) = 13,0
Energia Compactação = Normal
Norma ou Especificação = DNIT ES 137

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **10439**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **6,82**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,60e+07**

% Veículos na faixa de projeto: **5%**

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,30e+06**

Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,49e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	46%	6,00	0,278	0,129
2	Eixo Simples	46%	6,00	0,278	0,129
3	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
4	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,031
5	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
6	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
7	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,314
9	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,018
10	Dois eixos duplos em tandem	7%	17,00	8,549	0,568
11	Eixo Simples	23%	6,00	0,278	0,065
12	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,768
13	Três eixos duplos em tandem	23%	25,50	9,300	2,172
14	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
15	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,817
16	Três eixos duplos em tandem	10%	25,50	9,300	0,889
17	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
18	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275
19	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275
20	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,275

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,068e+05	1,75%	2,1
6	6,449e+05	3,37%	2,4
12	1,299e+06	4,52%	2,6
18	1,964e+06	5,49%	2,7
24	2,638e+06	6,40%	2,8
30	3,322e+06	7,31%	2,8
36	4,017e+06	8,23%	2,9
42	4,721e+06	9,19%	2,9
48	5,437e+06	10,19%	3,0
54	6,162e+06	11,25%	3,0
60	6,899e+06	12,37%	3,0
66	7,647e+06	13,56%	3,0
72	8,406e+06	14,82%	3,1
78	9,176e+06	16,17%	3,1
84	9,957e+06	17,60%	3,1

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
90	1,075e+07	19,13%	3,1
96	1,156e+07	20,76%	3,2
102	1,237e+07	22,50%	3,2
108	1,320e+07	24,34%	3,2
114	1,404e+07	26,28%	3,2
120	1,490e+07	28,34%	3,2

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	2,34
3	MATERIAL GRANULAR	0,00
4	SUBLEITO	0,88
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,2

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	27	24	22	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	26	22	19	15	12	8	5	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 5 – Dimensionamento Acostamento - Trecho 02

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 02 - Acostamento**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:17:46** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **28,4%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,8mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	11,1	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 268** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 726** ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

3 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ
Grupo MCT = NS'
MCT - Coeficiente c' = 1,00
MCT - Índice e' = 1,68
Massa específica (g/cm³) = 1,8
Umidade Ótima (%) = 13,0
Energia Compactação = Normal
Norma ou Especificação = DNIT ES 137

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **11944**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **3,52**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,53e+07**

% Veículos na faixa de projeto: **5%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **7,66e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **8,79e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	71%	6,00	0,278	0,198
2	Eixo Simples	71%	6,00	0,278	0,198
3	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
4	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,040
5	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
6	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,084
7	Eixo Simples	5%	6,00	0,278	0,015
8	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,180
9	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
10	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,484
11	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,031
12	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,367
13	Três eixos duplos em tandem	11%	25,50	9,300	1,037
14	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,008
15	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,253
16	Três eixos duplos em tandem	3%	25,50	9,300	0,275
17	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
18	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107
19	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107
20	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,107

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	6,301e+04	1,75%	2,5
6	3,804e+05	3,37%	2,9
12	7,664e+05	4,52%	3,1
18	1,158e+06	5,49%	3,2
24	1,556e+06	6,41%	3,3
30	1,959e+06	7,32%	3,3
36	2,369e+06	8,24%	3,4
42	2,785e+06	9,20%	3,4
48	3,206e+06	10,20%	3,5
54	3,634e+06	11,26%	3,5
60	4,069e+06	12,38%	3,6
66	4,510e+06	13,57%	3,6
72	4,957e+06	14,84%	3,6
78	5,412e+06	16,19%	3,6
84	5,873e+06	17,63%	3,7

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
90	6,340e+06	19,16%	3,7
96	6,815e+06	20,79%	3,7
102	7,297e+06	22,53%	3,7
108	7,786e+06	24,37%	3,8
114	8,282e+06	26,32%	3,8
120	8,786e+06	28,39%	3,8

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	2,76
3	MATERIAL GRANULAR	0,00
4	SUBLEITO	1,05
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,8

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	31	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	31	25	21	16	12	7	5	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 6 – Dimensionamento Acostamento - Trecho 03

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Trecho 03 - Acostamento**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:19:27** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **28,4%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,3mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

*Portanto, a **responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista**, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.*

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	13,4	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 313** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 842** ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

3 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ
Grupo MCT = NS'
MCT - Coeficiente c' = 1,00
MCT - Índice e' = 1,68
Massa específica (g/cm³) = 1,8
Umidade Ótima (%) = 13,0
Energia Compactação = Normal
Norma ou Especificação = DNIT ES 137

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **17200**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **3,50**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,19e+07**

% Veículos na faixa de projeto: **5%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,10e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,26e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
2	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
3	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
4	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,002
5	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
6	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,155
7	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,021
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,251
9	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
10	Dois eixos duplos em tandem	7%	17,00	8,549	0,571
11	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
12	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,381
13	Três eixos duplos em tandem	12%	25,50	9,300	1,078
14	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
15	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,168
16	Três eixos duplos em tandem	2%	25,50	9,300	0,182
17	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
18	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
19	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
20	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	9,022e+04	1,75%	2,1
6	5,446e+05	3,37%	2,5
12	1,097e+06	4,52%	2,7
18	1,658e+06	5,49%	2,8
24	2,228e+06	6,41%	2,8
30	2,806e+06	7,32%	2,9
36	3,392e+06	8,24%	3,0
42	3,987e+06	9,20%	3,0
48	4,591e+06	10,21%	3,0
54	5,204e+06	11,26%	3,1
60	5,826e+06	12,39%	3,1
66	6,458e+06	13,58%	3,1
72	7,098e+06	14,84%	3,2
78	7,749e+06	16,20%	3,2
84	8,409e+06	17,64%	3,2

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
90	9,079e+06	19,17%	3,2
96	9,758e+06	20,80%	3,2
102	1,045e+07	22,54%	3,3
108	1,115e+07	24,39%	3,3
114	1,186e+07	26,34%	3,3
120	1,258e+07	28,41%	3,3

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	2,41
3	MATERIAL GRANULAR	0,00
4	SUBLEITO	0,91
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,3

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	28	25	22	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	27	23	20	15	12	8	5	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

APÊNDICE 7 – Dimensionamento Marginal

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Dimensionamento do pavimento

Nome do Projeto: **Dimensionamento Marginal**

Responsável pelo projeto: **Marlon Batista**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Principal**

Nível de confiabilidade: **95%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **03/06/2021 às 21:21:42** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **28,8%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	6,2	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO Classe 3	13,2	Resiliente Linear MR = 8000 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	25,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
4	MATERIAL GRANULAR Macadame Seco	35,0	Resiliente Linear MR = 380 MPa	0,40
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Modelos

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 632** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 1633** ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: Classe 3

Propriedades

Tipo de CAP = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Norma ou Especificação = DNIT ES 31
Comentários = Este material deve ser obtido em laboratório antes da obra e os resultados requerem uma nova análise no MeDiNa.

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **$k1 \cdot (et \wedge k2)$**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 1e-12**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,75**
-Classe de Fadiga: **≥ 3**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,90**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 632** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 1633** ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,223
Umidade Ótima (%) = 5,0
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0868**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,2801**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,8929**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0961**

4 - MATERIAL GRANULAR: Macadame Seco

Propriedades

Descrição do Material = ...
Massa específica (g/cm³) = 2,45
Umidade Ótima (%) = ...
Energia Compactação = ...
Abrasão Los Angeles (%) = ...
Faixa Granulométrica = ...
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **$ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,0000000001**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **1**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **1**

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades

Modelos

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ Grupo MCT = NS' MCT - Coeficiente $c' = 1,00$ MCT - Índice $e' = 1,68$ Massa específica (g/cm^3) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \text{psi1} \cdot (\text{s3}^{\text{psi2}}) \cdot (\text{sd}^{\text{psi3}}) \cdot (\text{N}^{\text{psi4}})$ Coeficiente de Regressão (k_1 ou psi1): 0,244 Coeficiente de Regressão (k_2 ou psi2): 0,419 Coeficiente de Regressão (k_3 ou psi3): 1,309 Coeficiente de Regressão (k_4 ou psi4): 0,069

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **17200**
 Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **3,50**
 Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,19e+07**
 % Veículos na faixa de projeto: **25%**
 Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **5,49e+06**
 Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
 Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,29e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
2	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,193
3	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
4	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,002
5	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
6	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,155
7	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,021
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,251
9	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
10	Dois eixos duplos em tandem	7%	17,00	8,549	0,571
11	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
12	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,381
13	Três eixos duplos em tandem	12%	25,50	9,300	1,078
14	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
15	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,168
16	Três eixos duplos em tandem	2%	25,50	9,300	0,182
17	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
18	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
19	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079
20	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,079

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
-----	---------	---------------	----------

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,511e+05	1,76%	1,6
6	2,723e+06	3,38%	1,9
12	5,487e+06	4,54%	2,0
18	8,292e+06	5,52%	2,1
24	1,114e+07	6,44%	2,2
30	1,403e+07	7,36%	2,2
36	1,696e+07	8,30%	2,2
42	1,994e+07	9,27%	2,3
48	2,296e+07	10,28%	2,3
54	2,602e+07	11,35%	2,3
60	2,913e+07	12,49%	2,4
66	3,229e+07	13,70%	2,4
72	3,549e+07	14,98%	2,4
78	3,874e+07	16,36%	2,4
84	4,204e+07	17,82%	2,4
90	4,539e+07	19,38%	2,5
96	4,879e+07	21,04%	2,5
102	5,224e+07	22,80%	2,5
108	5,574e+07	24,68%	2,5
114	5,930e+07	26,66%	2,5
120	6,290e+07	28,76%	2,5

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
3	MATERIAL GRANULAR	1,87
4	MATERIAL GRANULAR	0,00
5	SUBLEITO	0,66
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
-------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	22	20	19	17	14	11	8	7	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	20	18	16	14	11	8	6	4	3
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Classe 3									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	28	25	22	18	15	10	8	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C5									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	23	18	14	10	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Macadame Seco									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	35	26	22	17	14	9	7	6	5
Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'									
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5