

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GABRIELA GUIMARÃES DE FRAGA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS RODOVIÁRIOS DE
CARGA COM SOBREPESO NA VIDA ÚTIL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO
MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MeDiNa)**

São Leopoldo

2023

GABRIELA GUIMARÃES DE FRAGA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS RODOVIÁRIOS DE
CARGA COM SOBREPESO NA VIDA ÚTIL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO
MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MeDiNa)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, pelo Curso de
Engenharia Civil da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientadora: Profa. MSc. Danielle de Souza Clerman Bruxel

São Leopoldo

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar, proteger e manter perseverante diante de todos os obstáculos.

Aos meus pais, Vânio e Auria, agradeço o investimento e por nunca medirem esforços para me proporcionar uma educação qualificada. Sou grato pelo constante incentivo, carinho e apoio ao longo de toda a minha vida e trajetória acadêmica.

Ao meu irmão, Arthur, e aos meus pais, expresso minha gratidão e amor incondicional.

Aos meus avós, em especial à minha avó Elita Portal de Fraga, por ser um grande exemplo de sabedoria e dedicação.

Agradeço de todo o coração ao meu amado esposo, meu companheiro de vida, por seu amor incondicional e pelo fundamental apoio em minha jornada. Compreender minha ausência durante os períodos intensos de estudo é algo que valorizo imensamente.

A minha querida orientadora, Profa. MSc. Danielle de Souza Clerman Bruxel, obrigada pela confiança, por me manter motivada nesse projeto e por todas as valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Agradeço aos meus amigos e colegas de classe pelo apoio, troca de ideias e debates construtivos. Em especial, gostaria de agradecer a minha amiga e colega Rafaela Pezente Schuller, que esteve comigo desde o início da graduação. Sou grata pela amizade, parceria e todo o suporte essencial nessa trajetória.

A todo o corpo docente da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, que sempre transmitiu seu saber com muito profissionalismo, expresso minha profunda gratidão.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram presentes durante essa jornada de 8 anos. Seja através de um gesto, troca de conhecimentos, palavras de apoio ou mesmo pela simples presença, cada um de vocês desempenhou um papel fundamental na minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Entre os fatores que têm comprometido o desempenho dos pavimentos rodoviários brasileiros, nos últimos anos, destacam-se não apenas o aumento contínuo do volume de tráfego de veículos pesados e a ampliação das capacidades de carga, mas especialmente a prática de circulação com cargas acima dos limites legais estabelecidos, associada às fugas e desvios dos postos de fiscalização. Outro fator influente refere-se à legislação, a qual define os pesos máximos permitidos por eixo nos veículos e estabelece tolerâncias aceitáveis na fiscalização dos pesos dos veículos. No entanto, ao dimensionar os pavimentos, os projetistas devem levar em consideração apenas o valor máximo permitido por lei, sem incorporar essas tolerâncias. As consequências dos fatores relacionados são demonstradas por meio de problemas estruturais nas rodovias, sendo que os principais defeitos causados pelo excesso de carga são o surgimento de trincas por fadiga e a deformação permanente, que são os afundamentos de trilha de roda. Diante do exposto, foram analisados oito níveis de tráfegos diferentes, com número N nas grandezas 10^6 , 10^7 e 10^8 , coletados de oito pontos de contagem distintos pelo PNCT (DNIT), dos seguintes locais no Brasil: BR-420/BA km 311, BR-135/BA km 339, BR-287/RS km 409, BR-282/RS km 362, BR-116/MG km 553, BR-116/RS km 226, BR-116/SP km 119 e BR-116/SP km 437. A avaliação do impacto da sobrecarga nos eixos foi realizada pelo *software* MeDiNa, através de cinco cenários de acréscimos de sobrecarga dispostos, em que foram simulados para cada um dos trechos os incrementos de 5%, 12,5%, 20% e 30% aplicados nos eixos de metade dos veículos. O fator preponderante para a deterioração dos pavimentos ao longo da vida útil pelo método MeDiNa foi o trincamento por fadiga. Diante da aplicação da sobrecarga, os resultados apontaram um aumento expressivo das ocorrências de trincas em todas as rodovias. De acordo com as análises e resultados obtidos no MeDiNa, a proporção dos danos são similares tanto em estruturas delgadas, dimensionadas para tráfego leve, quanto em pavimentos mais robustos, projetados para tráfegos mais pesados. Ressalta-se que o incremento de 12,5% de sobrecarga, limite da tolerância atual por eixo, pode causar um aumento de mais de 22% do trincamento comparado ao efeito do tráfego desses veículos sem incremento de carga no mesmo período. Alguns dos principais resultados obtidos mostraram que a tolerância de até 5% do PBT nas pesagens pode reduzir em aproximadamente 11% a vida útil projetada do pavimento, e o acréscimo

de 12,5% de carga acima do limite reduz aproximadamente 30% da estimativa inicial. Os resultados indicaram ainda que um incremento de carga de 20% e 30% por eixo resulta em reduções percentuais de cerca de 45% e 62% na vida útil das vias, respectivamente. O desenvolvimento do presente trabalho busca fornecer subsídios para o aprimoramento da engenharia rodoviária e para o avanço das técnicas de planejamento, construção e manutenção das rodovias, visando contribuir para a mobilidade eficiente, o desenvolvimento econômico e melhorias para a sociedade como um todo.

Palavras-chave: Desempenho dos pavimentos. Brasil. MeDiNa. Deterioração de pavimentos. Sobrecarga.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Malha rodoviária brasileira	20
Figura 2 – Condição da superfície do pavimento	21
Figura 3 – Eixo Dianteiro Simples (DS).....	24
Figura 4 – Eixo Traseiro Simples (TS)	24
Figura 5 – Eixo Traseiro Duplo (TD).....	24
Figura 6 – Eixo Traseiro Duplo (TD).....	25
Figura 7 – Eixo Traseiro Misto (TM): distância entre eixos de até 1,20m.....	25
Figura 8 – Eixo Traseiro Misto (TM): distância entre eixos de 1,20m a 2,40m.....	25
Figura 9 – Eixo Traseiro duplo (TD)	25
Figura 10 – Eixo Traseiro Triplo (TT): com quatro pneumáticos por eixo.....	26
Figura 11 – Eixo Traseiro Triplo (TT): com 2 pneumáticos extralargos por eixo	26
Figura 12 – Deformação elástica pela carga no pavimento flexível	31
Figura 13 – Sistema de camadas de um pavimento flexível	31
Figura 14 – Seção típica de um pavimento flexível em concreto asfáltico	34
Figura 15 – Cavidade (panela) no pavimento provocada pelas ocorrências de trincas de fadiga	35
Figura 16 – Ilustrações da configuração das trincas no pavimento.....	35
Figura 17 – Trincamento tipo couro de jacaré	36
Figura 18 – Deformação em trilhas de roda de pavimento flexível.....	37
Figura 19 – Deformação plástica em trilhos de roda	37
Figura 20 – Ábaco para determinação da espessura de pavimento flexível	45
Figura 21 – Representação do dimensionamento das camadas do pavimento	46
Figura 22 – Aba de estrutura do <i>software</i> MeDiNa	48
Figura 23 – Menu projeto do <i>software</i> MeDiNa	49
Figura 24 – Opção Alterar Estrutura do <i>software</i> MeDiNa	49
Figura 25 – Eixo padrão rodoviário e dados do tráfego no <i>software</i> MeDiNa	50
Figura 26 – Preenchimento dos eixos e cálculo do Fator de Veículo (DNIT).....	51
Figura 27 – Fluxograma da metodologia.....	54
Figura 28 – BR-420/BA km 311.....	56
Figura 29 – BR-135/BA km 339.....	56
Figura 30 – BR-287/RS km 409	56
Figura 31 – BR-116/MG km 553.....	57

Figura 32 – BR-116/RS km 226	57
Figura 33 – BR-285 RS km 362	57
Figura 34 – BR-116/SP km 437.....	58
Figura 35 – BR-116/SP km 119.....	58
Figura 36 – Classes de veículos de 2 até 5 eixos consideradas	64
Figura 37 – Classes de veículos de 6 e 7 eixos consideradas	64
Figura 38 – Classes de veículos de 8 e 9 eixos consideradas	65
Figura 39 – Inserção de dados de tráfego no MeDiNa.....	68
Figura 40 – Evolução dos danos no pavimento.....	70
Figura 41 – Exemplo do processo de inserção dos dados de tráfego no MeDiNa	76
Figura 42 – Continuação do exemplo do processo de inserção dos dados de tráfego no MeDiNa	77
Figura 43 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-420/BA km 311	78
Figura 44 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-287/RS km 409	79
Figura 45 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/MG km 553	79
Figura 46 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/RS km 226	80
Figura 47 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-285/RS km 362	80
Figura 48 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/SP km 119	81
Figura 49 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/SP km 437	81
Figura 50 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-135/BA km 339	82
Figura 51 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-135/BA km 339 ajustado para 20 anos	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Trincamento por fadiga em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados	92
Gráfico 2 – Progressão da área trincada com acréscimo de sobrecarga por eixo conforme os cenários analisados em relação ao número N.....	93
Gráfico 3 – Vida útil das estruturas hipotéticas em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados	97
Gráfico 4 – Estimativa da vida útil relacionada aos parâmetros e incrementos de cargas analisados	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização dos sistemas funcionais	52
Quadro 2 – Classificação das vias	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor da multa aplicada para o excesso de peso	23
Tabela 2 – Fatores de equivalência de carga do USACE	42
Tabela 3 – Critérios para materiais no método DNER	43
Tabela 4 – Granulometria para base granular para projeto de pavimento flexível	44
Tabela 5 – Espessura mínima de revestimento betuminoso	44
Tabela 6 – Coeficientes de equivalência estrutural dos materiais.....	46
Tabela 7 – Critério de parada das análises e grau de confiabilidade	53
Tabela 8 – Localização dos postos de contagem.....	55
Tabela 9 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-420/MG do km 311.....	59
Tabela 10 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-135/BA do km 339	60
Tabela 11 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/MG do km 553...	60
Tabela 12 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-287/RS do km 409....	61
Tabela 13 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/RS do km 226....	61
Tabela 14 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-285/RS do km 362....	62
Tabela 15 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/SP do km 119	62
Tabela 16 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/SP do km 437	63
Tabela 17 – Parâmetros do revestimento asfáltico	67
Tabela 18 – Parâmetros dos materiais de base e sub-base dos pavimentos	67
Tabela 19 – Parâmetros do subleito.....	68
Tabela 20 – VMD BR-420/BA km 311	71
Tabela 21 – VMD BR-135/BA km 339.....	72
Tabela 22 – VMD BR-287/RS km 409.....	72
Tabela 23 – VMD BR-116/MG km 553.....	72
Tabela 24 – VMD BR-116/RS km 226.....	72
Tabela 25 – VMD BR-285/RS km 362.....	72
Tabela 26 – VMD BR-116/SP km 119.....	73
Tabela 27 – VMD BR-116/SP km 437.....	73
Tabela 28 – Veículos por classe e fator de eixo.....	73
Tabela 29 – Planilha exemplar de verificação dos cálculos	74
Tabela 30 – Exemplo de veículo de dois eixos sem sobrecarga.....	75
Tabela 31 – Exemplo de modificação de carga para veículo de dois eixos com excesso de carga de 5%	75

Tabela 32 – Resumo das estruturas dimensionadas no MeDiNa.....	83
Tabela 33 – Fator de carga dos veículos com 5% de sobrecarga.....	85
Tabela 34 – Análise dos pavimentos com 5% de sobrecarga.....	85
Tabela 35 – Fator de carga dos veículos com 12,5% de sobrecarga.....	86
Tabela 36 – Análise dos pavimentos com 12,5% de sobrecarga.....	86
Tabela 37 – Fator de carga dos veículos com 20% de sobrecarga.....	87
Tabela 38 – Análise dos pavimentos com 20% de sobrecarga.....	88
Tabela 39 – Fator de carga dos veículos com 30% de sobrecarga.....	89
Tabela 40 – Análise dos pavimentos com 30% de sobrecarga.....	89
Tabela 41 – ATR no fim do período de projeto por rodovia.....	90
Tabela 42 – Comparativo entre as previsões do trincamento por fadiga considerando os distintos cenários de carga.....	91
Tabela 43 – Aumento da área trincada para os diferentes cenários analisados em relação ao número N.....	93
Tabela 44 – Equações.....	94
Tabela 45 – Dados utilizados na avaliação da vida útil das estruturas.....	95
Tabela 46 – Redução da vida útil das estruturas hipotéticas em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados.....	96

LISTA DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AEMC	Análise Elástica de Múltiplas Camadas
AET	Autorização Especial de Trânsito
ANPET	Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ATR	Afundamento por Trilha de Rodas
BA	Bahia
CBR	California Bearing Ratio
CML	Carga Máxima Legal
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DAER	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DP	Deformação permanente
ESRD	Eixo Simples Rodagem Dupla
ESRS	Eixo Simples Rodagem Simples
ETD	Eixo Tandem Duplo
ETT	Eixo Tandem Triplo
FC	Fator de Carga
FE	Fator de Eixo
FR	Fator Climático Regional
FV	Fator de Veículo
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
MeDiNa	Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos
MG	Minas Gerais
N	Número de Repetições do Eixo Padrão de 8,2 tf
P	Período de Projeto

PBT	Peso Bruto Total
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
PPV	Posto de Pesagem Veicular
RS	Rio Grande do Sul
SNT	Sistema Nacional de Trânsito
SP	São Paulo
USACE	United States Army Corps of Engineers
VMD	Volume Médio Diário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA	16
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	16
1.3 PROBLEMA	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo geral	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 JUSTIFICATIVA	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 RODOVIAS BRASILEIRAS E O EXCESSO DE CARGA DE VEÍCULOS COMERCIAIS.....	19
2.2 LEGISLAÇÃO E LIMITES DE PESO	21
2.2.1 CONTRAN	26
2.2.2 DNIT	27
2.2.2.1 Plano Nacional de Contagem de Tráfego.....	27
2.2.3 ANTT	28
2.2.3.1 Fiscalização das cargas: Postos de Pesagens de Veículos (PPVs)	28
2.3 PAVIMENTOS.....	30
2.3.1 Pavimento flexível	30
2.3.1.1 Desempenho e vida útil dos pavimentos	32
2.3.2 Mecanismos de deterioração dos pavimentos	33
2.3.2.1 Danificação por fadiga.....	34
2.3.2.2 Deformação plástica – afundamento	36
2.4 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	38
2.4.1 Estudo de tráfego	39
2.4.1.1 Classificação de veículos	40
2.4.1.2 Tráfego e número equivalente.....	41
2.4.2 Método de dimensionamento do DNER	42
2.4.3 Método de dimensionamento mecanístico empírico: MeDiNa	47
2.4.3.1 Iniciando um projeto no <i>software</i> MeDiNa.....	48
2.4.3.2 Materiais asfálticos no <i>software</i> MeDiNa.....	49
2.4.3.3 Base de dados de materiais no <i>software</i> MeDiNa.....	50

2.4.3.4	Informações do tráfego no <i>software</i> MeDiNa	50
2.4.3.5	Inserção do fator de veículo no <i>software</i> MeDiNa	51
2.4.3.6	Critérios de confiabilidade conforme o tipo de via no <i>software</i> MeDiNa	52
3	METODOLOGIA	54
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	54
3.2	COLETA DE DADOS	55
3.2.1	Contextualização	55
3.2.2	Classificação das vias	58
3.2.3	Dados de tráfego	59
3.3	ANÁLISE DE DADOS.....	65
3.3.1	Materiais	66
3.3.2	Dados de tráfego no MeDiNa.....	68
3.3.3	Dimensionamento e avaliação das estruturas no <i>software</i> MeDiNa	69
3.3.4	Verificação das estruturas com sobrecarga no <i>software</i> MeDiNa	69
4	RESULTADOS.....	71
4.1	NÚMERO N.....	71
4.2	DIMENSIONAMENTOS DAS ESTRUTURAS.....	78
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
4.4.1	Verificação das estruturas com sobrecargas	84
4.4.1.1	Análise do <i>cenário</i> 2: sobrecarga de 5%	84
4.4.1.2	Análise do <i>cenário</i> 3: sobrecarga de 12,5%	86
4.4.1.3	Análise do <i>cenário</i> 4: com sobrecarga de 20%	87
4.4.1.4	Análise do <i>cenário</i> 5: sobrecarga de 30%	88
4.4.2	Avaliação dos danos e redução da vida útil em relação aos cenários de cargas analisados	90
4.4.2.1	Desempenho de deformações permanentes.....	90
4.4.2.2	Desempenho de trincamentos por fadiga.....	91
4.4.3.3	Redução da vida útil em relação aos cenários de cargas analisados	94
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
5.1	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	101
	REFERÊNCIAS.....	102
	APÊNDICE A –	104

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o modal de maior importância para transporte de bens e de pessoas no Brasil, perpassa praticamente todas as atividades econômicas e atua de forma preponderante no transporte de longas distâncias. O aumento expressivo da frota de veículos de transporte, nos últimos anos, conforme divulgado pela pesquisa CNT (2022), gera maior demanda sobre a infraestrutura rodoviária existente, intensificando o surgimento de problemas relacionados à durabilidade das rodovias pavimentadas.

É comum encontrar nas rodovias trechos em processo de degradação, com desempenho comprometido, antes mesmo de atingir o tempo de vida útil projetado. Segundo Balbo (2007), além de outros motivos, o autor destaca que a durabilidade dos pavimentos é afetada significativamente pela intensa circulação de veículos e pelo excesso de carga sobre eles. Acrescenta-se a essas consequências o ineficiente controle das cargas devido à carência de postos de pesagem, associada às fugas e desvios dos postos de fiscalização existentes, e a flexibilização da legislação quanto ao sobrepeso admitido legalmente no Brasil.

O pavimento, do ponto de vista estrutural e funcional, deve atender os requisitos de conforto, segurança, economia e boas condições de rolamento, sendo tecnicamente uma estrutura composta por camadas de diferentes materiais, projetada e construída com a finalidade de resistir aos esforços solicitantes originados pelo tráfego de veículos e pelo intemperismo (BERNUCCI, 2008).

O dimensionamento adequado dos pavimentos flexíveis tem sido assunto amplamente discutido no ambiente acadêmico e por engenheiros rodoviários, visto que as estruturas projetadas devem ser capazes de resistir ao grande número de repetições das cargas dos eixos dos veículos, sem apresentar trincamento da camada de revestimento por fadiga e limitar ao mínimo os efeitos do afundamento de trilha de roda dentro do período de vida útil estipulado para o projeto, de forma que o dano acumulado não comprometa as condições de serventia (FONTENELE, 2012).

O método tradicional de dimensionamento de pavimentos flexíveis utilizado no Brasil, baseado em métodos empíricos, foi desenvolvido a partir de técnicas e conceitos de 1960 e apresenta limitações referentes à avaliação do comportamento das estruturas diante das solicitações às quais serão submetidas. Diante da necessidade de se obter uma abordagem mais realista sobre a capacidade de

resistência dos pavimentos às solicitações de tráfego, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) apresentou uma nova proposta de método de dimensionamento de pavimentos asfálticos, o Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa), desenvolvido entre 2015 e 2018, que propõe o conhecimento detalhado sobre os materiais utilizados e a análise das tensões e deformações nas camadas que compõem o pavimento.

Considerando o cenário mencionado, tendo em vista que muitos dos veículos de transporte de carga trafegam com carga acima do limite admitido pela legislação, e que essa prática acarreta inúmeros prejuízos, este estudo tem como objetivo investigar o impacto de diferentes níveis de tráfego e distintos percentuais de sobrepeso na vida útil projetada do pavimento flexível, bem como na durabilidade da estrutura, utilizando o método MeDiNa.

1.1 TEMA

O presente trabalho de pesquisa concentra-se na área de infraestrutura de transportes, na modalidade rodoviária. Atuando de forma expressiva e relevante para o desenvolvimento das atividades econômicas, conforme levantamento realizado pela Pesquisa Rodoviária CNT (2022), a matriz de transporte representa cerca de 65% da movimentação de mercadorias e de 95% da de passageiros no Brasil.

O tema foi definido, portanto, tendo em vista a importância da função das rodovias brasileiras em relação ao cenário econômico nacional, e os desafios que o setor de infraestrutura de transportes enfrenta diante da constante demanda de melhorias, investimentos e manutenções em infraestrutura rodoviária, visto que estes ocorrem em descompasso ao crescimento do número de veículos de tráfego comercial.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A presente pesquisa busca avaliar o impacto do tráfego de veículos rodoviários de carga com sobrepeso na vida útil dos pavimentos flexíveis, delimitando-se aos seguintes aspectos:

- a) avaliação dos dados de pontos de contagem de veículos correspondente a 8 volumes de tráfego distintos, com dados de pontos de contagem de veículos reais para caracterização de tráfego, fornecidos pelo Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT);
- b) dimensionamento e análise pelo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa);
- c) utilização de materiais padronizados no *software* MeDiNa para composição da estrutura do pavimento;
- d) a taxa de crescimento anual de tráfego considerada no dimensionamento é de 3%.

1.3 PROBLEMA

O problema abordado por esta pesquisa é a influência da trafegabilidade dos veículos de transporte de cargas na durabilidade e vida útil das rodovias. Uma questão recorrente é que muitos desses veículos comerciais excedem os limites legais de carga estabelecidos pelas regulamentações, submetendo o pavimento a solicitações para as quais não foi dimensionado. Esse cenário impacta negativamente a eficiência e sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo do presente Trabalho de Conclusão de Curso é analisar o impacto da sobrecarga na estimativa da vida útil dos pavimentos flexíveis, gerado pela circulação de veículos de carga que trafegam com a tolerância de peso por eixo permitida por lei e com peso excedente ao limite legal.

1.4.2 Objetivos específicos

Para estruturar e embasar o desenvolvimento da pesquisa, são apresentados a seguir os objetivos específicos para que o propósito principal seja alcançado:

- a) dimensionar pavimentos pelo método MeDiNa para oito volumes de tráfego diferentes;
- b) avaliar a estrutura dos pavimentos flexíveis pelo método MeDiNa considerando tráfego com peso legalmente permitido e com sobrepeso;
- c) realizar estudo comparativo sobre a influência do tráfego (número N) de veículos de transportes de cargas na estimativa de vida útil das rodovias de pavimentos flexíveis.

1.5 JUSTIFICATIVA

A dinâmica de crescimento econômico e a variação das cargas transportadas é um dos fatores que impactam na dificuldade de quantificar os fatores preponderantes ao dimensionamento dos pavimentos com precisão, com o objetivo de garantir a previsão de fluxo e desempenho adequado, para determinado período chamado de “vida útil”. Somado às incertezas existentes, o transporte de cargas proporciona a aceleração do processo de degradação das infraestruturas, ocasionado pelo elevado tráfego e ausência de fiscalização adequada dos pesos transportados.

A legislação brasileira apresenta os principais tipos de eixos e prevê os pesos máximos permitidos por eixo; contudo, a lei também estabelece valores de tolerância admitidos na fiscalização dos pesos dos veículos. A resolução do CONTRAN determina que tais tolerâncias não devem ser incorporadas aos limites regulamentados e, portanto, o valor máximo que pode ser utilizado pelo projetista no momento de dimensionamento do pavimento é o limite estabelecido por lei (CNT, 2017.)

Diversas pesquisas ressaltam que a existência de uma infraestrutura de transporte rodoviário qualificado e adequado às demandas é fundamental para o desenvolvimento do país, pois promove a produtividade e competitividade para o setor de transporte, outros setores produtivos e impulsiona o crescimento socioeconômico. No entanto, o cenário mais comum é de rodovias brasileiras com pavimentos em estados regulares ou ruins.

A motivação para realização da presente pesquisa se dá pela relevância que a qualidade dos pavimentos flexíveis das rodovias representa, e o quanto o tráfego com sobrepeso, em diferentes níveis de repetição, impactam no desempenho e durabilidade da infraestrutura rodoviária.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

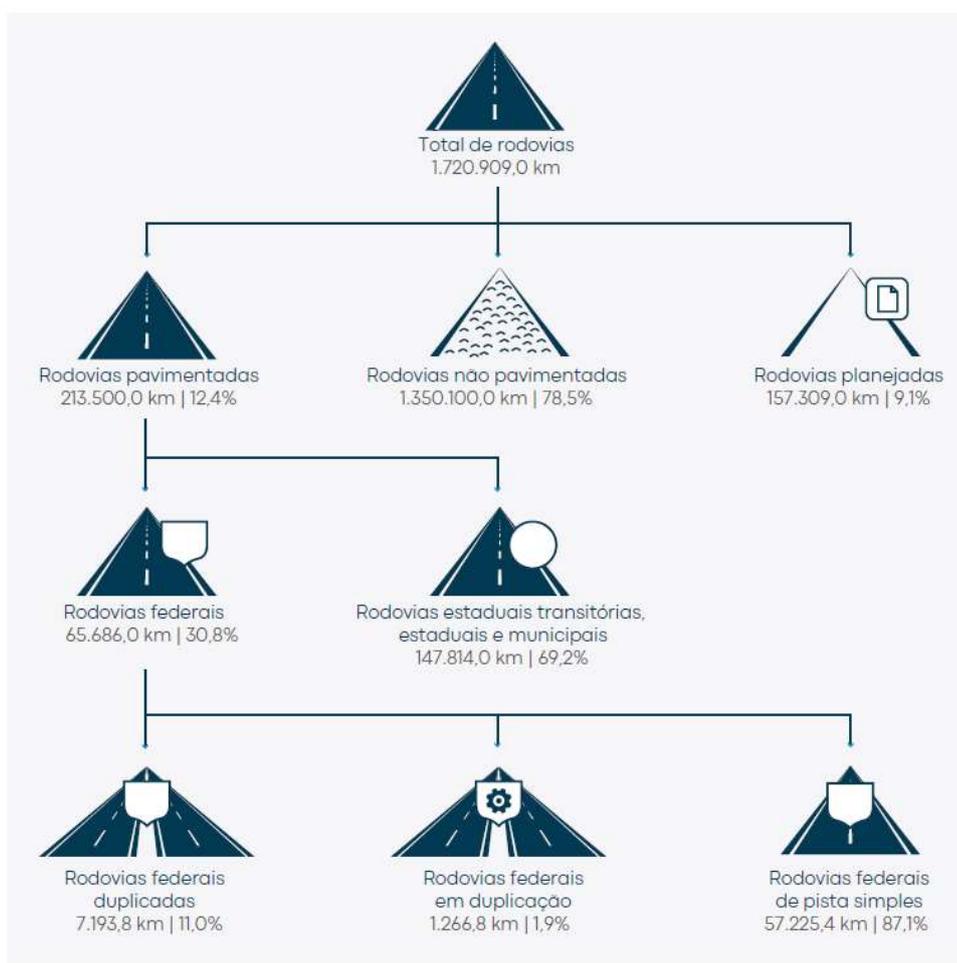
Neste capítulo é apresentada a revisão de literatura referente ao tema da pesquisa. Será abordado com ênfase sobre os conceitos, as funções, constituição e dimensionamento dos pavimentos flexíveis. Apresentam-se também os mecanismos de deterioração dos pavimentos, bem como aspectos legais e problemas causados pelo sobrepeso dos veículos de carga.

2.1 RODOVIAS BRASILEIRAS E O EXCESSO DE CARGA DE VEÍCULOS COMERCIAIS

O Brasil utiliza o transporte rodoviário para maior parte dos transportes de cargas e passageiros em todo país. De acordo com dados divulgados pela Pesquisa Rodoviária CNT (2022), houve um acréscimo expressivo de 58% da frota de veículos de cargas no país entre 2011 e 2021. Importante destacar que esse percentual não reflete diretamente a quantidade absoluta de veículos em circulação, mas sim é um indicativo do crescimento da frota e possui impacto em múltiplos aspectos do setor de transportes. É necessário enfatizar que esse indicador percentual representa a tendência de crescimento do número de veículos no cenário nacional e reflete as implicações que esse aumento pode causar em termos de demanda por infraestrutura rodoviária, congestionamento do tráfego, questões ambientais, consumo de combustível e segurança viária.

De acordo com a CNT (2021), a capacidade de transporte das rodovias, comparada à demanda dos deslocamentos de longa distância, intensificam a solicitação exercida sobre a infraestrutura existente e a necessidade de elevados investimentos para manutenção, adequação e construção para ampliação da malha rodoviária. No entanto, a CNT (2022) expõe que os investimentos na infraestrutura rodoviária não têm acompanhado um ritmo adequado para atender às necessidades crescentes de transporte de cargas e de passageiros, corroborando para deterioração das rodovias existentes, de forma que em algumas regiões não atendam adequadamente ao tráfego.

Figura 1 – Malha rodoviária brasileira



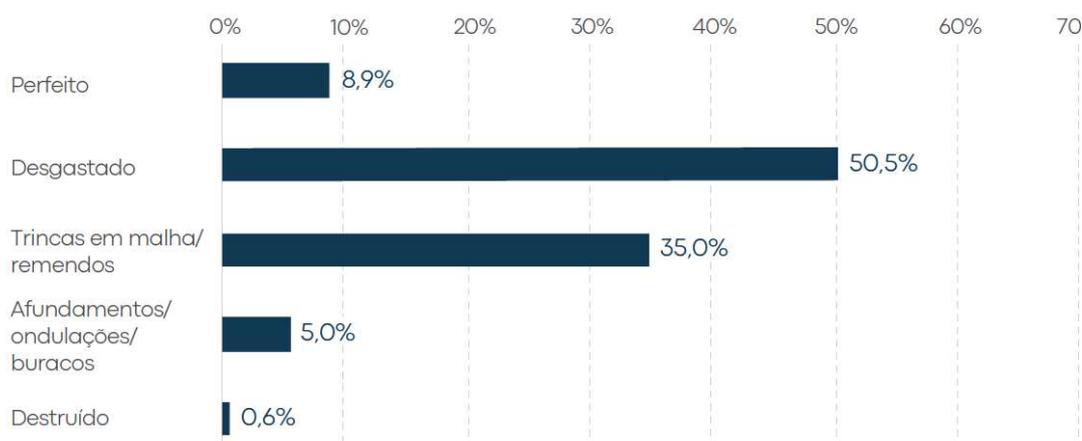
Fonte: CNT (2022).

De acordo com pesquisa da CNT (2022), o percentual de trechos pavimentados mostra-se relativamente baixo em proporção à área total de pavimentos. Conforme ilustra a Figura 1, a malha rodoviária brasileira possui um total de 1.720.909 quilômetros de extensão e, somente 12,4% são pavimentadas, e 87,10% são rodovias federais de pista simples, as quais impactam diretamente no desenvolvimento do setor de transporte.

A CNT (2022) realizou avaliação em 110.332 quilômetros de extensão de rodovias brasileiras e constatou que, desse total, apenas uma pequena parcela, equivalente a 8,9% (9.770 quilômetros) estão em perfeitas condições de trafegabilidade. Foram observados sinais de desgaste em cerca de 50,5% e o principal defeito apresentado foi o de trincas e/ou remendos, presente em 35%, cerca de 38.618 quilômetros de extensão, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Condição da superfície do pavimento

Condição da superfície do pavimento



Fonte: CNT (2022)

De acordo com um estudo realizado por Albano (2005), foi observado que o excesso de carga é uma das principais razões para a deterioração dos pavimentos. A realização de testes em um simulador de tráfego permitiu ao autor concluir que um excesso de carga de 20% por eixo poderia resultar em uma redução de 48% na vida útil do pavimento.

Além dos impactos negativos na deterioração do pavimento, é fundamental ressaltar que as consequências do transporte com excesso de peso vão muito além, afetando diretamente as preocupações crescentes com a sustentabilidade ambiental. A CNT (2022) destaca que o estado de conservação inadequado das rodovias resulta em um aumento significativo na emissão de gases poluentes, provocada pelo maior consumo de combustível, estimada em um aumento de 2,0% de diesel para veículos de carga. As deficiências superficiais no pavimento contribuem também para a danificação dos componentes mecânicos dos veículos, demandando mais manutenções e mais trocas de peças, influenciando no nível de serviço e segurança viária e prejudicando a saúde dos condutores.

2.2 LEGISLAÇÃO E LIMITES DE PESO

Sancionou-se, em 23 de setembro de 1997, a Lei nº 9.503 (BRASIL, 1997), que institui o Código de Trânsito Brasileiro, e conforme Art. 1º, rege o trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres do território nacional. A referida Lei, em seu artigo 5º,

criou o Sistema Nacional de Trânsito (SNT), caracterizado como um conjunto de órgãos e entidades de trânsito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. A proposição desse conjunto de órgãos é atuar de forma consultiva, normativa ou executiva, conforme a competência atribuída. O Art. 6º cita os objetivos básicos do SNT, sendo eles:

Art. 6º São objetivos básicos do Sistema Nacional de Trânsito:

I - estabelecer diretrizes da Política Nacional de Trânsito, com vistas à segurança, à fluidez, ao conforto, à defesa ambiental e à educação para o trânsito, e fiscalizar seu cumprimento;

II - fixar, mediante normas e procedimentos, a padronização de critérios técnicos, financeiros e administrativos para a execução das atividades de trânsito;

III - estabelecer a sistemática de fluxos permanentes de informações entre os seus diversos órgãos e entidades, a fim de facilitar o processo decisório e a integração do Sistema. (BRASIL, 1997).

São relevantes e vigentes, referente ao transporte de carga no Brasil, os seguintes artigos da Lei nº 9.503 (BRASIL, 1997):

Art. 97. As características dos veículos, suas especificações básicas, configuração e condições essenciais para registro, licenciamento e circulação serão estabelecidas pelo CONTRAN, em função de suas aplicações.”

Art. 99. Somente poderá transitar pelas vias terrestres o veículo cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo CONTRAN.

§ 1º O excesso de peso será aferido por equipamento de pesagem ou pela verificação de documento fiscal, na forma estabelecida pelo CONTRAN.

§ 2º Será tolerado um percentual sobre os limites de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículos à superfície das vias, quando aferido por equipamento, na forma estabelecida pelo CONTRAN.

§ 3º Os equipamentos fixos ou móveis utilizados na pesagem de veículos serão aferidos de acordo com a metodologia e na periodicidade estabelecidas pelo CONTRAN, ouvido o órgão ou entidade de metrologia legal.

§ 4º Somente poderá haver autuação, por ocasião da pesagem do veículo, quando o veículo ou a combinação de veículos ultrapassar os limites de peso fixados, acrescidos da respectiva tolerância.

§ 5º O fabricante fará constar em lugar visível da estrutura do veículo e no Renavam o limite técnico de peso por eixo, na forma definida pelo Contran.

Art. 100. Nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com lotação de passageiros, com peso bruto total, ou com peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora.

Art. 101. Ao veículo ou à combinação de veículos utilizados no transporte de carga que não se enquadre nos limites de peso e dimensões estabelecidos pelo Contran, poderá ser concedida, pela autoridade com circunscrição sobre a via, autorização especial de trânsito, com prazo certo, válida para cada viagem ou por período, atendidas as medidas de segurança consideradas necessárias, conforme regulamentação do Contran.

O art. 101 do CTB acima estabelece sobre a necessidade de circulação com Autorização Especial de Trânsito (AET) para veículos, destinado ao transporte de cargas indivisíveis, que não se enquadrem nos limites de peso e dimensões estabelecidos pelo CONTRAN. A autorização é emitida pelo DNIT, válida para cada viagem, conforme especificação das características do veículo, da carga, data e horário do deslocamento (ANTT, 2017).

O Artigo 231 da Lei nº 9.503/1997 estabelece infração de trânsito caracterizada como média para o tráfego de veículos com cargas superiores aos limites estabelecidos legalmente, sem autorização. A infração é penalizada através de quatro pontos na carteira de habilitação e multa inicial de R\$130,16. A multa é acrescida, conforme as taxas da Tabela 1, a cada duzentos quilogramas de excesso de peso, conforme o peso apurado ultrapassado do permitido.

Tabela 1 – Valor da multa aplicada para o excesso de peso

Peso apurado em excesso	Multa a cada 200 kg
Até 600 kg	R\$ 5,32
Entre 601 kg e 800 kg	R\$ 10,64
Entre 801 kg e 1.000 kg	R\$ 21,28
Entre 1.001 kg e 3.000 kg	R\$ 31,92
Entre 3.001 kg e 5.000 kg	R\$ 42,56
Acima de 5.001 kg	R\$ 53,20

Fonte: Adaptada de Brasil (1997).

Quanto às tolerâncias aplicadas na fiscalização do excesso de peso dos veículos, vigora a Lei nº 14.229, sancionada em 21 de outubro de 2021 (BRASIL, 2021), que altera a Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985 e a Lei nº 10.209, de 23 de março de 2001, conforme trecho a seguir:

Art. 1º Fica permitida, na pesagem de veículos de transporte de carga e de passageiros, a tolerância máxima de:

I - 5% (cinco por cento) sobre os limites de peso bruto total ou peso bruto total combinado;

II - 12,5% (doze inteiros e cinco décimos por cento) sobre os limites de peso bruto transmitido por eixo de veículos à superfície das vias públicas.

§ 1º Os veículos ou a combinação de veículos com peso bruto total regulamentar igual ou inferior a 50 t (cinquenta toneladas) deverão ser fiscalizados apenas quanto aos limites de peso bruto total ou peso bruto total combinado, exceto em casos específicos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran).

§ 2º Os veículos ou a combinação de veículos de que trata o § 1º deste artigo que ultrapassarem a tolerância máxima sobre o limite do peso bruto total ou do peso bruto total combinado também serão fiscalizados quanto ao excesso de peso por eixo, aplicando-se as penalidades cumulativamente, respeitadas as tolerâncias máximas previstas nos incisos I e II do caput deste artigo.

§ 3º Para fins de fiscalização de peso de veículo que transporte produtos classificados como biodiesel (B100), por meio de balança rodoviária ou de nota fiscal, é admitida a tolerância de 7,5% (sete inteiros e cinco décimos por cento) no peso bruto total ou no peso bruto total combinado para todos os veículos não adaptados para esse tipo de transporte, até seu sucateamento, na forma definida pelo Contran.

§ 4º O Contran regulamentará o disposto no caput e no § 1º deste artigo, sem prejuízo da aplicação imediata das disposições deste artigo.

§ 5º A regulamentação prevista no § 4º deste artigo deverá considerar a diversidade da frota do transporte rodoviário de cargas em operação e contemplar os casos de dimensão de tolerância e de isenção na pesagem por eixo. (BRASIL, 2021).

A seguir, são apresentadas as representações esquemáticas, conforme a Lei nº14.229 de 21 de outubro de 2021, sobre a distribuição de peso por eixo ou conjunto de eixos.

Figura 3 – Eixo Dianteiro Simples (DS)



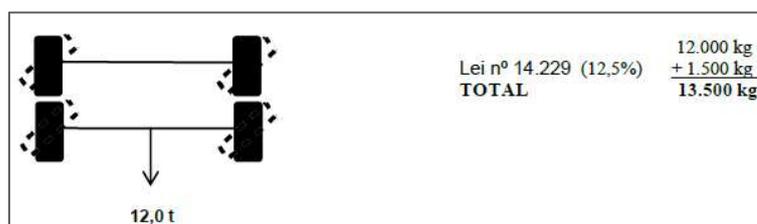
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 4 – Eixo Traseiro Simples (TS)



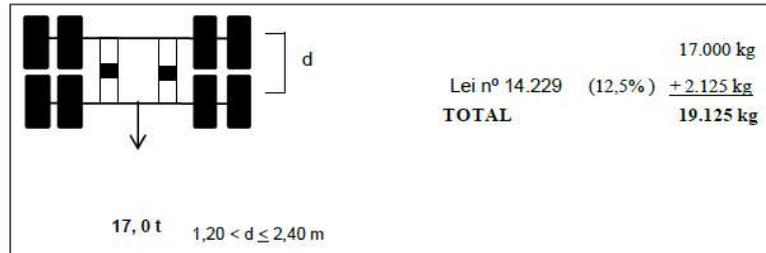
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 5 – Eixo Traseiro Duplo (TD)



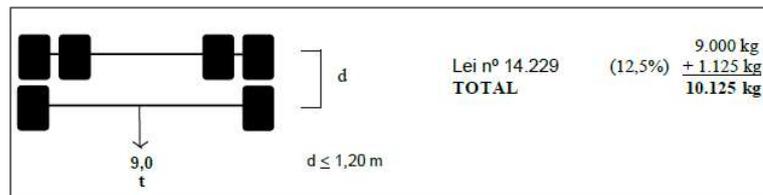
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 6 – Eixo Traseiro Duplo (TD)



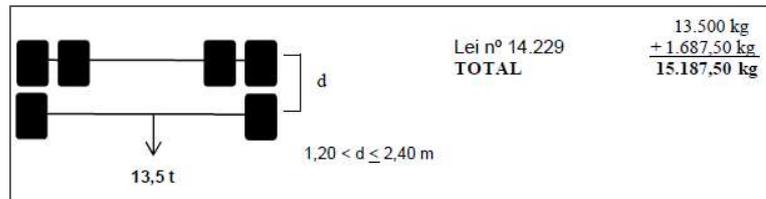
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 7 – Eixo Traseiro Misto (TM): distância entre eixos de até 1,20m



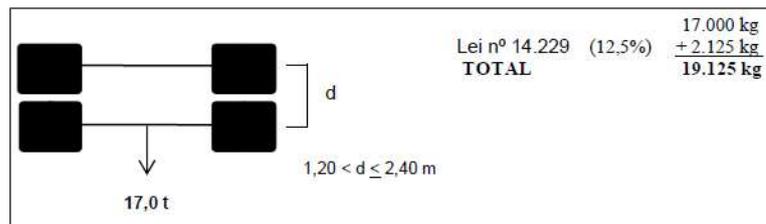
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 8 – Eixo Traseiro Misto (TM): distância entre eixos de 1,20m a 2,40m



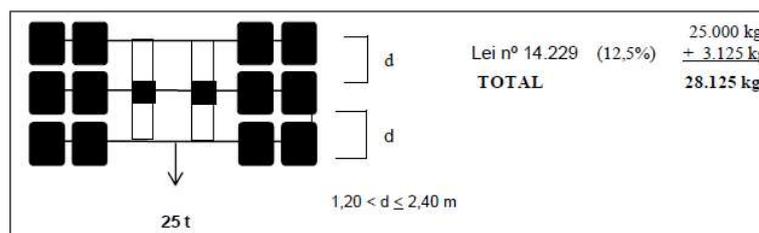
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 9 – Eixo Traseiro duplo (TD)



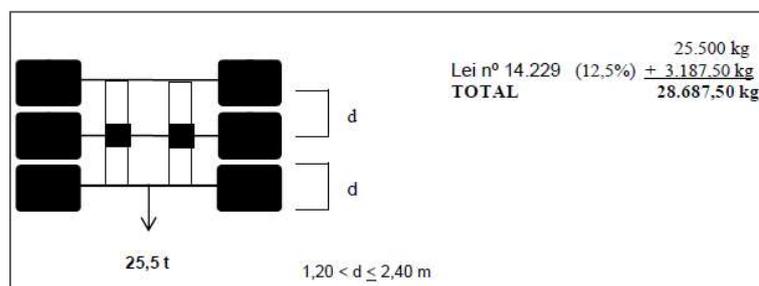
Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 10 – Eixo Traseiro Triplo (TT): com quatro pneumáticos por eixo



Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Figura 11 – Eixo Traseiro Triplo (TT): com 2 pneumáticos extralargos por eixo



Fonte: Quadro de fabricantes de veículos (DNIT, 2021).

Os principais órgãos e entidades que compõem o SNT referidos na Lei nº 9.503 (BRASIL, 1997), cujas competências atuam e interferem diretamente nos aspectos abordados nesta pesquisa, são o CONTRAN, o DNIT e a ANTT.

2.2.1 CONTRAN

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) coordena todos os demais órgãos do Sistema Nacional de Trânsito (SNT) e é responsável por estabelecer normas regulamentares para leis de trânsito e elaborar diretrizes da Política Nacional de Trânsito. Conforme a Lei nº 9.503 (BRASIL, 1997), o CONTRAN atua como órgão máximo normativo e consultivo e entre as competências que lhe conferem, está a limitação de pesos e dimensões para veículos que transitam por rodovias.

As resoluções CONTRAN vigentes de maior interesse ao transporte rodoviário de cargas são listadas a seguir:

- a) Resolução nº 882, de 13 de dezembro de 2021. Estabelece os limites de pesos e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres,

referenda a Deliberação CONTRAN nº 246, de 25 de novembro de 2021, e dá outras providências;

- b) Deliberação nº 250, de 31 de dezembro de 2021. Altera a resolução CONTRAN nº 882, de 13 de dezembro de 2021, que estabelece os limites de pesos e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres;
- c) Resolução nº 899, de 9 de março de 2022. Referenda a Deliberação CONTRAN nº 250, de 31 de dezembro de 2021, que altera a Resolução CONTRAN nº 882, de 13 de dezembro de 2021, que estabelece os limites de pesos e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres, e dá outras providências;
- d) Resolução nº 108 de 21 de dezembro de 1999. Dispõe sobre a responsabilidade pelo pagamento de multas.

2.2.2 DNIT

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) foi criado pela Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001 (BRASIL, 2001), em que se extinguiu o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

O órgão é uma autarquia federal, cuja função é gerir e implementar a política de infraestrutura de transportes do território nacional. A operação, manutenção, restauração, ampliação e adequação da capacidade das vias estão entre as funções fundamentais exercidas pelo DNIT, conforme diretrizes estabelecidas pela legislação.

2.2.2.1 Plano Nacional de Contagem de Tráfego

O Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) foi implantado para se obter informações sobre os aspectos operacionais de tráfego nos trechos de maior representatividade da malha rodoviária brasileira. A primeira tentativa de implementação ocorreu em 1975, no ano de 1997 apresentava cerca de 285 postos permanentes para monitoramento de tráfego, já entre 1999 e 2001, sob jurisdição do DNIT, os postos já coletavam também dados referente ao volume de tráfego, às velocidades e às cargas por eixo para os veículos de carga e de transporte coletivo. Contudo, em 2001, o PNCT foi paralisado por contingenciamento de despesas governamentais e retomado no ano de 2013, a partir da contratação de serviços de

contagem de tráfego em pontos específicos da malha rodoviária federal e através de contribuição técnica do Exército Brasileiro.

Segundo o DNIT, os resultados obtidos servem de subsídios para definição das políticas de construção, manutenção, planejamento e administração de rodovias, de forma mais adequada e eficiente.

A presente pesquisa utilizou as informações de contagens de tráfego disponibilizadas no portal do PNCT para o desenvolvimento do estudo apresentado.

2.2.3 ANTT

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) é uma entidade integrante da administração federal indireta, vinculada ao Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Foi criada pela Lei 10.233, de 5 de junho de 2001, e a partir de novembro de 2002, a Lei 10.561, realizou alteração no Art. 24 dessa Lei, atribuído para a ANTT a função de fiscalização do excesso de peso, dimensões e lotação dos veículos, nas rodovias federais (ANTT, 2018).

Resumidamente, conforme regulamentado pelo DENATRAN, a ANTT também poderá fiscalizar, autuar, aplicar as penalidades e medidas administrativas cabíveis, para as infrações referentes a evasão de pesagem, ausência de inscrição da tara e retirada do veículo legalmente retido para regularização (ANTT, 2018).

2.2.3.1 Fiscalização das cargas: Postos de Pesagens de Veículos (PPVs)

Os Postos de Pesagem Veicular (PPVs) são locais destinados à execução das fiscalizações de peso, dimensões e lotação dos veículos, mediante o uso de sistemas fixos e portáteis, com o propósito de preservar a integridade da infraestrutura e aspectos de segurança, conforto e durabilidade das rodovias federais pavimentadas.

De acordo com a ANTT (2017), existem dois tipos de balança: a estática e a dinâmica.

Na pesagem com balança estática, o veículo fica parado sobre a balança, que realiza a averiguação do PBT/PBTC. Esse sistema é caracterizado por baixo nível de eficácia na fiscalização por exigir tempo e participação humana, com dificuldade em operar em rodovias de bastante tráfego e autoestradas.

O PPVs chamados de fixos operam com equipamentos de pesagem instalados permanentemente no pavimento, enquanto os móveis operam com equipamentos portáteis. Os Postos de Pesagem Móveis, por coletarem eventuais amostragens, não conseguem evitar de forma incisiva a prática de excesso de peso. Os postos fixos têm maior eficácia, mas o transportador utiliza de alguns artifícios para evitar a autuação pela fiscalização (PRIME, 2015), como a suspensão de eixos durante a pesagem, passagem dos pneus de forma incorreta, de modo que as células de carga não identifiquem de forma correta o peso e a retirada de pressão dos pneus (ANTT, 2018).

A balança dinâmica permite a verificação do peso do veículo em movimento, utilizado nas rodovias. Constitui-se de um sistema integrado de placas de pesagem, dispositivos luminosos e programas computacionais capazes de realizar o tratamento de dados.

A ANTT (2017) diz que nos atuais PPVs são utilizados tanto o sistema *Weight-In-Motion (WIM)*, em que no procedimento de pesagem, primeiramente ocorre uma pré-seleção de veículos em uma pista seletiva com velocidade de até 60 km/h, caso haja excesso, o potencial infrator é desviado para a pista de precisão, com velocidade de até 12 km/h, utilizando o sistema WIM de alto desempenho. Nesses Postos, a operação depende da presença física de um agente de trânsito que aplica as medidas administrativas e realiza o preenchimento dos autos de infração.

A qualidade da aquisição de dados que possibilitem a definição do tráfego de cargas é essencial para o dimensionamento dos pavimentos; contudo, no Brasil, há poucos Postos de Pesagem efetivos em operação, de modo que a operação seja ineficiente para evitar a prática do transporte com sobrepeso. Por consequência, os dados e informações sobre os excessos de carga praticados são insuficientes.

Em artigo divulgado pela ANPET, de Vallejo *et al.* (2022), foram analisados os dados coletados das pesagens de caminhões realizados durante 6 anos em rodovia de tráfego elevado, com o objetivo de comparar os impactos do aumento histórico das tolerâncias na “Lei da Balança” na vida útil dos pavimentos. O estudo identificou que os aumentos históricos de tolerância de 5% para 7,5%, 10% e mais recentemente para 12,5%, contribuíram para que o usuário possa transportar mais carga, incorporando a tolerância na carga máxima legal, e não para compensar erros dos equipamentos de pesagem, motivo primordial do surgimento das regulamentações. Vallejo *et al.* (2022) concluíram que eixos com sobrecarga causam danos maiores do que os previstos durante a fase de dimensionamento. Segundo a pesquisa, os danos

estão relacionados de forma exponencial com as cargas impostas na estrutura e prejudicam o desempenho de forma precoce.

2.3 PAVIMENTOS

Ressalta-se que a pavimentação de modo geral tem como objetivo proporcionar aos usuários um tráfego com conforto e segurança, de forma que a estrutura suporte os esforços oriundos das cargas e das ações externas, além de exigir bom desempenho dos materiais aplicados de modo que não haja surgimentos de danos aparentes precocemente (BALBO, 2007).

Sob aspecto técnico, os materiais que constituem a estrutura exercem a distribuição das cargas recebidas, e devem ser solicitados a tensões resultantes abaixo das tensões admissíveis (PINTO; PREUSSELER, 2002).

Os pavimentos utilizados no Brasil são classificados em rígido, flexível e semirrígido. Contudo, a presente pesquisa limitou-se ao estudo dos pavimentos flexíveis, caracterizados pela utilização de revestimento de concreto asfáltico, amplamente utilizado nas principais rodovias.

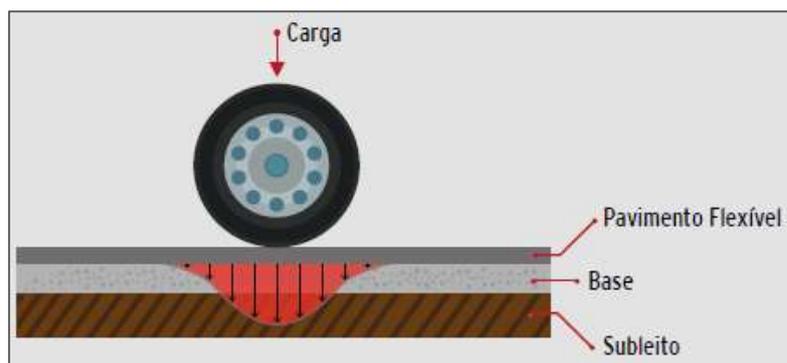
2.3.1 Pavimento flexível

Balbo (2007) define que a estrutura de um pavimento é constituída de camadas sobrepostas dimensionadas adequadamente, compostas por diferentes materiais compactados, com funções específicas, de forma que atendam a demanda de tráfego ao mínimo custo possível.

Quanto à definição estrutural, o pavimento é classificado como flexível quando a distribuição dos esforços ocorre de forma similar entre as camadas inferiores, conforme representa a Figura 12, estas sofrem deformação elástica quando submetidas as tensões verticais, que geralmente ocorrem próxima a área de aplicação da carga (DNIT, 2006).

A distribuição equivalente dos esforços nas camadas é proporcionada pela formação da estrutura, composta com camadas de base e sub-base granulares ou estabilizadas (com aditivos) e revestimentos flexíveis, betuminosos ou por calçamento (CNT, 2017).

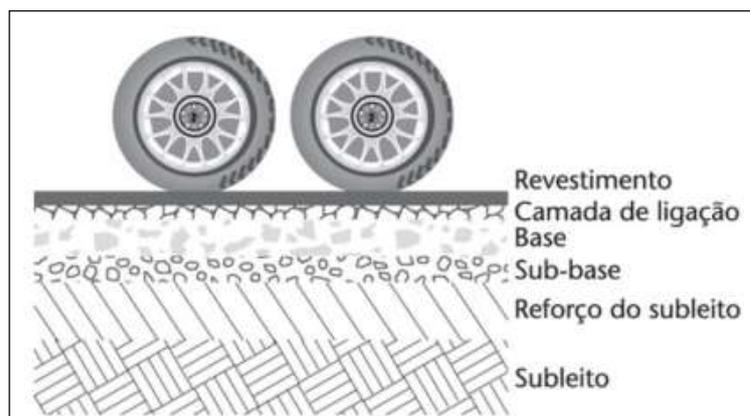
Figura 12 – Deformação elástica pela carga no pavimento flexível



Fonte: CNT (2016).

O sistema de camadas sobrepostas que constituem tipicamente o pavimento, com o objetivo de proteger o subleito dos esforços produzidos pelo tráfego, é composto por: revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito, como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Sistema de camadas de um pavimento flexível



Fonte: Balbo (2007, p. 36).

O Manual de pavimentação do DNIT (2006) define as camadas do pavimento da seguinte forma:

- a) revestimento: é a camada que recebe diretamente os esforços gerados pelo tráfego, responsável por oferecer resistência ao desgaste, e destinada a melhorar a camada de rolamento quanto aos aspectos relacionados à segurança e conforto do usuário;
- b) camada de ligação: é uma camada do pavimento em mistura asfáltica, designada de *binder*, entre a camada do rolamento e a base do pavimento;

- c) base: tem como função principal resistir e distribuir a pressão causada pelo tráfego as camadas subjacentes;
- d) sub-base: é prevista quando não for aconselhável perante os aspectos técnico-econômicos construir a base diretamente sobre a regularização. Possui a mesma função estrutural da base, sendo complementar a ela;
- e) reforço de subleito: não é obrigatório, mas é utilizado para aumentar a resistência muito baixa do subleito, e feito com materiais de resistências inferiores as camadas de base e sub-base e, geralmente, com menor custo;
- f) subleito: é o solo de fundação das camadas do pavimento.

2.3.1.1 Desempenho e vida útil dos pavimentos

O conceito de desempenho e vida útil dos pavimentos é um aspecto bastante importante no dimensionamento dos pavimentos, visto que para definir um dimensionamento é necessário determinar os objetivos que serão considerados em projeto (MOTTA, 1991). Em outras palavras, para um dimensionamento eficiente da estrutura do pavimento devem ser previstos os limites de deformação permanente e de trincamento detectáveis à superfície, que poderão ser resultantes de várias causas, de modo que os materiais utilizados sejam compatíveis em espessura e resistência elástica para o tráfego previsto e/ou período de projeto considerado.

Conforme explica Gonçalves (1999), os indicadores utilizados para quantificar o desempenho de um pavimento são diversos, variando desde aqueles que caracterizam a condição funcional até aqueles que simplesmente efetuam o registro das anomalias da superfície ou das deformações plásticas, e aqueles que avaliam o desempenho estrutural, considerando o módulo de elasticidade efetivo causado pelo tráfego acumulado em uma ou mais camadas. O autor cita como principais mecanismos de deterioração dos pavimentos flexíveis:

- a) a formação e o crescimento de trincas nas camadas asfálticas dos revestimentos, decorrentes da fadiga provocada pela repetição das cargas de tráfego;
- b) acúmulo de deformações plásticas em decorrência da repetição de cargas do tráfego, caracterizadas pela geração de afundamentos em trilhos de roda ou ondulações na superfície;

- c) aceleração da deterioração provocada pela infiltração de águas pluviais através das trincas existentes no revestimento, que podem causar processo de erosão e aumento da geração de deformações plásticas, no caso de ausência de um subleito drenante;
- d) envelhecimento do ligante betuminoso por oxidação, que torna a mistura asfáltica frágil e com tendência ao trincamento e arrancamento de agregados;
- e) desgaste com exposição de agregados e perda da textura característica da superfície em virtude da abrasão causada pelo tráfego de veículos e intemperismo.

2.3.2 Mecanismos de deterioração dos pavimentos

Várias pesquisas apontam as solicitações do pavimento ao tráfego e às intempéries como causas da piora gradual do desempenho e propriedades dos materiais que compõem o pavimento, e assim reduzem os níveis de qualidade quanto ao rolamento, ao conforto e à segurança.

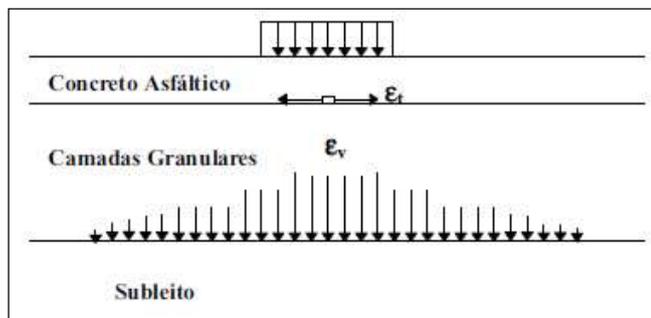
A norma DNIT 005/2003 – TER define os termos técnicos empregados e classificação dos defeitos que ocorrem nos pavimentos, e as principais causas de degradação do pavimento são: trincas causadas pelo fenômeno de fadiga, afundamentos nas trilhas de roda, trincas térmicas, ondulações e irregularidades longitudinais.

Entre as causas que estão estreitamente vinculadas ao rompimento do pavimento pela repetição de cargas de tráfego sobre a estrutura, destacam-se o fenômeno de fadiga e o acúmulo de deformações plásticas permanentes (BALBO, 2007).

Em um pavimento flexível, a distribuição das tensões e deformações sofridas pela estrutura, causadas pelas cargas de roda, acontece de forma que as camadas inferiores e base absorvam as tensões cisalhantes. Neste processo, ocorrem tensões e as fibras inferiores do revestimento asfáltico são submetidas a esforços de tração, os quais causam a formação das trincas por fadiga. Ao mesmo tempo, associado à canalização do tráfego, as repetidas ações das tensões e deformações verticais de compressão atingem também as demais camadas, conforme ilustrado na Figura 14,

e são responsáveis pela formação dos afundamentos em trilha de roda e à ondulação longitudinal da superfície (GONÇALVES, 2002).

Figura 14 – Seção típica de um pavimento flexível em concreto asfáltico



Fonte: Gonçalves (2002).

Segundo Pinto e Preussler (2002), a deformabilidade dos pavimentos flexíveis e semirrígidos podem ser dos tipos permanentes ou recuperáveis. As deformações permanentes são aquelas que seguem existindo mesmo após acabar a atuação da carga. Já as deformações ou deflexões recuperáveis, não permanecem após a retirada da carga (PINTO; PREUSSLER, 2002).

Considerando que a abordagem do presente estudo se concentra aos efeitos provenientes das solicitações de tráfego, são considerados apenas os defeitos de trincas por fadiga e afundamento na trilha de roda.

2.3.2.1 Danificação por fadiga

A ruptura por fadiga é um processo de degradação em que ocorre a perda progressiva da resistência e características originais de um material, quando este é submetido a carregamentos de forma cíclica. No pavimento, cargas aplicadas isoladamente geram pequenas alterações não relevantes na estrutura interna do material, entretanto, quando aplicadas de modo repetitivo, provocam o rompimento e o desenvolvimento de um plano de fraturas, causando, no decorrer da utilização da estrutura do pavimento, a redução do desempenho estrutural previsto inicialmente (BALBO, 2007).

As trincas podem causar outras consequências indiretas desfavoráveis ao desempenho estrutural e funcional da rodovia, como maior irregularidade causada pela degradação do revestimento próximo à trinca, o surgimento de buracos causado

pela perda de impermeabilização da superfície (Figura 15) e o aumento de tensão nas camadas subjacentes (GONÇALVES, 2002).

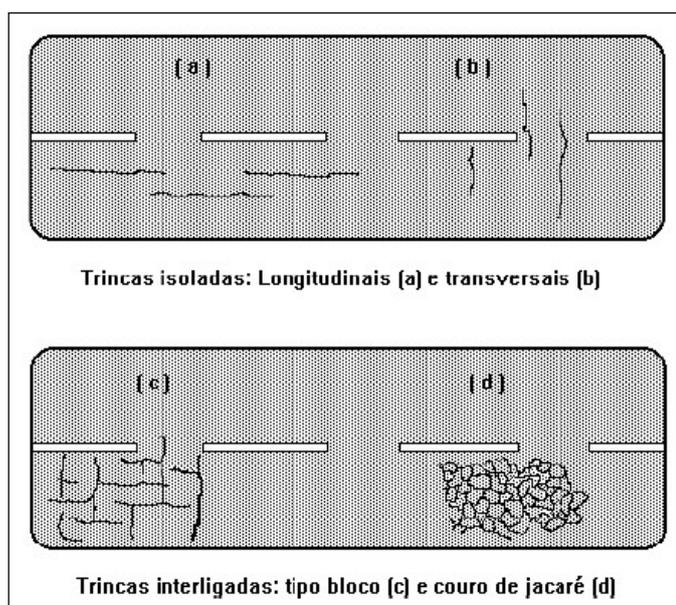
Figura 15 – Cavidade (panela) no pavimento provocada pelas ocorrências de trincas de fadiga



Fonte: CNT (2017).

De acordo com Molenaar (1993 *apud* GONÇALVES, 1999), os tipos de trincamentos podem ser classificados em quatro categorias, que são: trincamento transversal, em blocos, longitudinal e em couro de crocodilo (ou jacaré), sendo as duas últimas associadas à ação do tráfego.

Figura 16 – Ilustrações da configuração das trincas no pavimento



Fonte: Gonçalves (2002).

O trincamento longitudinal, conforme Figura 16(a), apresenta direção paralela ao eixo da via; quando de forma descontínua e nas trilhas de roda, é provocado pelas forças horizontais de cisalhamento causadas pelo rolamento das cargas do tráfego, as quais exercem elevadas tensões de tração e deformação na superfície do pavimento (GONÇALVES, 1999). Segundo DNIT 005/2003 – TER, é definida como trinca curta quando possui até 100 cm e longa quando a extensão for superior a 100 cm.

Figura 17 – Trincamento tipo couro de jacaré



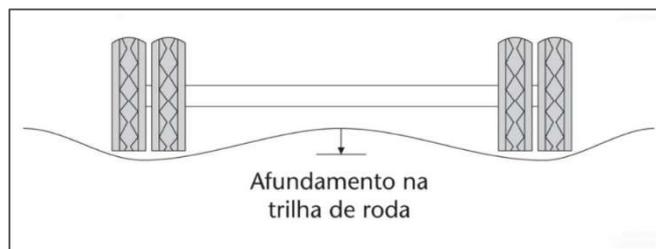
Fonte: Bernucci (2008).

As trincas interligadas, conhecidas pelo aspecto de “Couro de Jacaré”, representadas na Figura 17, concentram-se também nas trilhas de roda, e quando em estágio de fadiga avançado, caracterizam-se por apresentar ângulos agudos e arestas de comprimento até trinta centímetros (SILVA, 2008), podendo apresentar até a separação em blocos de modo que não haja a transmissão de carga entre eles.

2.3.2.2 Deformação plástica – afundamento

Os afundamentos são consequências das deformações plásticas permanentes seja da superfície do pavimento ou das camadas que compõem a estrutura, incluindo o subleito (BERNUCCI, 2008). Conceitualmente, deformação plástica é uma deformação não reversível causada pela aplicação de uma carga, que ultrapassa o limite elástico de resistência do material.

Figura 18 – Deformação em trilhas de roda de pavimento flexível



Fonte: Balbo (2007).

Devido ao fluxo canalizado dos veículos, a passagem das rodas acaba concentrando-se mais em uma determinada região do pavimento, e por consequência essa parte da faixa de rolamento sofre mais solicitação das cargas do tráfego, fazendo com que ocorra longitudinalmente ao pavimento a deformação conhecida por afundamento de trilha de roda (ATR), ilustrado na Figuras 18 e 19. A CNT (2007) classifica o afundamento plástico como um defeito funcional e lista entre as principais causas um revestimento asfáltico que não atende a carga solicitante.

Figura 19 – Deformação plástica em trilhos de roda



Fonte: Bernucci (2008).

A repetição das cargas de tráfego causa o acúmulo de deformações permanentes originados pelo cisalhamento e densificação dos materiais do pavimento. Inicialmente, os afundamentos em trilhos de roda são praticamente imperceptíveis, sendo observado diante da ocorrência de chuva pelo acúmulo de água e tornando os veículos mais suscetíveis ao fenômeno de hidroplanagem

(GONÇALVES, 2002). Assim, além de comprometer estruturalmente, é um defeito que eleva o grau de insegurança do usuário da via.

2.4 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

O dimensionamento de um pavimento consiste na definição das camadas e suas espessuras, bem como a determinação dos materiais aplicados, para que estas suportem o tráfego estabelecido e sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes ao subleito, sem que haja precocemente deformações, rupturas ou desgastes superficiais (CNT, 2017). Assim, o projeto de um pavimento considera para o dimensionamento os fatores de cargas dos veículos e frequência de ocorrência ao longo da vida de projeto, características geotécnicas do subleito, recursos disponíveis e condições ambientais ou regionais (PINTO; PREUSSELER, 2002).

Para o procedimento de projeto, é importante considerar que os trechos devem ser divididos em segmentos homogêneos, nas quais as condições do subleito e drenagem sejam constantes, em que se tenha garantia que o nível do lençol freático seja mantido bem abaixo do nível do pavimento (MOTTA, 1991).

Segundo Balbo (2007), os métodos existentes de dimensionamento resumem-se em:

- a) método empírico: utiliza modelagem estatística da evolução de parâmetros físicos medidos em campo referente ao comportamento e a resistência dos materiais do pavimento durante a repetição de cargas conforme o tráfego previsto;
- b) método semiempírico: nesse método são geradas extrapolações e expansões dos resultados empíricos com base em uma teoria analítica, obtida pelo acúmulo de dados e experiências;
- c) método empírico-mecanicista: originado do aperfeiçoamento de modelos teóricos, utilizando a parametrização dos materiais com dados obtidos em campo e em laboratório.

Com o tempo, inúmeros métodos de dimensionamento de pavimentos foram elaborados. A existência de métodos de dimensionamento distintos é atribuída às

diferentes condições ambientais, geológicas, pedológicas e de tráfego, e devido à distinção de ideias entre técnicos e, principalmente, à não existência de um método preciso de como se constitui a ruptura de um pavimento (BALBO, 2007).

Em todos os métodos de dimensionamento existentes, a avaliação da ruptura do pavimento asfáltico é considerada um fator essencial no projeto e pode ser classificada como estrutural ou funcional. A ruptura estrutural consiste no dano à estrutura do pavimento e interferência na capacidade de resistência. A ruptura funcional é caracterizada pelo desconforto ao rolamento dos veículos, pelos defeitos gerados pelo trincamento ou deformações, ocasionando aumento dos riscos e insegurança operacional aos usuários (FRANCO, 2007).

2.4.1 Estudo de tráfego

Dentre outras análises que envolvem materiais e deformações, o tráfego vincula-se à serventia e a estrutura do pavimento através dos esforços ocasionados pela repetição das cargas (PEREIRA, 1985).

Para o projeto de um pavimento, devem ser levados em consideração a magnitude e frequência das cargas dos veículos, pois o tráfego é composto por veículos que diferem entre si quanto ao tamanho, peso e a velocidade que trafegam. Dessa forma, os percentuais de veículos de grandes dimensões influem na capacidade da via, e na determinação de características importantes, como as geométricas e estruturais (DNIT, 2006).

O conhecimento qualitativo e quantitativo da composição presente e previsão futura dos veículos é obtido por meio de contagens volumétricas e classificatórias, pesquisas de origem e destino, pesquisa de tendências de comportamento da frota regional e nacional (PINTO; PREUSSELER, 2002).

O Manual de Estudos de Tráfego, publicado pelo DNIT em 2006, é um instrumento utilizado para o planejamento de vias e da determinação quantitativa da capacidade de trânsito nas mesmas. Através de métodos sistemáticos de coleta de dados, possibilita o conhecimento do número de veículos em um período definido, suas velocidades, entre outras ações (DNIT, 2006).

A grandeza para definir a demanda de tráfego é o Volume Médio Diário (VDM). O VDM é obtido pela média do volume total de veículos durante determinado intervalo

de tempo, ou seja, dividindo-se o volume total de veículos pelo número de dias do período (DNIT, 2010).

Apesar de ser um processo complexo, é essencial prever os volumes e a natureza do tráfego com a maior precisão possível, pois são indicadores imprescindíveis para o planejamento, projeto e execução de estruturas de pavimentos compatíveis.

2.4.1.1 Classificação de veículos

A classificação adotada pelo DNIT é realizada de acordo com as configurações básicas e combinações dos veículos, número e grupo de eixos, o peso bruto total e a classe, independentemente da rodagem, que é definida pela quantidade de pneumáticos por eixo.

O Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006) representa as diversas classes existentes em código alfanumérico, para realização de contagens volumétricas e classificatórias. Assim, o primeiro algarismo representa o número de eixos da unidade tratora, o segundo algarismo, caso exista, a quantidade de eixos da(s) unidade(s) rebocada(s), e as letras significam:

- C: veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator + reboque;
- S: veículo trator (cavalo mecânico) + semirreboque;
- I: veículo trator + semirreboque com distância entre eixos > 2,40 m (eixos isolados);
- J: veículo trator + semirreboque com um eixo isolado e um eixo em tandem;
- D: combinação dotada de 2 (duas) articulações;
- T: combinação dotada de 3 (três) articulações;
- Q: combinação dotada de 4 (quatro) articulações;
- X: veículos especiais;
- B: ônibus.

Para exemplificar, considerando os significados apresentados acima, o código 3C3 é utilizado para representar um caminhão simples com três eixos e mais um reboque com três eixos.

Para os estudos de tráfego e capacidade, são incluídas além das classes de veículos comerciais, as seguintes definições para veículos leves:

- P – carro de passeio, com dois eixos com rodagem simples;
- U – veículo utilitário, com dois eixos com rodagem simples, compreendendo caminhões leves (2 eixos com rodagem simples), pick-ups, furgões, vans e microônibus;
- M – motocicletas, motonetas e bicicletas a motor;
- B – bicicletas.

2.4.1.2 Tráfego e número equivalente

Para avaliar o tráfego, o Método Empírico do DNIT (2006) utiliza para o dimensionamento o número equivalente (N) de repetições de carga de um eixo tomado como padrão durante o período de projeto (P). Como na prática, há uma enorme variação de tipos de veículos, os diferentes tipos de eixos existentes são padronizados para 8,2 toneladas através dos fatores de equivalência de operação, a fim de se obter o mesmo valor destrutivo solicitado pelo tráfego.

Assim, determina-se o número N através da Equação 1:

$$N = 365 \cdot V_m \cdot P \cdot FV \cdot FR \quad (1)$$

Onde:

N = número de operações do eixo padrão;

P = período de projeto (anos);

V_m = volume médio de tráfego diário durante período de projeto;

FR = fator climático regional;

FV = fator de veículos.

O Volume Médio Diário Anual (VMDa) é referente à quantidade média de veículos que trafegam diariamente na via com base em contagens volumétricas e classificatórias. A estimativa ocorre através da projeção ao longo do período de projeto estatisticamente com base nas taxas de crescimento do tráfego e no conhecimento de eventuais alterações previstas para o sistema de transporte regional (DNIT, 2006).

O fator climático regional (FR) é aplicado com a finalidade de ajustar o parâmetro N conforme o clima do local onde é realizado o dimensionamento, conforme os coeficientes sazonais. No Brasil, tem-se adotado um $FR = 1,0$ de acordo com resultados obtidos em pesquisas desenvolvidas no IPR/DNER.

Como na prática, há uma enorme variação de tipos de veículos, os diferentes tipos de eixos existentes são padronizados para 8,2 toneladas através dos fatores de equivalência de operação, a fim de se obter o volume de tráfego real da rodovia.

O fator de veículo (FV) é obtido multiplicando o fator de carga (FC) pelo fator de eixos (FE). Ambos são obtidos a partir da composição do tráfego, sendo que o fator de eixos utiliza os percentuais dos veículos com determinado número de eixos correspondentes e multiplicado pela quantidade de eixo que possuem.

Testes em pistas experimentais da AASHTO e do USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano), forneceram subsídios para o desenvolvimento de fatores de equivalência de carga (FEC) por eixo. Os fatores equivalentes da USACE são calculados de acordo com capacidade de cada eixo, e avaliam a deformação permanente (afundamento nas trilhas de roda) geradas pelo carregamento, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores de equivalência de carga do USACE

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT (2006).

2.4.2 Método de dimensionamento do DNER

A primeira edição do Manual de Pavimentação desenvolvido pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) foi em 1960. O surgimento de novas técnicas, materiais e equipamentos, impulsionou uma nova edição em 1996. A versão atualizada desse manual é a edição publicada em 2006, com ajustes e adequações ao padrão DNIT.

A metodologia de dimensionamento adotada pelo DNIT (Método DNER) foi desenvolvida pelo Eng^o Murillo Lopes de Souza, tem como base o trabalho do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), juntamente com conclusões obtidas na pista experimental da Associação Americana de Rodovias e Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO) (DNIT, 2006).

O primeiro passo para dimensionamento através do método DNER é partir do estudo de tráfego, em que o pavimento é dimensionado em função da determinação do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado padrão para o período de projeto escolhido, conforme apresentado no item 2.3.3.1.

O método DNER é caracterizado como empírico e considera o método Índice de Suporte Califórnia (*California Bearing Ratio – CBR*) para avaliar a resistência de suporte, do subleito e das camadas granulares, às deformações plásticas ou permanentes, através do critério de ruptura por cisalhamento. Em vista disso, o segundo passo consiste na avaliação dos materiais a serem utilizados, o método adota algumas condições com relação às propriedades, para classificação dos materiais que serão empregados no dimensionamento do pavimento, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios para materiais no método DNER

CAMADA	CRITÉRIOS
Materiais do subleito	Devem apresentar uma expansão máxima, medida no ensaio de CBR, menor ou igual a 2%, e um CBR $\geq 2\%$.
Materiais para reforço do subleito	Devem apresentar C.B.R. maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$.
Materiais para sub-base	Devem apresentar C.B.R. $\geq 20\%$, I.G. = 0 e expansão $\leq 1\%$.
Materiais para base	Devem apresentar CBR $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$, Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$
	Obs.: Para um número de repetições do eixo-padrão, durante o período do projeto $N \leq 6 \times 10^6$ podem ser empregados materiais com C.B.R. $\geq 60\%$

Fonte: Elaborada pela autora.

A granulometria dos materiais para a base granular, deve se enquadrar nas faixas conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Granulometria para base granular para projeto de pavimento flexível

Tipos	Para $N > 5 \times 10^6$			Para $N < 5 \times 10^6$			Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	±7
1"	-	75-90	100	100	100	100	±7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	±7
N° 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	±5
N° 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	±5
N° 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	±2
N° 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	±2

Fonte: DNIT (2006).

A espessura do revestimento asfáltico, em pavimento de base granular, é também definida pelo “número N” (Tabela 5), e tem a finalidade de proteger e evitar a ruptura do revestimento por esforços repetidos de tração na flexão gerados pelo tráfego (DNIT, 2006).

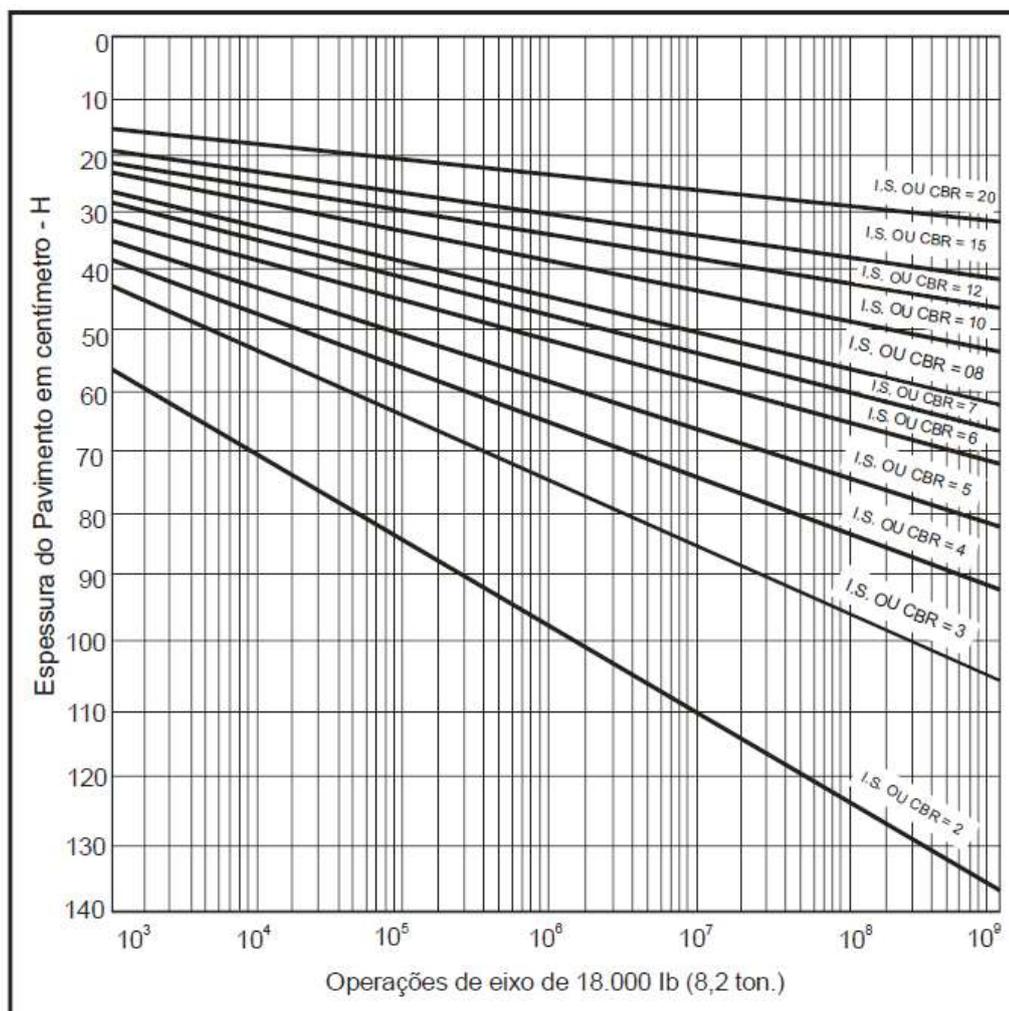
Tabela 5 – Espessura mínima de revestimento betuminoso

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).

Após a definição dos valores de CBR do subleito e da camada de reforço do subleito (caso necessária), utiliza-se o ábaco da Figura 20 para realizar o dimensionamento da espessura total do pavimento para um trecho homogêneo em termos de subleito (BALBO, 2007). A interseção entre o número N e a curva representativa do CBR do subleito determina a espessura do pavimento, cujos valores estão à esquerda do ábaco.

Figura 20 – Ábaco para determinação da espessura de pavimento flexível



Fonte: DNIT (2006).

As curvas de dimensionamento que constam no ábaco, podem ser obtidas pela seguinte expressão da Equação 2, conforme DNIT (2006).

$$H_t = 77,67 * N^{0,0482} * CBR^{-0,598} \quad (2)$$

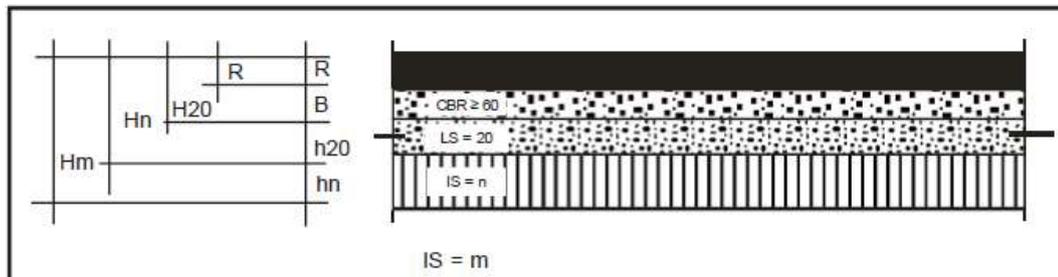
Visto que, a espessura total obtida pelo ábaco da Figura 20, considera utilização de base granular, material padrão, são adotados os coeficientes de equivalência estrutural (K) para espessura das camadas de outros materiais integrantes do pavimento, tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO oportunamente adaptados (PINTO; PREUSSELER, 2002). Esses valores são representados nas inequações 1, 2 e 3, pela letra K, que devem ser utilizados conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes de equivalência estrutural dos materiais

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

Fonte: DNIT (2006).

Figura 21 – Representação do dimensionamento das camadas do pavimento



Fonte: DNIT (2006).

A Figura 21 representa as camadas utilizadas no dimensionamento do pavimento, em que, H_m , H_n , H_{20} , foram definidas pelo ábaco da Figura 20, e o revestimento (R) pela Tabela 5. As espessuras mínimas das camadas de base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n), são obtidas pela resolução das Inequações 1, 2 e 3.

$$RK_R + BK_B \geq H_{20} \quad (1)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S \geq H_n \quad (2)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S + h_nK_{ref} \geq H_m \quad (3)$$

Onde:

Hm = espessura total do pavimento;

H20 = espessura da base até o revestimento;

h20 = espessura da sub-base;

R = espessura da camada de revestimento;

KR = coeficiente k de revestimento;

B = espessura da base;

KB = coeficiente k da base;

Ks = coeficiente K da sub-base;

Kref = coeficiente k do reforço do sub-leito.

2.4.3 Método de dimensionamento mecanístico empírico: MeDiNa

A ferramenta computacional MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos) foi criada para a verificação e o dimensionamento de estruturas de pavimentos asfálticos através de uma análise empírico-mecanicista. Segundo Motta (1991), métodos denominados assim, são consideradas dessa forma pois são mecanísticos quanto as ferramentas de análise estrutural para cálculo das relações tensão-deformação e de resistência, considerando o tráfego, o clima e os critérios de ruptura, juntamente com o empírico ou experimental quando se trata da definição em laboratório das constantes elásticas, as curvas de fadiga e quanto às evoluções dos defeitos, originados pela passagem dos veículos.

A ferramenta possui funções tanto para dimensionamento de novas estruturas, quanto para o reforço de pavimentos existentes.

A precisão dos resultados emitidos pelo programa vai depender se os dados de entrada informados, sobre a caracterização dos materiais, do subleito, das misturas asfálticas, do tráfego, entre outros, são adequados e confiáveis.

Este método avalia para uma melhor utilização dos materiais e explora a qualidade das misturas asfálticas em termos de performance à fadiga e à deformação permanente das camadas (MEDINA, 2020).

Vale ressaltar que para o cálculo das tensões e deformações no interior do pavimento, utiliza-se como assistente de dimensionamento o Programa de Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC), como uma sub-rotina do MeDiNa.

A seguir serão apresentadas imagens da interface da ferramenta computacional para demonstrar o funcionamento e processo de obtenção das análises no MeDiNa.

2.4.3.1 Iniciando um projeto no *software* MeDiNa

Na tela inicial, o *software* abre diretamente na aba de Estrutura, conforme a Figura 22, na qual é formada por quatro elementos: área de identificação do projeto, tabela relativa à entrada de dados da estrutura do pavimento, tabela relativa à entrada de dados sobre as informações do tráfego, painel (à direita na parte inferior) onde o programa registra o resumo dos resultados das análises ou dos dimensionamentos.

Figura 22 – Aba de estrutura do *software* MeDiNa

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 30/45 #12,5mm Sepetiba	10,0	9000	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	20,0	381	0,35
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG'(1)	20,0	250	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODVIÁRIO	
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	1370
FV:	1.000
N anual (1º ano):	5,00e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	5,00e+05
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	5,00e+06

Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

O modo de projeto, pode ser definido entre “Pavimento Novo” ou “Projeto de Reforço”, através do Menu Projeto, apresentado na Figura 23. Caso a escolha seja a

opção de Reforço, os dados podem ser informados, opção Dados Novos, ou através da importação de dados das bacias deflectométricas retro analisadas.

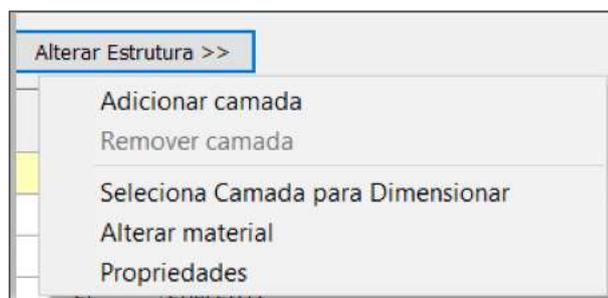
Figura 23 – Menu projeto do *software* MeDiNa



Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

Observa-se na Figura 24, na tabela que exibe a estrutura do pavimento, as informações resumidas das propriedades de cada uma das camadas da estrutura do pavimento (MEDINA, 2020). A definição de estrutura do pavimento, pode ser alterada pelo projetista através da seleção da linha imediatamente acima da futura camada e selecionando a opção “Alterar Estrutura”, pois o programa vem com uma estrutura exemplar de quatro camadas incluindo o subleito, e podem ser utilizadas até oito camadas e outros materiais.

Figura 24 – Opção Alterar Estrutura do *software* MeDiNa



Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

2.4.3.2 Materiais asfálticos no *software* MeDiNa

O programa separa para fins de organização os materiais asfálticos em três conjuntos, que são: as camadas asfálticas tradicionais, as camadas asfálticas com asfalto modificado por polímero e as camadas asfálticas misturadas com borracha.

A espessura de cada camada de concreto asfáltico está limitada entre 5 cm e 15 cm. Pode ser acrescentada, caso se mostre pertinente, mais uma camada asfáltica com diferentes características.

2.4.3.3 Base de dados de materiais no *software* MeDiNa

A ferramenta MeDiNa vem com uma base de dados incorporada com informações de materiais ensaiados e constam em publicações técnicas.

Recomenda-se que os materiais que farão parte do projeto sejam ensaiados. O programa permite salvar novos materiais na base de dados e modificar as propriedades a qualquer tempo.

2.4.3.4 Informações do tráfego no *software* MeDiNa

O programa pode ser utilizado para calcular automaticamente o Número Equivalente de Passagens do Eixo Padrão Rodoviário, através da inserção dos dados de Volume Médio Diário (VMD) e do Fator de Veículo (FV). Caso já se tenha o N anual, pode-se entrar diretamente com este valor.

Assim como no Método do DNIT, as repetições conforme as configurações de carga e eixo dos veículos, são transformadas em número equivalente de passagens, para se obter o número N de acordo com padrão rodoviário (SILVA, 2008).

Figura 25 – Eixo padrão rodoviário e dados do tráfego no *software* MeDiNa

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
Carga de eixo (ton):	8,20
Pressão de pneus (MPa):	0,56
Sx (cm):	32,40
Área (cm ²):	366,07
Raio (cm):	10,79
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	1370
FV:	1,000
N anual (1º ano):	5,00e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	5,00e+05
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	5,00e+06

Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

A Figura 25 mostra o eixo padrão rodoviário utilizado pelo *software* nas análises e no dimensionamento das estruturas de pavimento, bem como a tabela onde são inseridas as informações de tráfego.

2.4.3.5 Inserção do fator de veículo no *software* MeDiNa

Os eixos que se deseja incluir no cálculo do Fator de Veículo, devem ser incluídos na janela conforme demonstrado na Figura 26. Na medida que os eixos vão sendo lançados, o cálculo vai sendo atualizado automaticamente. A ferramenta utiliza o método do DNIT, conforme os fatores de carga definidos pelo Dr. Murilo Lopes de Souza.

Outro fator presente no cálculo do fator de veículo é a carga por eixo, o valor é inserido pela ferramenta na coluna “CARGA (ton)” automaticamente conforme o tipo de eixo escolhido ou a inserção do valor ser realizada pelo projetista.

Figura 26 – Preenchimento dos eixos e cálculo do Fator de Veículo (DNIT)

EIXO	CONFIGURAÇÃO	RODAS	FATOR DE EIXO (%) (1º Ano)	CARGA (ton)	FATOR DE CARGA (FC)	FATOR DE VEÍCULO (FV)
1	Eixo Simples	2	70,0	6,00	0,278	0,195
2	Eixo simples de roda dupla	4	70,0	10,00	3,289	2,303
3	Eixo Simples	2	21,6	6,00	0,278	0,060
4	Eixo simples de roda dupla	4	21,6	10,00	3,289	0,711
5	Eixo simples de roda dupla	4	21,6	10,00	3,289	0,711
6	Eixo Simples	2	4,2	6,00	0,278	0,012
7	Eixo simples de roda dupla	4	4,2	10,00	3,289	0,138
8	Eixo simples de roda dupla	4	4,2	10,00	3,289	0,138
9	Eixo simples de roda dupla	4	4,2	10,00	3,289	0,138
10	Eixo Simples	2	2,4	6,00	0,278	0,007
11	Eixo simples de roda dupla	4	2,4	10,00	3,289	0,079
12	Eixo simples de roda dupla	4	2,4	10,00	3,289	0,079
13	Eixo simples de roda dupla	4	2,4	10,00	3,289	0,079
14	Eixo simples de roda dupla	4	2,4	10,00	3,289	0,079
15	Eixo Simples	2	1,8	6,00	0,278	0,005
16	Dois eixos duplos em tandem	8	1,8	17,00	8,549	0,154
17	Eixo simples de roda dupla	4	1,8	10,00	3,289	0,059
18	Eixo simples de roda dupla	4	1,8	10,00	3,289	0,059
19	Eixo simples de roda dupla	4	1,8	10,00	3,289	0,059
20	Eixo Simples	2	0,0	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	8	0,0	17,00	8,549	0,000
22	Dois eixos duplos em tandem	8	0,0	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	8	0,0	17,00	8,549	0,000

Fonte: Adaptada de *software* MeDiNa (2022).

2.4.3.6 Critérios de confiabilidade conforme o tipo de via no *software* MeDiNa

Os tipos de vias utilizados no programa MeDiNa têm como base os sistemas funcionais descritos nos manuais de projeto geométrico de rodovias rurais e urbanas, publicados pelo DNIT. Para definição do sistema funcional dos trechos utilizados na pesquisa, foram utilizados os critérios descritos no Quadro 1, com base no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999).

Quadro 1 – Caracterização dos sistemas funcionais

Sistema		Mobilidade e acessibilidade	
ARTERIAL	Principal	Possui controle total de acesso	Conectam cidades com população acima de 150 mil habitantes e capitais de estados. Velocidades de operação de 60 a 120 km/h.
	Primário	Possui controle parcial de acesso	Conectam cidades com população entorno de 50 mil habitantes, a menos que já estejam servidas por rodovias do Sistema Arterial Principal. Velocidade de operação de 50 a 100 km/h.
	Secundário	Menor controle para fins de acesso a áreas lindeiras	Conectam cidades com população entorno de 10 mil habitantes, a menos que já estejam servidas por rodovias de nível superior. Velocidade de operação de 40 a 80 km/h.
COLETOR	Primário	Menor controle para fins de acesso a áreas lindeiras	Volumes de tráfego e distâncias de viagens menores que as arteriais. Dão acesso a importantes centros geradores de tráfego. Conectam cidades com população entorno de 5 mil habitantes, não servidas por rodovias de nível superior. Velocidade de operação de 30 a 70 km/h.
	Secundário	Menor controle para fins de acesso a áreas lindeiras	Dão acesso às grandes áreas de baixa densidade populacional não servidas por outras rodovias arteriais ou coletoras primárias. Conectam cidades com população entorno de 2 mil habitantes e sedes municipais não servidas por rodovias de nível superior. Velocidade de operação de 30 a 60 km/h.
LOCAL	-	Acesso ilimitado	Destinada a proporcionar, basicamente, acesso ao tráfego intra-municipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias de nível superior. Velocidade de operação de 20 a 50 km/h.

Fonte: Adaptado de DNIT (1999).

O *software* utiliza o tipo de via, para definição dos critérios de parada do dimensionamento com base na estimativa de área trincada e deformação no MeDiNa, bem como definição dos graus de confiabilidade das análises, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Critério de parada das análises e grau de confiabilidade

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

Fonte: Adaptada de MeDiNa (2018).

Os resultados do programa são disponibilizados na aba “Resultados”. São gerados relatórios sobre o comportamento do pavimento, que representam a evolução dos danos causados para o tráfego de projeto, deformações permanentes e formação das bacias de deflexão, bem como, um relatório completo contendo todas as informações utilizadas no dimensionamento ou análise da estrutura.

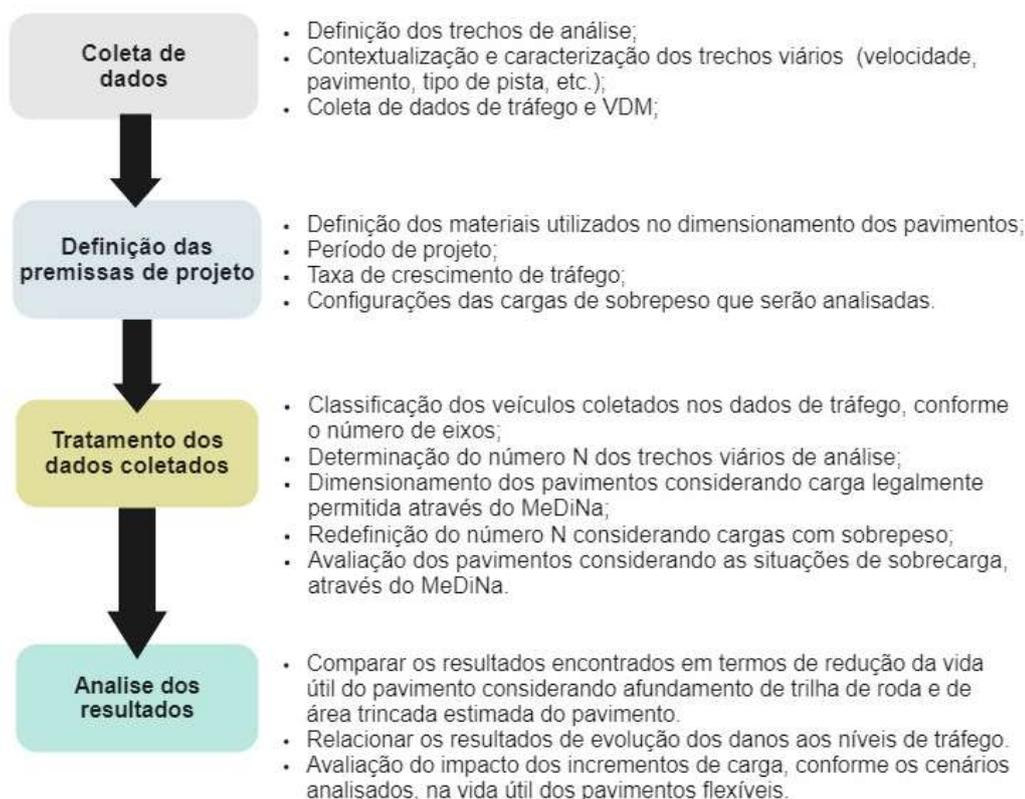
3 METODOLOGIA

Este capítulo abrange a metodologia adotada e os procedimentos implementados para alcançar os objetivos do trabalho. Aqui, são expostas as rodovias escolhidas para análise, o detalhamento dos dados de tráfego, os materiais utilizados e os protocolos de cálculo aplicados em cada método.

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente estudo tem por finalidade analisar a influência da trafegabilidade dos veículos de transporte de cargas com excesso de peso e a influência na vida útil dos pavimentos, através da utilização da ferramenta computacional MeDiNa. Dessa forma, esta pesquisa se caracteriza como explicativa, uma vez que identifica fatores determinantes para a ocorrência de danos nos pavimentos por meio de resultados quantitativos e aprofunda o conhecimento sobre o tema, estabelecendo conexões com a realidade observada no campo. O trabalho foi desenvolvido de acordo com etapas apresentadas no fluxograma da Figura 27.

Figura 27 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborada pela autora.

3.2 COLETA DE DADOS

O conhecimento sobre a composição do tráfego é essencial na presente metodologia. À vista disso, foram utilizados no trabalho as informações reais de tráfego disponibilizadas pelo Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), de oito pontos de contagem com diferentes volumes de tráfego, bem como, diferentes estruturas viárias, com o propósito de avaliar sobre a influência da caracterização do tráfego no que se refere ao impacto na vida útil do pavimento flexível (DNIT, 2022).

Importante ressaltar que as vias escolhidas para análise nesta pesquisa foram determinadas de forma aleatória, através do cálculo do número N, com o critério de obter-se de duas a três rodovias para cada nível de tráfego, nas grandezas 10^6 , 10^7 e 10^8 .

3.2.1 Contextualização

A Tabela 8 apresenta a localização e o tipo de pista de cada um dos Postos onde foram obtidos os dados de contagem utilizados na pesquisa.

Tabela 8 – Localização dos postos de contagem

Pista	Rodovia	Unidade federativa	Localização	Cidade	Localização Geográfica		
					Latitude	Longitude	
1	Simples	BR-420	Bahia (BA)	Km 311	Santa Inês	-13.31554722	-39.84391111
2	Simples	BR-135	Bahia (BA)	Km 339	Correntina	-13.304119	-44.644603
3	Simples	BR-287	Rio Grande do Sul (RS)	Km 409	Santiago	-29.094194	-54.923472
4	Simples	BR-116	Minas Gerais (MG)	Km 553	Sta. Bárbara do Leste	-19.989983	-42.143772
5	Simples	BR-285	Rio Grande do Sul (RS)	Km 362	Colorado/RS	-28.373139	-52.994583
6	Simples	BR-116	Rio Grande do Sul (RS)	Km 226	Dois Irmãos	-29.5995	-51.114778
7	Dupla	BR-116	São Paulo (SP)	Km 437	Registro	-24.44361111	-47.80138889
8	Dupla	BR-116	São Paulo (SP)	Km 119	Caçapava	-23.069039	-45.639861

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da localização de cada um dos pontos, as ferramentas *Google Earth* e *Google Street View* permitiram explorar um pouco mais sobre os locais onde foram coletados os dados de contagens de tráfego. Através da movimentação virtual, foi

efetuada a coleta de dados como velocidades limites, características das vias, localização e classificação, conforme ilustram as Figuras 28 a 35.

Figura 28 – BR-420/BA km 311



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 29 – BR-135/BA km 339



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 30 – BR-287/RS km 409



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 31 – BR-116/MG km 553



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 32 – BR-116/RS km 226



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 33 – BR-285 RS km 362



Fonte: Google Street View (2022).

Figura 34 – BR-116/SP km 437



Fonte: Google Street View (2023).

Figura 35 – BR-116/SP km 119



Fonte: Google Street View (2023).

3.2.2 Classificação das vias

A metodologia para classificação do sistema viário, que determina o critério de parada das análises e grau de confiabilidade no MeDiNa foi fundamentada nos conceitos apresentados no Manual de projeto geométrico de rodovias (DNIT, 1999), que dispõe sobre a classificação dos sistemas viários.

Cada trecho foi analisado individualmente conforme a localização e relação funcional de atuação, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação das vias

Localização	Classificação
BR-420/BA km 311	Sistema arterial secundário
BR-135/BA km 339	Sistema arterial secundário
BR-287/RS km 409	Sistema arterial secundário
BR-282/RS km 362	Sistema arterial secundário
BR-116/MG km 553	Sistema arterial secundário
BR-116/RS km 226	Sistema arterial secundário
BR-116/SP km 119	Sistema arterial principal
BR-116/SP km 437	Sistema arterial principal

Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.3 Dados de tráfego

O Volume Médio Diário por tipo de Dia da Semana (VMDds) foi realizado através do método de contagem contínua e disponibilizado pelo PNCT, em que este fornece em planilha .xls a contagem da quantidade de veículos por dia da semana, por sentido de tráfego, e por classe, classificada por quantidade de eixos. As Tabelas 9 a 16 correspondem às planilhas que foram empregadas para coletar os dados de tráfego, contendo o volume médio diário obtido nos Postos de Contagem de Tráfego selecionados.

Tabela 9 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-420/MG do km 311

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2022 - BR-420/BA km 311														
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe										
				(A) Ônibus/ Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/ Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto	(L) Outros
Domingo	C	19	604	58	17	5	3	2	0	0	0	452	55	12
	D	19	556	45	15	4	2	4	1	0	0	407	67	11
	Total	19	1160	103	32	9	5	6	1	0	0	859	122	23
Segunda- Feira	C	18	914	185	58	8	4	4	1	0	0	564	81	9
	D	18	869	130	45	8	4	6	1	0	1	552	110	12
	Total	18	1783	315	103	16	8	10	2	0	1	1116	191	21
Terça- Feira	C	19	852	156	51	10	5	4	0	0	0	536	76	14
	D	19	801	121	35	6	3	5	1	0	1	518	96	15
	Total	19	1653	277	86	16	8	9	1	0	1	1054	172	29
Quarta- Feira	C	19	876	166	49	9	3	4	0	0	0	557	73	15
	D	19	825	132	38	6	2	3	1	0	0	536	95	12
	Total	19	1701	298	87	15	5	7	1	0	0	1093	168	27
Quinta- Feira	C	19	839	137	43	8	6	3	0	0	0	567	64	11
	D	19	805	109	33	7	3	2	1	0	0	550	89	11
	Total	19	1644	246	76	15	9	5	1	0	0	1117	153	22
Sexta- Feira	C	20	820	127	33	8	5	3	0	0	0	562	73	9
	D	20	773	93	30	6	2	3	1	0	0	531	96	11
	Total	20	1593	220	63	14	7	6	1	0	0	1093	169	20
Sábado	C	20	684	87	31	7	6	4	1	0	0	473	65	10
	D	20	640	53	19	6	2	2	1	0	0	469	80	8
	Total	20	1324	140	50	13	8	6	2	0	0	942	145	18

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 10 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-135/BA do km 339

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2022 - BR-135/BA km 339															
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe											
				(A) Ônibus/Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto	(L) Outros	
Domingo	C	27	495	10	3	1	0	0	0	0	0	0	354	120	7
	D	27	423	10	5	1	0	1	0	0	0	0	303	98	5
	Total	27	918	20	8	2	0	1	0	0	0	0	657	218	12
Segunda-Feira	C	26	521	47	13	3	1	0	0	0	0	0	323	128	6
	D	26	492	42	20	2	1	2	0	0	0	0	300	119	6
	Total	26	1013	89	33	5	2	2	0	0	0	0	623	247	12
Terça-Feira	C	26	467	47	17	2	1	1	1	0	0	0	287	105	6
	D	26	467	42	24	2	1	2	0	0	0	0	288	104	4
	Total	26	934	89	41	4	2	3	1	0	0	0	575	209	10
Quarta-Feira	C	26	460	47	16	2	0	1	0	0	0	0	281	107	6
	D	26	464	45	22	1	1	2	0	0	0	0	279	108	6
	Total	26	924	92	38	3	1	3	0	0	0	0	560	215	12
Quinta-Feira	C	26	468	47	17	3	0	1	0	0	0	0	287	108	5
	D	26	483	46	25	2	1	2	1	0	0	0	289	111	6
	Total	26	951	93	42	5	1	3	1	0	0	0	576	219	11
Sexta-Feira	C	26	519	48	17	3	1	1	0	0	0	0	324	117	8
	D	26	543	44	24	2	1	2	0	0	0	0	338	126	6
	Total	26	1062	92	41	5	2	3	0	0	0	0	662	243	14
Sábado	C	27	479	30	10	2	1	0	0	0	0	0	307	123	6
	D	27	546	26	16	2	1	1	0	0	0	0	351	142	7
	Total	27	1025	56	26	4	2	1	0	0	0	0	658	265	13

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 11 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/MG do km 553

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2021 - BR-116/MG km 553														
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe										
				(A) Ônibus/Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto	(L) Outros
Domingo	C	26	2531	117	189	147	134	242	14	0	18	1535	115	20
	D	26	2402	136	153	109	149	191	11	1	21	1496	114	21
	Total	26	4933	253	342	256	283	433	25	1	39	3031	229	41
Segunda-Feira	C	26	2657	268	213	149	116	212	17	1	17	1538	105	21
	D	26	2408	257	195	105	101	133	10	1	13	1472	101	20
	Total	26	5065	525	408	254	217	345	27	2	30	3010	206	41
Terça-Feira	C	26	2401	248	206	138	98	154	16	1	14	1411	94	21
	D	26	2361	237	215	129	104	137	9	1	10	1404	94	21
	Total	26	4762	485	421	267	202	291	25	2	24	2815	188	42
Quarta-Feira	C	26	2518	298	234	146	94	153	16	1	13	1444	98	21
	D	26	2530	308	242	132	126	169	13	1	13	1406	101	19
	Total	26	5048	606	476	278	220	322	29	2	26	2850	199	40
Quinta-Feira	C	27	2659	321	234	155	103	172	16	1	11	1526	98	22
	D	27	2597	300	226	133	131	174	12	1	16	1483	98	23
	Total	27	5256	621	460	288	234	346	28	2	27	3009	196	45
Sexta-Feira	C	27	2768	274	225	144	96	152	15	1	11	1721	109	20
	D	27	2809	269	215	141	143	201	12	1	17	1676	112	22
	Total	27	5577	543	440	285	239	353	27	2	28	3397	221	42
Sábado	C	26	2547	158	174	123	98	181	14	1	14	1640	123	21
	D	26	2719	180	195	143	165	234	14	1	18	1623	124	22
	Total	26	5266	338	369	266	263	415	28	2	32	3263	247	43

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 12 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-287/RS do km 409

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2022 - BR-287/RS km 409													
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe									
				(A) Ônibus/ Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/ Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto
Domingo	C	27	631	17	13	16	9	12	4	0	2	538	15
	D	27	755	20	15	15	4	8	2	0	2	666	16
	Total	27	1386	37	28	31	13	20	6	0	4	1204	31
Segunda-Feira	C	26	876	58	40	31	17	27	15	0	5	660	18
	D	26	786	57	32	24	14	38	11	0	7	580	16
	Total	26	1662	115	72	55	31	65	26	0	12	1240	34
Terça-Feira	C	26	797	65	42	32	20	28	10	0	5	572	16
	D	26	803	73	37	26	15	49	17	0	11	554	15
	Total	26	1600	138	79	58	35	77	27	0	16	1126	31
Quarta-Feira	C	25	799	64	42	29	20	31	13	0	4	572	19
	D	25	836	75	38	24	14	46	15	0	10	591	16
	Total	25	1635	139	80	53	34	77	28	0	14	1163	35
Quinta-Feira	C	25	772	60	44	29	18	27	9	0	3	561	15
	D	25	849	75	41	25	14	41	12	0	10	610	14
	Total	25	1621	135	85	54	32	68	21	0	13	1171	29
Sexta-Feira	C	26	880	52	39	24	15	25	9	0	3	686	20
	D	26	927	76	35	23	11	30	12	0	10	705	18
	Total	26	1807	128	74	47	26	55	21	0	13	1391	38
Sábado	C	27	772	34	18	16	10	16	4	0	2	643	21
	D	27	731	41	19	17	6	16	5	0	7	598	16
	Total	27	1503	75	37	33	16	32	9	0	9	1241	37

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 13 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/RS do km 226

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2022 - BR-116/RS km 226													
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe									
				(A) Ônibus/ Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/ Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	
Domingo	C	26	7984	91	30	9	2	3	1	0	0	7304	
	D	26	7169	57	29	14	2	4	0	0	1	6497	
	Total	26	15153	148	59	23	4	7	1	0	1	13801	
Segunda-Feira	C	25	7602	627	207	82	22	18	1	0	1	6308	
	D	25	6597	435	138	57	22	22	4	0	1	5639	
	Total	25	14199	1062	345	139	44	40	5	0	2	11947	
Terça-Feira	C	26	7543	700	204	74	23	16	1	0	0	6194	
	D	26	6567	476	142	58	21	22	3	0	1	5568	
	Total	26	14110	1176	346	132	44	38	4	0	1	11762	
Quarta-Feira	C	26	7950	721	204	76	24	14	1	0	0	6548	
	D	26	6984	496	145	62	20	23	4	0	1	5927	
	Total	26	14934	1217	349	138	44	37	5	0	1	12475	
Quinta-Feira	C	26	7956	696	193	73	22	15	1	0	0	6575	
	D	26	7147	485	149	60	21	24	5	0	1	6069	
	Total	26	15103	1181	342	133	43	39	6	0	1	12644	
Sexta-Feira	C	26	8253	690	195	67	21	14	1	0	0	6901	
	D	26	7610	471	138	57	18	19	3	0	1	6597	
	Total	26	15863	1161	333	124	39	33	4	0	1	13498	
Sábado	C	26	8043	243	68	21	6	3	0	0	0	7117	
	D	26	7929	166	64	21	5	6	1	0	0	7099	
	Total	26	15972	409	132	42	11	9	1	0	0	14216	

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 14 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-285/RS do km 362

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2022 - BR-285/RS km 362													
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe									
				(A) Ônibus/ Cam de 2 eixos	(B) Ônibus/ Cam de 3 eixos	(C) Caminh ão de 4 eixos	(D) Caminh ão de 5 eixos	(E) Caminh ão de 6 eixos	(F) Caminh ão de 7 eixos	(G) Caminh ão de 8 eixos	(H) Caminh ão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto
Domingo	C	17	1874	77	93	124	101	176	11	0	18	1240	19
	D	17	1989	47	62	85	54	111	15	0	16	1563	25
	Total	17	3863	124	155	209	155	287	26	0	34	2803	44
Segunda- Feira	C	17	2275	193	178	178	111	158	22	1	35	1373	14
	D	17	2217	181	138	137	76	174	53	1	27	1397	15
	Total	17	4492	374	316	315	187	332	75	2	62	2770	29
Terça- Feira	C	17	2145	194	183	180	122	166	21	1	31	1224	14
	D	17	2239	194	146	146	106	272	64	1	35	1235	14
	Total	17	4384	388	329	326	228	438	85	2	66	2459	28
Quarta- Feira	C	17	2256	196	200	207	139	203	25	1	34	1222	13
	D	17	2312	213	155	150	109	260	61	0	39	1288	15
	Total	17	4568	409	355	357	248	463	86	1	73	2510	28
Quinta- Feira	C	17	2355	213	191	205	144	221	24	0	39	1285	15
	D	17	2324	210	148	139	91	198	61	1	36	1407	17
	Total	17	4679	423	339	344	235	419	85	1	75	2692	32
Sexta- Feira	C	17	2359	179	167	184	129	179	20	1	35	1434	18
	D	17	2384	217	155	125	85	194	52	0	33	1487	19
	Total	17	4743	396	322	309	214	373	72	1	68	2921	37
Sábado	C	18	1714	83	78	97	95	134	8	0	24	1163	24
	D	18	1837	79	78	99	84	189	28	0	29	1213	24
	Total	18	3551	162	156	196	179	323	36	0	53	2376	48

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 15 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/SP do km 119

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2019 - BR-116/SP km 119														
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe										
				(A) Ônibus/ Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/ Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto	(L) Outros
Domingo	C	52	30146	1242	1089	819	413	623	37	1	31	24324	1026	741
	D	52	25195	1079	1092	853	543	1052	72	1	68	19650	568	417
	Total	52	55341	2321	2181	1272	956	1675	109	2	99	43974	1594	1158
Segunda- Feira	C	52	29621	2275	2161	1156	818	809	79	1	45	19782	1319	1176
	D	52	28842	2085	2041	1089	844	1094	112	1	89	19811	756	920
	Total	52	58463	4360	4202	2245	1662	1903	191	2	134	39593	2075	2096
Terça- Feira	C	53	30371	2583	2336	1469	1064	1008	113	1	70	19193	1284	1250
	D	53	29450	2161	2231	1246	1031	1227	118	1	98	19523	774	1040
	Total	53	59821	4744	4567	2715	2095	2235	231	2	168	38716	2058	2290
Quarta- Feira	C	52	30473	2586	2260	1491	1081	1126	108	1	54	19183	1299	1284
	D	52	30167	2239	2328	1312	1113	1414	138	1	111	19649	784	1078
	Total	52	60640	4825	4588	2803	2194	2540	246	2	165	38832	2083	2362
Quinta- Feira	C	52	31097	2694	2361	1482	1105	1096	121	1	63	19502	1284	1388
	D	52	30918	2255	2321	1277	1120	1331	138	1	112	20450	792	1121
	Total	52	62015	4949	4682	2759	2225	2427	259	2	175	39952	2076	2509
Sexta- Feira	C	52	30822	2635	2066	1430	990	945	109	1	48	19987	1240	1371
	D	52	33113	2275	2079	1148	965	1031	114	1	91	23485	851	1073
	Total	52	63935	4910	4145	2578	1955	1976	223	2	139	43472	2091	2444
Sábado	C	52	27187	1623	1365	1044	629	818	94	1	39	19561	1052	961
	D	52	28389	1211	1196	652	619	856	79	1	69	22497	681	528
	Total	52	55576	2834	2561	1696	1248	1674	173	2	108	42058	1733	1489

Fonte: PNCT (2022).

Tabela 16 – VMDds do PNCT do Posto de Contagem da BR-116/SP do km 437

Volume Médio Diário por Tipo de Dia da Semana - VMDds / 2018 - BR-116/SP km 437														
Dia da Semana	Sentido	Nº Dias	VMDd	Classe										
				(A) Ônibus/ Cam de 2 eixos	(B) Ônibus/ Cam de 3 eixos	(C) Caminh ão de 4 eixos	(D) Caminh ão de 5 eixos	(E) Caminh ão de 6 eixos	(F) Caminh ão de 7 eixos	(G) Caminh ão de 8 eixos	(H) Caminh ão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Moto	(L) Outros
Domingo	C	38	8541	485	628	547	367	604	76	2	97	4829	249	657
	D	38	10784	441	864	620	486	804	67	3	71	6007	665	756
	Total	38	19325	926	1492	1167	853	1408	143	5	168	10836	914	1413
Segunda-Feira	C	42	10327	925	971	906	440	538	85	4	63	5121	331	943
	D	42	10279	542	674	529	371	543	58	3	50	6122	660	727
	Total	42	20606	1467	1645	1435	811	1081	143	7	113	11243	991	1670
Terça-Feira	C	39	12484	1092	1380	1274	856	1070	136	8	122	4755	355	1436
	D	39	11378	657	877	704	486	690	73	3	58	6185	740	905
	Total	39	23862	1749	2257	1978	1342	1760	209	11	180	10940	1095	2341
Quarta-Feira	C	39	12985	1148	1489	1323	895	1176	136	9	134	4762	380	1533
	D	39	11675	732	956	776	572	826	91	4	72	5926	752	968
	Total	39	24660	1880	2445	2099	1467	2002	227	13	206	10688	1132	2501
Quinta-Feira	C	38	13694	1239	1601	1439	970	1247	159	9	141	5281	375	1233
	D	38	11890	761	986	825	608	855	93	4	77	5927	748	1006
	Total	38	25584	2000	2587	2264	1578	2102	252	13	218	11208	1123	2239
Sexta-Feira	C	39	14260	1195	1511	1375	909	1208	156	9	134	6091	397	1275
	D	39	10973	643	695	648	457	589	72	4	59	6303	677	826
	Total	39	25233	1838	2206	2023	1366	1797	228	13	193	12394	1074	2101
Sábado	C	40	12200	778	1167	1081	820	1165	138	9	144	5301	378	1219
	D	40	8798	422	465	445	296	425	55	2	44	5497	569	578
	Total	40	20998	1200	1632	1526	1116	1590	193	11	188	10798	947	1797

Fonte: PNCT (2022).

Dessa forma, as quantidades e as categorias de veículos, determinadas pelo número de eixos, serão utilizados para a composição do tráfego e determinação do número equivalente N.

Conforme recomendado pelo DNIT (2006), para a determinação do número N, é desconsiderada a parcela referente aos carros de passeios e os utilitários, por terem fatores de veículo muito baixos.

Importante ressaltar que os dados dos Postos de Contagem do PNCT não especificam a classe ou caracterização do veículo, somente o número de eixos. Por isso, foram considerados os veículos que possuem maior carga de PBT ou PBTC da categoria, quando totalmente carregados, representados graficamente nas Figuras 36, 37 e 38, conforme as silhuetas das combinações de veículos existentes e seus respectivos limites, que estão presentes no Quadro de Fabricantes de Veículos, publicado pelo DNIT, atualizado conforme alteração da legislação em outubro de 2021.

Figura 36 – Classes de veículos de 2 até 5 eixos consideradas

SILHUETA	GRUPO/ Nº EIXOS	PBT ou PBTC / (5%)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
2 EIXOS:					
	2 / 2	16 / (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 > 3,50 m	2C	65
3 EIXOS:					
	3 / 3	26 / (27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23 > 2,40 m	2S1	68
4 EIXOS:					
	4 / 4	36 / (37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2I2	80
5 EIXOS:					
	5 / 5	46 / (48,30) Res. Contran 210/06 Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (Comp. Máx. = 18,60m).	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m	2I3	82

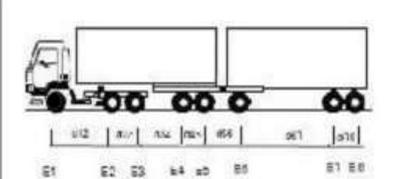
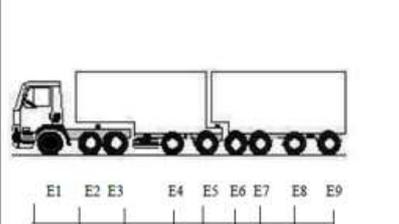
Fonte: Adaptada de Quadro de fabricação de veículos (DNIT, 2021).

Figura 37 – Classes de veículos de 6 e 7 eixos consideradas

SILHUETA	GRUPO/ Nº EIXOS	PBT ou PBTC / (5%)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
6 EIXOS:					
	5 / 6	53 / (55,65) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3I3	83
7 EIXOS:					
	4 / 7	57 / (59,85) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total até 19,80m. Superior a 19,80m será necessário portar AET (somente para reboques registrados até 30 dias após e publicação desta Portaria) (comp. Máx. = 25,0m)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 < 2,40 m	3D4	91

Fonte: Adaptada de Quadro de fabricação de veículos (DNIT, 2021).

Figura 38 – Classes de veículos de 8 e 9 eixos consideradas

SILHUETA	GRUPO/ Nº EIXOS	PBT ou PBTC / (5%)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
8 EIXOS:					
	5 / 8	67 (70,35) comprimento entre 25m e 30m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E7E8 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56, d67 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d78 < 2,40 m	3J5	114
9 EIXOS:					
	7 / 9	80 / (84) comprimento entre 25m e 30m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + DOIS SEMI-REBOQUES E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E5 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E9 = eixo simples; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56, d78, d89 > 2,40 m 1,20 m < d23, d67 < 2,40 m	3D6	94

Fonte: Adaptada de Quadro de fabricação de veículos (DNIT, 2021).

A taxa de crescimento de veículos varia conforme cada projeto e depende de diversos aspectos. O DNIT (2006) relata que é comum adotar o percentual de 3% à falta de informações de variáveis econômicas, já o DAER utiliza a partir de 5% como base de crescimento percentual de veículos. Dessa forma, para este trabalho de fins acadêmicos, foi considerado uma taxa anual de crescimento de 3%.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

No intuito de investigar a relação do impacto da sobrecarga nos eixos e o número N, bem como aos danos causados nas estruturas de pavimentos dimensionadas, as cargas de cada eixo foram alteradas no método MeDiNa de forma que essas modificações geraram um novo número N equivalente à solicitação de tráfego com sobrecarga. Foram simuladas quatro situações de sobrecarga, dispostos em cinco cenários, para cada um dos trechos rodoviários analisados, descritas a seguir:

- a) cenário 1: dimensionamento da infraestrutura da rodovia considerando as Cargas Máximas Legais (CML) do PBT;
- b) cenário 2: análise de danos considerando que 50% dos veículos trafegam com a Carga Máxima Legal (CML) adicionando a máxima tolerância do PBT (sobrecarga de 5%);
- c) cenário 3: análise de danos considerando que 50% dos trafegam com a Carga Máxima Legal (CML) com adição da máxima tolerância de carga nos eixos (sobrecarga de 12,5%);
- d) cenário 4: análise de danos considerando que 50% dos veículos trafegam com sobrecarga de 20% nos eixos;
- e) cenário 5: análise de danos considerando que 50% dos veículos trafegam com sobrecarga de 30% nos eixos.

É importante destacar que os cenários 2 e 3 estão fundamentados nas tolerâncias previstas pela legislação, que correspondem a variações de 5% e 12,5%, respectivamente. Por outro lado, os cenários 4 e 5, de 20% e 30% de sobrecarga, respectivamente, são hipotéticos e foram adotados com base em dados de pesquisas da área.

O método MeDiNa foi a principal ferramenta utilizada para o dimensionamento das estruturas dos pavimentos flexíveis e análise dos resultados obtidos.

3.3.1 Materiais

Os materiais utilizados na composição das estruturas dos pavimentos do presente estudo estão disponíveis no *software* MeDiNa, com parâmetros ensaiados e disponibilizados como referência aos projetistas. Ressalta-se que, para fins práticos o programa recomenda que o projetista insira as informações confiáveis e parâmetros reais dos materiais, obtidos por meio de ensaios laboratoriais, que condizem com a realidade do material aplicado na execução.

As camadas de materiais criadas são limitadas pelo programa, de modo que a camada de revestimento tenha no mínimo cinco centímetros e no máximo quinze centímetros. Quando há necessidade de ser de uma espessura superior, uma nova camada deve ser inserida. O mesmo processo é válido também para as camadas de

materiais granulares, como base e sub-base, sendo que as espessuras mínimas e máximas são de quinze e quarenta centímetros, respectivamente.

As camadas de revestimento projetadas para os pavimentos estudados são compostas por concreto asfáltico, descrita na ferramenta como “CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba” e suas propriedades estão na Tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros do revestimento asfáltico

Parâmetros	CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70
Tipo de CAP	CAP 50/70 - PG 64-16
Coefficiente de Poisson	0,30
Massa específica (g/cm ³)	2,4
Resistência à tração (MPa)	1,91
Teor de asfalto (%) = 6,0	6,0
Volume de vazios (%)	5,0
Faixa granulométrica	#12,5mm
Abrasão Los Angeles (%)	40,0
Norma ou Especificação	DNIT ES 31
Fadiga – coeficiente de regressão (k1)	3,0e-13
Fadiga – coeficiente de regressão (k2)	-3,78
Classe de fadiga	1
FFM (100µ a 250µ)	0,73

Fonte: Elaborada pela autora.

Os materiais granulares escolhidos para compor as camadas de base e sub-base do pavimento asfáltico, são respectivamente os materiais denominados no *software* MeDiNa como, “Brita Graduada – Gnaisse C5” e “Brita Graduada – Gnaisse C6”. Os parâmetros destes materiais são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Parâmetros dos materiais de base e sub-base dos pavimentos

Parâmetros	Base	Sub-base
	Brita Graduada: Gnaisse C5	Brita Graduada: Gnaisse C6
Coefficiente de Poisson	0,35	0,35
Módulo de resiliência linear (MPa)	381	278
Umidade ótima (%)	5,0	7,5
Energia de compactação	Modificada	Modificada
Abrasão Los Angeles (%)	43,0	43,0
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k1)	0,0868	0,1294
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k2)	-0,2801	-0,0647
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k3)	0,8929	1,100
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k4)	0,961	0,0735

DP₍₁₎ – Deformação permanente.

Fonte: Elaborada pela autora.

Da mesma forma que nos outros materiais, é relevante analisar as propriedades reais do subleito de cada local para prever o comportamento do solo sob as condições de tráfego. No entanto, para fins teóricos, foi fixado um solo siltoso como

subleito dos trechos, de parâmetros apresentados na Tabela 19, com parâmetros predefinidos disponíveis no *software* MeDiNa.

Tabela 19 – Parâmetros do subleito

Parâmetros	-
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)	1,80
Umidade ótima (%)	13
Energia Compactação	Normal
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k1)	0,244
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k2)	0,419
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k3)	1,309
DP ₍₁₎ - coef. de regressão (k4)	0,069

Fonte: Elaborada pela autora.

3.3.2 Dados de tráfego no MeDiNa

Para obter-se a grandeza relacionada a ação do tráfego no pavimento, número N, e para que o programa realize o cálculo do N de projeto, é preciso inserir informações fundamentais, como Volume Médio Diário (VMD) no 1º ano, percentual de veículos na faixa de projeto, taxa de crescimento de tráfego e período de projeto (anos), e as configurações dos eixos para obtenção do FV, conforme mostra a Figura 39. O programa demonstra alta sensibilidade em relação aos seus resultados quando ocorre a alteração do parâmetro numérico N. Essas informações tornam-se fundamentais para realizar adequados dimensionamentos.

Figura 39 – Inserção de dados de tráfego no MeDiNa



EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	951
FV:	10.426
N anual (1º ano):	3,62e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	3,62e+06
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	4,15e+07

Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

O *software* calcula automaticamente o Fator de Veículo (FV) com base em fatores de carga predefinidos, seguindo o método do DNIT. A inserção de cada eixo é realizada manualmente. É relevante destacar que é possível modificar as cargas previamente inseridas, incluindo sobrecargas diretamente no programa, na coluna de carga. Isso permite a coleta de dados para análise dos efeitos gerados por essas cargas adicionais através dos relatórios de resultados gerados, sendo essa a abordagem metodológica utilizada.

A fim de realizar a análise dos danos e estimar a redução da vida útil das estruturas, de acordo com a metodologia descrita anteriormente neste capítulo, é necessário inserir as cargas no *software* MeDiNa, considerando os respectivos percentuais de sobrecarga.

3.3.3 Dimensionamento e avaliação das estruturas no *software* MeDiNa

Após a inserção dos dados de tráfego e materiais é realizado o dimensionamento através da verificação das camadas pré-definidas. Através do comando “análise”, o *software* irá avaliar com base nas características dos materiais de projeto e respectivas espessuras das camadas.

O *software* tem como base para análise da estrutura proposta três critérios, conforme apresentado na *Tabela 7 – Critério de parada das análises e grau de confiabilidade*, que são eles: o nível de confiabilidade conforme o tipo de via. Já a área trincada estimada do pavimento no fim de período de projeto e o afundamento de trilha de roda. Este último pode variar de 10 a 20mm, conforme o tipo de via, já a área trincada o programa impõe como limite 30%. Caso algum desses critérios não sejam atendidos, o MeDiNa exibe o alerta de “tráfego elevado para a estrutura proposta”.

3.3.4 Verificação das estruturas com sobrecarga no *software* MeDiNa

A partir das estruturas dos pavimentos flexíveis definidas para hipótese sem acréscimo de carga, com o propósito de garantir dados comparáveis, foi criado um projeto de pavimento novo no MeDiNa para cada *cenário*, em que a estrutura possui as mesmas espessuras de camadas, materiais e configuração de tráfego (% fator de eixo), sendo apenas a carga de cada eixo alterada. A alteração nos fatores de carga por eixo foi utilizada para converter o número de passagens para o eixo padrão de 8,2

t. Esse acréscimo de carga resulta em um aumento do FV e, conseqüentemente, em um novo valor calculado de N equivalente. Ao analisar essa mesma estrutura com um valor de N maior, o programa estima um novo percentual de área trincada e de afundamento do trilho de roda.

A partir da aba resultados, portanto, verifica-se um relatório completo dos materiais utilizados e o detalhamento da evolução dos danos, bem como, análises sobre as deflexões e sobre o afundamento de trilho de roda. Todos os relatórios estão disponíveis no Apêndice A.

Figura 40 – Evolução dos danos no pavimento

Evolução dos danos no pavimento			
Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,975e+05	0,80%	1,6
6	1,796e+06	1,68%	1,9
12	3,619e+06	2,42%	2,0
18	5,469e+06	3,13%	2,0
24	7,347e+06	3,86%	2,1
30	9,252e+06	4,64%	2,1
36	1,119e+07	5,49%	2,2
42	1,315e+07	6,42%	2,2
48	1,514e+07	7,43%	2,2
54	1,716e+07	8,55%	2,3
60	1,921e+07	9,78%	2,3
66	2,130e+07	11,13%	2,3
72	2,341e+07	12,61%	2,3
78	2,555e+07	14,22%	2,3
84	2,773e+07	15,97%	2,4
90	2,994e+07	17,87%	2,4
96	3,218e+07	19,92%	2,4
102	3,446e+07	22,13%	2,4
108	3,677e+07	24,48%	2,4
114	3,911e+07	26,99%	2,4
120	4,149e+07	29,64%	2,4

Fonte: *Software* MeDiNa (2022).

A Figura 40 ilustra como o *software* apresenta a estimativa de danos ao longo do período de projeto na estrutura dimensionada. Os valores apresentados indicam a evolução de área trincada e ATR, ao longo dos 10 anos, ou 120 meses, bem como permitem verificar o aumento da solicitação de tráfego, através do N equivalente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados dos dimensionamentos realizados no *software* MeDiNa, as análises e discussões do comprometimento da vida útil da estrutura e seu comportamento quanto à deformação permanente e critério de fadiga.

Para a definição dos cenários analisados considerou-se os critérios de limite de parada que o programa utiliza, apresentados na Tabela 7. Os relatórios completos das análises e dimensionamentos das estruturas no programa MeDiNa constam no Apêndice A.

4.1 NÚMERO N

O cálculo do número N desempenha um papel determinante na vida útil esperada do pavimento, e envolve a consideração de parâmetros significativos. Nesse sentido, foi adotado um período de projeto de 10 anos, comumente utilizado por órgãos rodoviários. Utilizou-se o fator climático regional (FR) estabelecido como 1,0, enquanto os fatores de veículo (FV) foram determinados com base nas cargas por eixo (em toneladas) e no fator de equivalência de carga, utilizando o método USACE.

Com base nos dados de tráfego disponibilizados no capítulo 3.2.3, para o cálculo do Volume Médio Diário (VMD) foi considerado a média diária para cada sentido, ou seja, obtendo a soma de todos os dias da semana e dividindo o total por sete dias, de acordo com as Tabelas 20 a 27. Os valores escolhidos para serem utilizados foram os de maior VMD entre os dois sentidos.

Para os dados de tráfego anteriores a 2022, foram atualizados utilizando o percentual de crescimento anual de 3% anual no tráfego. Para as rodovias de pista dupla adotou-se a previsão de que 75% do tráfego ocorre em uma das pistas para o cálculo do Volume Médio Diário (VMD).

Tabela 20 – VMD BR-420/BA km 311

Volume Médio Diário/ 2022 - BR-420/BA km 311										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	916	282	55	32	24	2	0	0	1311	187
D (decrescente)	696	217	44	19	23	6	0	2	1007	144
Média em C	131	40	8	5	3	0	0	0		187

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 21 – VMD BR-135/BA km 339

Volume Médio Diário/ 2022 - BR-135/BA km 339										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	276	93	16	4	4	1	0	0	394	56
D (decrescente)	255	134	12	6	11	1	0	0	419	60
Média em D	36	19	2	1	2	0	0	0		60

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 22 – VMD BR-287/RS km 409

Volume Médio Diário/ 2022 - BR-287/RS km 409										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	350	238	177	109	166	64	0	24	1128	161
D (decrescente)	414	215	155	83	232	76	0	57	1232	176
Média em D	59	31	22	12	33	11	0	8		176

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 23 – VMD BR-116/MG km 553

Volume Médio Diário/ 2021 - BR-116/MG km 553										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	1684	1475	1002	739	1266	108	6	98	6378	911
D (decrescente)	1668	1477	930	904	1290	84	6	105	6464	923
Média em D	238	211	133	129	184	12	1	15		923
Em 2022	245	217	137	133	190	12	1	15		951

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 24 – VMD BR-116/RS km 226

Volume Médio Diário VMD/2022 - BR-116/RS km 226										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	3768	1101	402	120	83	6	0	1	5481	783
D (decrescente)	2620	806	324	109	119	21	0	5	4004	572
Média em C	538	157	57	17	12	1	0	0		783

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 25 – VMD BR-285/RS km 362

Volume Médio Diário/ 2022 - BR-285/RS km 362										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
decrescente)	1135	1090	1175	841	1237	131	4	216	5829	833
crescente)	1171	913	920	652	1463	330	3	217	5669	810
Média em C	162	156	168	120	177	19	1	31		833

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 26 – VMD BR-116/SP km 119

Volume Médio Diário/ 2019 - BR-116/SP km 119										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	15638	13638	8691	6100	6425	661	7	350	51510	7359
D (decrescente)	13305	13288	7377	6235	8005	771	7	638	49626	7089
Média em C	2234	1948	1242	871	918	94	1	50		7359
75%	1676	1461	931	654	688	71	1	38		5519
Em 2022	1831	1597	1017	714	752	77	1	41		6031

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 27 – VMD BR-116/SP km 437

Volume Médio Diário/ 2018 - BR-116/SP km 437										
Sentido	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	Total semanal	VMD
C (crescente)	6862	8747	7945	5257	7008	886	50	835	37590	5370
D (decrescente)	4198	5517	4547	3276	4732	509	23	431	23233	3319
Média em C	980	1250	1135	751	1001	127	7	119		5370
75%	735	937	851	563	751	95	5	89		4028
Em 2022	827	1055	958	634	845	107	6	103		4535

Fonte: Elaborada pela autora.

Os fatores de eixo (FE) no 1º ano em percentual que foram inseridos no MeDiNa, para cada um dos pavimentos, estão representados na Tabela 28.

Tabela 28 – Veículos por classe e fator de eixo

Número de veículos por classe e Fator de eixo (%)											
	% de veículos na faixa de projeto	N	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	VDM
BR-420/BA km 311	100%	3,96E+06	131 70,0%	40 21,6%	8 4,2%	5 2,4%	3 1,8%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	187 100%
BR-135/BA km 339	100%	3,17E+06	36 60,9%	19 32,0%	2 2,9%	1 1,4%	2 2,6%	0 0,2%	0 0,0%	0 0,0%	60 100%
BR-287/RS km 409	100%	8,18E+06	59 33,5%	31 17,6%	22 12,5%	12 6,8%	33 18,8%	11 6,3%	0 0,0%	8 4,6%	176 100%
BR-116/MG km 553	100%	4,15E+07	245 25,8%	217 22,8%	137 14,4%	133 14,0%	190 20,0%	12 1,3%	0,88286 0,1%	15,45 1,6%	951 100%
BR-116/RS km 226	100%	1,70E+07	538 68,8%	157 20,1%	57 7,3%	17 2,2%	12 1,5%	1 0,1%	0 0,0%	0 0,0%	782 100%
BR-285/RS km 362	100%	4,08E+07	162 19,4%	156 18,7%	168 20,1%	120 14,4%	177 21,2%	19 2,3%	1 0,1%	31 3,7%	834 100%
BR-116/SP km 119	75%	2,29E+08	1831 30,4%	1597 26,5%	1017 16,9%	714 11,8%	752 12,5%	77 1,3%	0,81953 0,0%	40,9763 0,7%	6031 100%
BR-116/SP km 437	75%	2,11E+08	827 18,2%	1055 23,3%	958 21,1%	634 14,0%	845 18,6%	107 2,4%	6 0,1%	103 2,3%	4535 100%

Fonte: Elaborada pela autora.

As verificações de cálculo do Fator de Veículo (FV) e do número N foram realizadas utilizando planilhas no *MS Excel*, como exemplificado na Tabela 29.

Tabela 29 – Planilha exemplar de verificação dos cálculos

NÚMERO DE FV PARA BR-420 BA KM311 COM 5% DE SOBRECARGA (VERIFICAÇÃO)								
Veículo	Carga (t)	FE	FC	FV	Eixo com sobrecarga (t)	FE com sobrecarga	FC com sobrecarga	FV com sobrecarga
2 eixos	6	35,00%	0,278	0,097	6,3	35,00%	0,338	0,118
	10	35,00%	3,289	1,151	10,5	35,00%	4,463	1,562
3 eixos	6	10,80%	0,278	0,030	6,3	10,80%	0,338	0,037
	10	10,80%	3,289	0,355	10,5	10,80%	4,463	0,482
	10	10,80%	3,289	0,355	10,5	10,80%	4,463	0,482
4 eixos	6	2,10%	0,278	0,006	6,3	2,10%	0,338	0,007
	10	2,10%	3,289	0,069	10,5	2,10%	4,463	0,094
	10	2,10%	3,289	0,069	10,5	2,10%	4,463	0,094
	10	2,10%	3,289	0,069	10,5	2,10%	4,463	0,094
5 eixos	6	1,20%	0,278	0,003	6,3	1,20%	0,338	0,004
	10	1,20%	3,289	0,039	10,5	1,20%	4,463	0,054
	10	1,20%	3,289	0,039	10,5	1,20%	4,463	0,054
	10	1,20%	3,289	0,039	10,5	1,20%	4,463	0,054
	10	1,20%	3,289	0,039	10,5	1,20%	4,463	0,054
6 eixos	6	0,90%	0,278	0,003	6,3	0,90%	0,338	0,003
	17	0,90%	8,549	0,077	17,85	0,90%	11,171	0,101
	10	0,90%	3,289	0,030	10,5	0,90%	4,463	0,040
	10	0,90%	3,289	0,030	10,5	0,90%	4,463	0,040
	10	0,90%	3,289	0,030	10,5	0,90%	4,463	0,040
7 eixos	6	0,00%	0,278	0,000	6,3	0,00%	0,338	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
8 eixos	6	0,00%	0,278	0,000	6,3	0,00%	0,338	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	10	0,00%	3,289	0,000	10,5	0,00%	4,463	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
9 eixos	6	0,00%	0,278	0,000	6,3	0,00%	0,338	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	10	0,00%	3,289	0,000	10,5	0,00%	4,463	0,000
	10	0,00%	3,289	0,000	10,5	0,00%	4,463	0,000
	17	0,00%	8,549	0,000	17,85	0,00%	11,171	0,000
	10	0,00%	3,289	0,000	10,5	0,00%	4,463	0,000
	10	0,00%	3,289	0,000	10,5	0,00%	4,463	0,000
				2,532				3,412
FV total					5,944			
N10		4,65E+06						
N primeiro ano		4,06E+05						

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota-se que foram aplicados 5% na coluna de carga por eixo de 50% dos veículos, o FC é calculado pelo método de USACE, e o FV total é obtido pela soma do FV sem acréscimo e do FV com acréscimo, demonstrado na Tabela 29.

Essa abordagem foi aplicada a todos os pavimentos para os cinco cenários e respectivos acréscimos de percentuais de sobrecarga, além de verificados simultaneamente com os valores do *software* MeDiNa, demonstrando coerência na metodologia de análise e na obtenção dos resultados.

Para que o *software* leve em consideração os percentuais de sobrecarga em apenas 50% dos veículos, as linhas referentes a cada eixo foram duplicadas. Dessa forma, foi realizado um incremento de percentual nos eixos para apenas metade do tráfego obtido. Inicialmente, os fatores de eixo foram divididos por dois e, em seguida, todas as linhas foram modificadas de acordo com o respectivo novo percentual, de acordo com as Tabelas 30 e 31. Em seguida, foram ajustadas as cargas correspondentes nas linhas em que os eixos foram duplicados, considerando os quatro cenários expostos na metodologia, com as sobrecargas de 5%, 12,5%, 20% e 30%, e dessa forma, os valores de Fator de Veículo (FV) e de números N são recalculados pelo MeDiNa.

Tabela 30 – Exemplo de veículo de dois eixos sem sobrecarga

EIXO	CONFIGURAÇÃO	RODAS	FATOR DE EIXO (%) (1º Ano)	CARGA (ton)	FATOR DE CARGA (FC)	FATOR DE VEÍCULO (FVi)
1	Eixo Simples	2	16,8	6,00	0,278	0,047
2	Eixo simples de roda dupla	4	16,8	10,00	3,289	0,553

Fonte: *Software* MeDiNa (2023).

Tabela 31 – Exemplo de modificação de carga para veículo de dois eixos com excesso de carga de 5%

EIXO	CONFIGURAÇÃO	RODAS	FATOR DE EIXO (%) (1º Ano)	CARGA (ton)	FATOR DE CARGA (FC)	FATOR DE VEÍCULO (FVi)
36	Eixo Simples	2	16,8	6,30	0,338	0,057
37	Eixo simples de roda dupla	4	16,8	10,50	4,463	0,750

Fonte: *Software* MeDiNa (2023).

Observa-se, portanto, que para a BR-287 km 409, utilizada como exemplo, o fator de eixo total para veículos de 2 eixos é de 33,8%, no entanto, no processo foram duplicados estes eixos, aplicando-se 16,75% para cada situação, modificando-se a carga apenas em 50%, conforme o objetivo desse estudo.

Figura 41 – Exemplo do processo de inserção dos dados de tráfego no MeDiNa

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = 951

Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = 12,20

Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): 4,23e+06

% Veículos na faixa de projeto: 100%

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: 4,23e+06

Taxa de crescimento do tráfego: 3,0%

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = 4,85e+07

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,036
2	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,424
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
16	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,855
17	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
18	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
19	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
36	Eixo Simples	13%	6,30	0,338	0,044

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 42 – Continuação do exemplo do processo de inserção dos dados de tráfego no MeDiNa

36	Eixo Simples	13%	6,30	0,338	0,044
37	Eixo simples de roda dupla	13%	10,50	4,463	0,576
38	Eixo Simples	11%	6,30	0,338	0,039
39	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,509
40	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,509
41	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
42	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
43	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
44	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
45	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
46	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
47	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
48	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
49	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
50	Eixo Simples	10%	6,30	0,338	0,034
51	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,85	11,171	1,117
52	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
53	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
54	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
55	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,002
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,004
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
64	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,003
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,089
66	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
67	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,089
69	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
70	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036

Fonte: *Software* MeDiNa (2023).

Pode-se observar nas Figuras 41 e 42, do relatório de resultados do programa, a exemplificação de como foi feito a inserção dos percentuais de sobrecarga no MeDiNa, em que nas linhas de 1 a 35, foram inseridos os respectivos eixos dos veículos de 2 a 9 eixos, preenchidos com metade do valor do Fator de Eixo (FE) e sem nenhum percentual de sobrecarga. Em seguida, nas linhas numeradas de 36 a 70, também foram inseridos os eixos correspondentes aos veículos de 2 a 9 eixos, com metade do valor do FE, mas desta vez com um percentual de sobrecarga de 5% na coluna de “Carga”.

4.2 DIMENSIONAMENTOS DAS ESTRUTURAS

À vista do critério de análise empregado pelo MeDiNa, para definição das espessuras das camadas utilizadas, foram realizados testes de diferentes configurações para a mesma estrutura, e os dimensionamentos do pavimento para cada cenário, com o objetivo de ajustar um pavimento com a menor espessura possível de camada, resultando na aprovação da estrutura utilizada de acordo com a solicitação de tráfego calculada.

A seguir, as telas do *software*, apresentadas nas Figuras de 43 a 50, mostram as espessuras das camadas do pavimento, os dados de tráfego e o resultado da análise referente a área trincada e afundamento de trilha de roda (ATR) para as rodovias selecionadas, conforme o *cenário 1*, sem nenhum acréscimo de carga.

Figura 43 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-420/BA km 311

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR420 BA KM311 SEM SOBRECARGA MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduado - Gnaisse C5	15,0	381	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduado - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODoviÁRIO
 DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	187
FV:	5.065
N anual (1º ano):	3.46e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	3.46e+05
Taxa de crescimento (%):	3.0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	3.96e+06

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 75%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,7%
 Afundamento de Trilha de Roda: 4,3mm

Fonte: *Software* MeDiNa (2023).

Figura 44 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-287/RS km 409

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR287 RS km 409 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	381	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	176
FV:	11,102
N anual (1º ano):	7,13e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7,13e+05
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	8,18e+06

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 75%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,6%
 Afundamento de Trilha de Roda: 4,0mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 45 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/MG km 553

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR116 MG KM553 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	951
FV:	10,426
N anual (1º ano):	3,62e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	3,62e+06
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	4,15e+07

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 75%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,6%
 Afundamento de Trilha de Roda: 2,4mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 46 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/RS km 226

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR116 RS KM226 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via: Sistema Arterial Secundário

VMD (1º ano): 782

FV: 5.184

N anual (1º ano): 1,48e+06

% Veículos na faixa de projeto: 100

N Anual da faixa: 1,48e+06

Taxa de crescimento (%): 3,0

Período de projeto (anos): 10

N Total: 1,70e+07

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---

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

Nível de confiabilidade da análise: 75%

Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,1%

Afundamento de Trilha de Roda: 2,9mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 47 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-285/RS km 362

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR-285 RS KM 362 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via: Sistema Arterial Secundário

VMD (1º ano): 834

FV: 11.680

N anual (1º ano): 3,56e+06

% Veículos na faixa de projeto: 100

N Anual da faixa: 3,56e+06

Taxa de crescimento (%): 3,0

Período de projeto (anos): 10

N Total: 4,08e+07

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---

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

Nível de confiabilidade da análise: 75%

Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,9%

Afundamento de Trilha de Roda: 2,5mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 48 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/SP km 119

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR116 SP KM119 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	35,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	20,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	6031
FV:	9,090
N anual (1º ano):	2,00e+07
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	2,00e+07
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	2,29e+08

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 95%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,4%
 Afundamento de Trilha de Roda: 2,2mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 49 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-116/SP km 437

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Gabriela EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR116 SP KM437 MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	8289	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	8289	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	4535
FV:	11,097
N anual (1º ano):	1,84e+07
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	1,84e+07
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	2,11e+08

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 95%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,4%
 Afundamento de Trilha de Roda: 2,4mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

Figura 50 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-135/BA km 339

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Nome do autor ou dos autores do projeto EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR-135 km339 BA MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	381	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	60
FV:	5,387
N anual (1º ano):	1,18e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	1,18e+05
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	1,35e+06

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 75%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 8,8%
 Afundamento de Trilha de Rodas: 4,7mm

Fonte: *Software* MeDiNa (2023).

É importante ressaltar que apenas a BR-135/BA, no km 339, não se aproximou aos limites de parada estabelecidos pelo *software* durante o dimensionamento para um período de 10 anos, mesmo utilizando as espessuras mínimas permitidas no programa, com base nos critérios de parada atingiu somente 8,8% de área trincada ao final do tempo de projeto. Portanto, em contraste com as demais situações, essa rodovia foi analisada considerando um período de projeto de 20 anos, conforme Figura 51.

Figura 51 – Estrutura do pavimento asfáltico flexível para BR-135/BA km 339 ajustado para 20 anos

MeDiNa - v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Nome do autor ou dos autores do projeto EMPRESA: Nome da empresa projetista

PROJETO: BR-135 km339 BA - 20 anos (exceção: camadas mínimas não rompem com 10 anos) MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	15,0	381	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	278	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Secundário
VMD (1º ano):	60
FV:	5,387
N anual (1º ano):	1,18e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	1,18e+05
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	20
N Total:	3,17e+06

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 75%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,4%
 Afundamento de Trilha de Roda: 5,0mm

Fonte: Software MeDiNa (2023).

À vista do critério de análise empregado pelo MeDiNa, para definição das espessuras das camadas utilizadas, foram realizados testes de diferentes configurações para a mesma estrutura, em todos os dimensionamentos. O objetivo foi ajustar um pavimento com a menor utilização possível de materiais, resultando na aprovação da estrutura utilizada de acordo com a solicitação de tráfego calculada.

Tabela 32 – Resumo das estruturas dimensionadas no MeDiNa

Rodovia	VDM	FV	N10	Concreto asfáltico (cm)	Base de brita (cm)	Sub-base (cm)
BR-420/BA km 311	187	5,065	3,96E+06	6,9	15	15
BR-135/BA km 339(1)	60	5,387	3,17E+06	5	15	15
BR-287/RS km 409	176	11,102	8,18E+06	11	40	15
BR-116/MG km 553	951	10,426	4,15E+07	20	40	15
BR-116/RS km 226	782	5,184	1,70E+07	16,5	40	15
BR-285/RS km 362	834	11,68	4,08E+07	19,9	40	15
BR-116/SP km 119	6031	9,09	2,29E+08	28,9	35	20
BR-116/SP km 437	4535	11,097	2,11E+08	28,3	40	15

(1) Valor do número N para 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

Através da Tabela 32, são apresentadas as configurações adotadas para as camadas por meio do método MeDiNa. Observa-se que, a partir de um valor de N próximo a 10^7 , estruturas foram aprovadas utilizando uma espessura de base de brita graduada de 40 cm. Os testes revelaram que, após essa espessura, um aumento na camada de base não resultava em melhorias nos percentuais de trincamento estimados pelo programa, justificado pelo fato de que os problemas associados ao surgimento de trincas por fadiga estão frequentemente relacionados à espessura, às propriedades e à qualidade do revestimento asfáltico.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nas diferentes configurações de carga estabelecidas nos cenários delineados no capítulo de Metodologia, foram conduzidas as análises de previsão de desempenho, visando avaliar o impacto dos incrementos de carga na integridade estrutural dos pavimentos.

4.3.1 Verificação das estruturas com sobrecargas

Neste subcapítulo são apresentados os resultados obtidos nos cenários simulados para cada um dos trechos rodoviários, associados às modificações dos parâmetros de tráfego e à evolução dos danos, os quais estão diretamente relacionados à vida útil de projeto.

4.3.1.1 Análise do *cenário 2*: sobrecarga de 5%

Para avaliar o potencial de danos na rodovia, foram aplicadas cargas crescentes em cada estrutura de pavimento dimensionada. Inicialmente, uma análise foi realizada para verificar os danos resultantes de uma sobrecarga de 5% em metade dos veículos. É importante ressaltar que essa sobrecarga de 5% está dentro do limite permitido por lei para o peso bruto total (PBT), que é adotada nos postos de pesagem.

A Tabela 33 apresenta os valores de carga por eixo de Fator de Carga (FC), utilizados no cálculo de fator de veículo (FV) e número N equivalente para o percentual de 5% de sobrecarga por eixo.

Tabela 33 – Fator de carga dos veículos com 5% de sobrecarga

Percentual de acréscimo de carga:			5%	
-	Carga máxima do eixo (t)	Fator de carga sem sobrecarga	Eixo com sobrecarga (t)	Fator de carga com sobrecarga
Eixo simples	6	0,278	6,3	0,338
Eixo simples de roda dupla	10	3,289	10,5	4,463
Dois eixos duplos em tandem	17	8,549	17,85	11,171

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 34 – Análise dos pavimentos com 5% de sobrecarga

				Dados coletados no MeDiNa para 5% de sobrecarga				
Rodovia	VMD	FV	N10	Nequiv.	FV	Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período:	Afundamento de Trilha de Roda (mm):	Alerta do <i>software</i> MeDiNa
BR-420/BA km 311	187	5,065	3,96E+06	4,65E+06	5,944	38,0%	5,1 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-135/BA km 339(1)	60	5,387	3,17E+06	3,73E+06	6,333	38,3%	4,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-287/RS km 409	176	11,102	8,18E+06	9,55E+06	12,967	37,9%	4,1 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/MG km 553	951	10,426	4,15E+07	4,85E+07	12,199	38,0%	2,5 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/RS km 226	782	5,184	1,70E+07	1,99E+07	6,086	37,6%	2,9 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-285/RS km 362	834	11,68	4,08E+07	4,77E+07	13,665	38,4%	2,5 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 119	6031	9,09	2,29E+08	2,68E+08	10,627	36,2%	2,2 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 437	4535	11,097	2,11E+08	2,46E+08	12,982	36,2%	2,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."

(1) Valor do número N para o período de 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

Efetuada o acréscimo de sobrecarga de 5% na carga máxima de metade dos veículos, obteve-se os resultados referentes à vida útil e danos à estrutura conforme a Tabela 34. É possível perceber que para todos os pavimentos a área trincada ultrapassa o limite de 30% permitido pelo programa, ficando entre 36,2% e 38,4% os percentuais de área trincada estimada. À vista disso, o *software* exibe o alerta de tráfego elevado para todas as estruturas propostas.

Observa-se que o número N equivalente comparado ao N de projeto, e o FV comparado ao FV com sobrecarga, tiveram um aumento médio de 17%.

No critério de ATR, nenhum dos pavimentos atinge o limite de parada do MeDiNa.

4.3.1.2 Análise do cenário 3: sobrecarga de 12,5%

O segundo percentual de aumento a ser analisado foi de 12,5% por eixo, que é limite máximo de PBT por eixo permitido pela legislação em vigor, em 50% dos veículos.

A Tabela 35 apresenta os valores de carga por eixo de Fator de Carga (FC), utilizados no cálculo de fator de veículo (FV) e número N equivalente para o acréscimo de 12,5% de sobrecarga por eixo.

Tabela 35 – Fator de carga dos veículos com 12,5% de sobrecarga

	Percentual de acréscimo de carga:		12,5%	
	Carga máxima do eixo (t)	Fator de carga sem sobrecarga	Eixo com sobrecarga (t)	Fator de carga com sobrecarga
-				
Eixo simples	6	0,278	6,75	0,446
Eixo simples de roda dupla	10	3,289	11,25	6,871
Dois eixos duplos em tandem	17	8,549	19,125	16,309

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 36 – Análise dos pavimentos com 12,5% de sobrecarga

Rodovia	VMD	FV	N10	Dados coletados no MeDiNa para 12,5% de sobrecarga				
				Nequiv.	FV	Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período:	Afundamento de Trilha de Roda (mm):	Alerta do software MeDiNa
BR-420/BA km 311	187	5,065	3,96E+06	6,05E+06	7,734	57,0%	4,5 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-135/BA km 339(1)	60	5,387	3,17E+06	4,85E+06	8,214	56,4%	5,2mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-287/RS km 409	176	11,102	8,18E+06	1,23E+07	16,725	55,7%	4,2 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/MG km 553	951	10,426	4,15E+07	6,29E+07	15,819	56,4%	2,5 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/RS km 226	782	5,184	1,70E+07	2,59E+07	7,914	56,0%	3,0 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-285/RS km 362	834	11,68	4,08E+07	6,18E+07	17,695	56,7%	2,6 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 119	6031	9,09	2,29E+08	3,15E+08	13,094	52,4%	2,3 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 437	4535	11,097	2,11E+08	3,19E+08	16,827	51,8%	2,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."

(1) Valor do número N para o período de 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

Considerando a alteração de cargas com o adicional de 12,5%, e análise com novos valores de FV e de passagens de eixo padrão equivalentes na rodovia, tem-se na Tabela 36 que para as rodovias que tinham um N de projeto entre 1×10^6 e 5×10^7 , os percentuais de área trincada ficaram entre 55,7% e 57%, e para as estruturas com previsão de tráfego com número N acima de 1×10^8 , entre 51,8% e 52,4%.

Observa-se que o número N equivalente comparado ao N de projeto, e o FV comparado ao FV com sobrecarga, tiveram um aumento médio de cerca de 52%, comparado ao inicial.

4.3.1.3 Análise do *cenário 4*: com sobrecarga de 20%

Continuando a análise de sobrecarga, o pavimento foi examinado sob a condição de um aumento de 20% na carga máxima por eixo, em metade dos veículos. Nesse caso, o valor excede as tolerâncias permitidas.

Na Tabela 37 estão registrados os valores de carga por eixo do Fator de Carga (FC), que são empregados no cálculo do Fator de Veículo (FV) e do número N equivalente para a adição de 20% de sobrecarga por eixo.

Tabela 37 – Fator de carga dos veículos com 20% de sobrecarga

-	Percentual de acréscimo de carga:		20%	
	Carga máxima do eixo (t)	Fator de carga sem sobrecarga	Eixo com sobrecarga (t)	Fator de carga com sobrecarga
Eixo simples	6	0,278	7,20	0,578
Eixo simples de roda dupla	10	3,289	12,00	10,288
Dois eixos duplos em tandem	17	8,549	20,40	23,235

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 38 – Análise dos pavimentos com 20% de sobrecarga

Rodovia	VMD	FV	N10	Dados coletados no MeDiNa para 20% de sobrecarga				
				Nequiv.	FV	Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período:	Afundamento de Trilha de Roda (mm):	Alerta do <i>software</i> MeDiNa
BR-420/BA km 311	187	5,065	3,96E+06	8,04E+06	10,269	80,9%	4,6 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-135/BA km 339(1)	60	5,387	3,17E+06	6,42E+06	10,903	80,2%	5,3 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-287/RS km 409	176	11,102	8,18E+06	1,62E+07	21,955	78,6%	4,3 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/MG km 553	951	10,426	4,15E+07	8,31E+07	20,881	79,7%	2,6 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/RS km 226	782	5,184	1,70E+07	3,44E+07	10,505	79,7%	3,0 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-285/RS km 362	834	11,68	4,08E+07	8,14E+07	23,333	80,0%	2,6 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 119	6031	9,09	2,29E+08	4,59E+08	18,189	74,4%	2,3 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 437	4535	11,097	2,11E+08	4,22E+08	22,217	74,4%	2,5 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."

(1) Valor do número N para o período de 20 anos.

Fonte: elaborado pela autora

Referente aos resultados obtidos com o acréscimo de carga de 20% por eixo para metade dos veículos, na Tabela 38, ressalta-se que para as rodovias que apresentam um N de projeto entre 1×10^6 e 5×10^7 , os percentuais de área trincada ficaram entre 79,7% e 80,9%, e para as estruturas com previsão de tráfego com número N acima de 1×10^8 , em 74% de área trincada.

Observa-se que neste caso o número N equivalente comparado ao N de projeto, e o FV comparado ao FV com sobrecarga, tiveram um aumento médio relevante de 101%, comparado ao inicial.

4.4.1.4 Análise do cenário 5: sobrecarga de 30%

O último percentual de acréscimo analisado é o de 30% a mais da carga máxima em metade dos veículos.

Na Tabela 39 são exibidos os valores de carga por eixo do Fator de Carga (FC), que são utilizados para o cálculo do Fator de Veículo (FV) e do número N equivalente para um aumento de 30% de sobrecarga por eixo.

Tabela 39 – Fator de carga dos veículos com 30% de sobrecarga

Percentual de acréscimo de carga:			30%	
-	Carga máxima do eixo (t)	Fator de carga sem sobrecarga	Eixo com sobrecarga (t)	Fator de carga com sobrecarga
Eixo simples	6	0,278	7,80	0,797
Eixo simples de roda dupla	10	3,289	13,00	16,973
Dois eixos duplos em tandem	17	8,549	22,10	36,039

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 40 – Análise dos pavimentos com 30% de sobrecarga

Rodovia	VMD	FV	N10	Dados coletados no MeDiNa para 20% de sobrecarga				
				Nequiv.	FV	Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período:	Afundamento de Trilha de Roda (mm):	Alerta do software MeDiNa
BR-420/BA km 311	187	5,065	3,96E+06	1,19E+07	15,202	99,0%	4,7 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-135/BA km 339(1)	60	5,387	3,17E+06	9,49E+06	16,129	99,0%	5,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-287/RS km 409	176	11,102	8,18E+06	2,36E+07	31,996	99,0%	4,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/MG km 553	951	10,426	4,15E+07	1,22E+08	30,673	99,0%	2,7 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/RS km 226	782	5,184	1,70E+07	5,09E+07	15,554	99,0%	3,2 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-285/RS km 362	834	11,68	4,08E+07	1,19E+08	34,215	99,0%	2,7 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 119	6031	9,09	2,29E+08	6,74E+08	26,712	99,0%	2,4 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."
BR-116/SP km 437	4535	11,097	2,11E+08	6,19E+08	32,602	99,0%	2,6 mm	"Tráfego elevado para a estrutura proposta."

(1) Valor do número N para o período de 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

À vista dos dados apresentados na Tabela 40, observa-se que com este percentual de sobrecarga todas as estruturas atingem o percentual de dano máximo em relação a estimativa de área trincada.

Observa-se que, nesse caso, houve um aumento médio de 195% no valor do número N equivalente em comparação com o valor de N do projeto original, assim como no FV quando comparado com o FV considerando a sobrecarga.

4.3.2 Avaliação dos danos e redução da vida útil em relação aos cenários de cargas analisados

As avaliações dos danos foram realizadas através dos dados de danos mensais disponibilizados no relatório de danos mensais no *software* MeDiNa.

O comportamento das estruturas revela padrões observáveis que podem ser relacionados, juntamente com os parâmetros de tráfego, à ocorrência de danos e à redução da vida útil dos pavimentos.

4.3.2.1 Desempenho de deformações permanentes

Os resultados obtidos por meio dos cenários analisados apresentaram um discreto aumento no afundamento de trilho de roda (ATR) com as grandezas de tráfegos utilizadas. É possível verificar que a deformação permanente estimada não se aproxima em nenhuma das análises ao limite de parada do MeDiNa, conforme Tabela 41.

Tabela 41 – ATR no fim do período de projeto por rodovia

	Número N	Cenário 1:	Cenário 2:	Cenário 3:	Cenário 4:	Cenário 5:
		CML	CML+5%	CML+12,5%	CML+20%	CML+30%
BR-420/BA km 311	3,96E+06	4,3 mm	4,4 mm	4,5 mm	4,6 mm	4,7 mm
BR-135/BA km 339	3,17E+06	5,0 mm	5,1 mm	5,2 mm	5,3 mm	5,4 mm
BR-287/RS km 409	8,18E+06	4,0 mm	4,1 mm	4,2 mm	4,3 mm	4,4 mm
BR-116/MG km 553	4,15E+07	2,4 mm	2,5 mm	2,5 mm	2,6 mm	2,7 mm
BR-116/RS km 226	1,70E+07	2,9 mm	2,9 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,2 mm
BR-285/RS km 362	4,08E+07	2,5 mm	2,5 mm	2,6 mm	2,6 mm	2,7 mm
BR-116/SP km 119	2,29E+08	2,2 mm	2,2 mm	2,3 mm	2,3 mm	2,4 mm
BR-116/SP km 437	2,11E+08	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm	2,5 mm	2,6 mm

(1) Valor do número N para o período de 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

O ATR é considerado uma falha estrutural do pavimento através das deformações permanentes ocorridas principalmente nas camadas de base, sub-base e/ou subleito, provocadas pelo excesso de tensões verticais oriundas do tráfego. Pode-se afirmar que as estruturas de pavimentos dimensionadas, mesmo com a sobrecarga, resistiram a formação das trilhas de roda.

4.3.2.2 Desempenho de trincamentos por fadiga

Após realizar as devidas análises, levando em consideração as cargas aplicadas aos pavimentos projetados, foi evidenciado um notável incremento na extensão de fissuras antes dos 10 anos de projeto, devido ao tráfego com sobrecarga nos veículos.

Para todas as sobrecargas analisadas o fator preponderante de deterioração ao longo da vida útil pelo método MeDiNa, foi a fadiga do pavimento, representada pela área trincada no pavimento, considerando o limite brasileiro de 30%. A Tabela 42 demonstra a progressão de área trincada ao serem aplicadas as sobrecargas.

Tabela 42 – Comparativo entre as previsões do trincamento por fadiga considerando os distintos cenários de carga

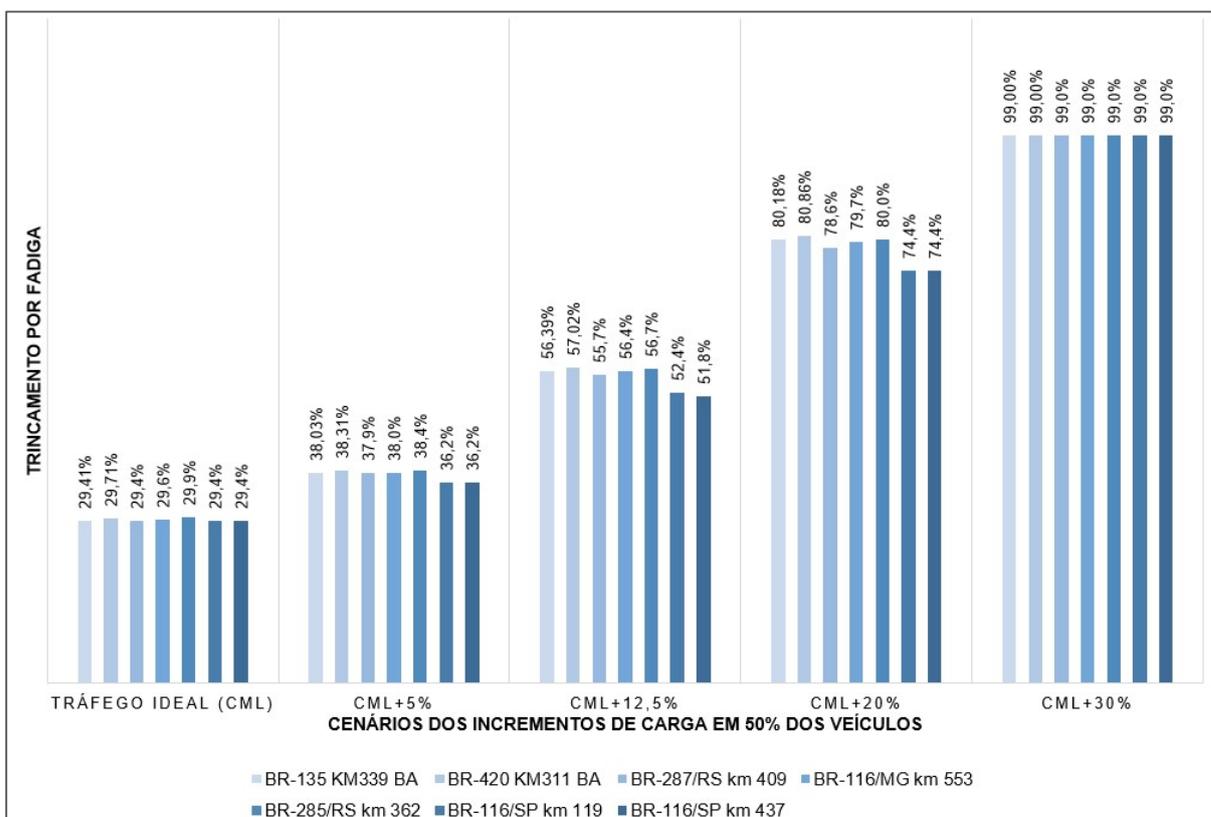
Rodovia	N10	VDM	Situação ideal (CML)	Cenário 1:	Cenário 2:	Cenário 3:	Cenário 4:	Cenário 5:
				CML+5%	CML+12,5%	CML+20%	CML+30%	
BR-420/BA km 311	3,96E+06	187	29,7%	38,0%	56,4%	80,9%	99,0%	
BR-135/BA km 339(1)	3,17E+06	60	29,1%	38,3%	57,0%	80,2%	99,0%	
BR-287/RS km 409	8,18E+06	176	29,4%	37,9%	55,7%	78,6%	99,0%	
BR-116/MG km 553	4,15E+07	951	29,6%	38,0%	56,4%	79,7%	99,0%	
BR-116/RS km 226	1,70E+07	782	29,1%	37,6%	56,0%	79,7%	99,0%	
BR-285/RS km 362	4,08E+07	834	29,9%	38,4%	56,7%	80,0%	99,0%	
BR-116/SP km 119	2,29E+08	6031	29,4%	36,2%	52,4%	74,4%	99,0%	
BR-116/SP km 437	2,11E+08	4535	29,4%	36,2%	51,8%	74,4%	99,0%	

(1) Valor do número N para 20 anos.

Fonte: Elaborada pela autora.

Com os dados dispostos na Tabela 42, foi possível demonstrar as relações entre os resultados obtidos no Gráfico 1, que demonstra a relação entre os percentuais de trincamento dos pavimentos flexíveis hipotéticos e os cenários simulados.

Gráfico 1 – Trincamento por fadiga em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados



Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores apresentados na Tabela 42 demonstraram um aumento expressivo das ocorrências de trincas em todas as rodovias, ao serem considerados acréscimos de cargas mais elevados em 50% da frota de veículos comerciais. A Tabela 43 aponta as diferenças observadas na evolução do trincamento em relação ao número N nos distintos cenários de cargas analisados, sendo que o limite de tolerância nos eixos, atualmente de 12,5%, causa um aumento de 22% a mais de área trincada que o limite (30% no software MeDiNa) quando comparado com efeito do tráfego desses veículos sem incremento de carga, no mesmo período. O total comprometimento funcional do pavimento pode ser considerado no cenário 5 (CML+30%), chegando a 99% da área trincada.

Diante dos percentuais analisados, vale ressaltar que antes mesmo de atingir o percentual máximo de trincamento, outros defeitos poderão se manifestar devido ao agravamento das trincas.

Tabela 43 – Aumento da área trincada para os diferentes cenários analisados em relação ao número N

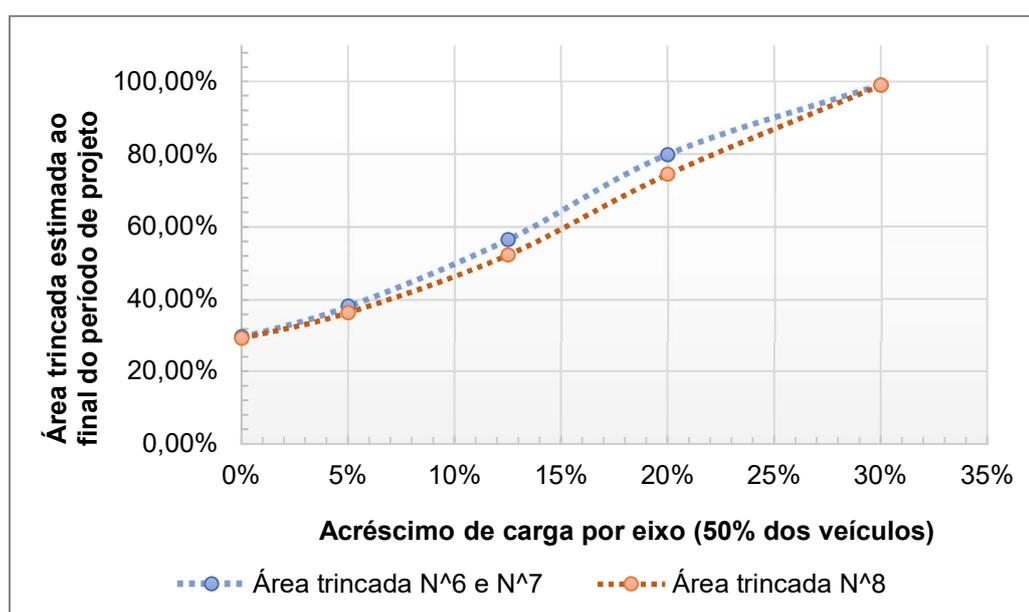
Número N	Cenários			
	CML+5%	CML+12,5%	CML+20%	CML+30%
10^6 e 10^7	excedeu mais de 8% a área trincada limite	excedeu mais de 26% a área trincada limite	excedeu mais de 49% a área trincada limite	excedeu mais de 69% a área trincada limite
10^8	excedeu mais de 6,5% a área trincada limite	excedeu mais de 22% a área trincada limite	excedeu mais de 45% a área trincada limite	

Fonte: Elaborada pela autora.

A discreta diferença da evolução da área trincada entre as grandezas de número N pode ser observada pelas curvas apresentadas no Gráfico 2. Em relação a este aspecto, os resultados sugerem que as estruturas mais robustas que foram dimensionadas para maiores tráfegos tiveram uma redução da vida útil, em termos percentuais, discretamente menor comparadas às estruturas de tráfego leve.

Além disso, também é possível observar no Gráfico 2, onde há um acréscimo mais intenso dos danos com referência ao incremento de sobrecargas. Ao observar as inclinações nos intervalos, pode-se notar, por exemplo, que entre CML+12,5% e CML+20%, a evolução da área de trincamento é mais acentuada.

Gráfico 2 – Progressão da área trincada com acréscimo de sobrecarga por eixo conforme os cenários analisados em relação ao número N



Fonte: Elaborado pela autora.

As curvas que permitem a estimativa do percentual de área trincada ao final do período de projeto relacionando-o com os percentuais de cargas incrementadas conforme os cenários analisados propostos na metodologia, são geradas através de função polinomial de 4º grau com R^2 igual a 1, conforme as equações apresentadas na Tabela 44.

Tabela 44 – Equações

Grandeza do parâmetro N	Equação
10^6 e 10^7	$y = -130,98x^4 + 42,386x^3 + 1,6934x^2 + 1,5297x + 0,2952$
10^8	$y = -116,44x^4 + 44,111x^3 + 0,7189x^2 + 1,2883x + 0,291$

Fonte: Elaborada pela autora.

É importante ressaltar que a presença de trincas no pavimento contribui para o surgimento de outros danos, uma vez que as fissuras facilitam a entrada de água e outros agentes infiltrantes. Isso pode levar à erosão do solo subjacente e, conseqüentemente, ao surgimento de cavidades e deformações ainda mais significativas. Portanto, a ocorrência de trincas no pavimento não apenas compromete sua integridade estrutural, mas também abre caminho para um ciclo de deterioração acelerada, aumentando os riscos para a segurança dos usuários da via e aumentando os custos de manutenção e reparo a longo prazo.

4.3.3.3 Redução da vida útil em relação aos cenários de cargas analisados

Com o intuito de avaliar o impacto dos percentuais de sobrecarga na redução da vida útil, foram considerados os meses nos quais o dano por trincas apresentou a mesma magnitude do previsto no projeto de dimensionamento ao final do período, conforme Tabela 45.

O dano por afundamento de trilho de roda não foi considerado devido à alteração em relação ao acréscimo de sobrecarga não ter sido relevante para fins comparativos.

Tabela 45 – Dados utilizados na avaliação da vida útil das estruturas

	Área trincada	Mês em que atingiu o limite de área trincada (<30%)	Período de projeto (em anos)	Acréscimo de sobrecarga	ATR (mm)	Redução na vida útil	Previsão de vida útil
BR-135/BA km 339	29,40%	240	20,00	0%	5,00	0%	100,00%
VDM: 60	30,00%	214,7	17,89	5%	5,00	10,54%	89,46%
N20: 3,17E+06	30,00%	174,1	14,51	12,50%	5,00	27,46%	72,54%
FV 1º ANO: 5,387	30,00%	137,6	11,47	20,00%	5,00	42,67%	57,33%
	30,00%	97,9	8,16	30,00%	5,00	59,21%	40,79%
BR-420/BA km 311	29,70%	120	10,00	0%	4,33	0,00%	100,00%
VDM: 187	30,00%	104,9	8,74	5%	4,33	12,58%	87,42%
N10: 3,96E+06	30,00%	82,92	6,91	12,50%	4,33	30,90%	69,10%
FV 1º ANO: 5,065	30,00%	63,98	5,33	20,00%	4,33	46,68%	53,32%
	30,00%	44,3	3,69	30,00%	4,33	63,08%	36,92%
BR-287/RS km 409	29,60%	120	10,00	0%	4	0,00%	100,00%
VDM: 176	30,00%	105,6	8,80	5%	4,02	12,00%	88,00%
N10: 8,18E+06	30,00%	84,14	7,01	12,50%	4,02	29,88%	70,12%
FV 1º ANO: 11,102	30,00%	65,63	5,47	20,00%	4,02	45,31%	54,69%
	30,00%	46,15	3,85	30,00%	4,02	61,54%	38,46%
BR-116/MG km 553	29,40%	120	10,00	0%	2,45	0,00%	100,00%
VDM: 951	30,00%	112,24	9,35	5%	2,45	6,47%	93,53%
N10: 4,15E+07	30,00%	89,17	7,43	12,50%	2,45	25,69%	74,31%
FV 1º ANO: 10,426	30,00%	69,28	5,77	20,00%	2,44	42,27%	57,73%
	30,00%	48,42	4,04	30,00%	1,45	59,65%	40,35%
BR-116/RS km 226	29,40%	120	10,00	0%	2,9	0,00%	100,00%
VDM: 782	30,00%	105,31	8,78	5%	2,87	12,24%	87,76%
N10: 1,70E+07	30,00%	83,51	6,96	12,50%	2,87	30,41%	69,59%
FV 1º ANO: 5,184	30,00%	64,78	5,40	20,00%	2,87	46,02%	53,98%
	30,00%	45,21	3,77	30,00%	2,87	62,33%	37,68%
BR-285/RS km 362	29,40%	120	10,00	0%	2,9	0,00%	100,00%
VDM: 834	30,00%	106,08	8,84	5%	2,87	11,60%	88,40%
N10: 4,08E+07	30,00%	83,92	6,99	12,50%	2,87	30,07%	69,93%
FV 1º ANO: 11,68	30,00%	64,78	5,40	20,00%	2,87	46,02%	53,98%
	30,00%	44,86	3,74	30,00%	2,87	62,62%	37,38%
BR-116/SP km 119	29,40%	120	10,00	0%	2,2	0,00%	100,00%
VDM: 6031	30,00%	106,19	8,85	5%	2,2	11,51%	88,49%
N10: 2,29E+08	30,00%	83,54	6,96	12,50%	2,19	30,38%	69,62%
FV 1º ANO: 9,09	30,00%	65,35	5,45	20,00%	2,2	45,54%	54,46%
	30,00%	45,62	3,80	30,00%	2,20	61,98%	38,02%
BR-116/SP km 437	29,40%	120	10,00	0%	2,4	0,00%	100,00%
VDM: 4535	30,00%	106,17	8,85	5%	2,36	11,53%	88,48%
N10: 2,11E+08	30,00%	84,25	7,02	12,50%	2,36	29,79%	70,21%
FV 1º ANO: 11,097	30,00%	65,35	5,45	20,00%	2,36	45,54%	54,46%
	30,00%	45,66	3,81	30,00%	2,36	61,95%	38,05%

Fonte: Elaborada pela autora.

Sobre a durabilidade das estruturas, é evidenciado na Tabela 45 e no Gráfico 3 que a BR-135/BA km 339 apresentaria uma vida útil prolongada, sendo

aproximadamente o dobro em comparação com as demais rodovias. No entanto, essa discrepância ocorre devido ao fato de que o projeto de dimensionamento no MeDiNa não considerou como parâmetro a proximidade de 30% do limite de área trincada. Isso ocorre porque, ao utilizar as espessuras mínimas permitidas pelo *software* MeDiNa, elas ficam distantes do limite de parada, com uma capacidade estrutural maior do que o esforço de tráfego calculado.

Tabela 46 – Redução da vida útil das estruturas hipotéticas em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados

	CML+5%		CML+12,5%		CML+20%		CML+30%	
	Período (anos)	Percentual de redução da vida útil	Período (anos)	Percentual de redução da vida útil	Período (anos)	Percentual de redução da vida útil	Período (anos)	Percentual de redução da vida útil
BR-135 KM339 BA	17,89	11%	14,51	27%	11,47	43%	8,16	59%
BR-420 KM311 BA	8,74	13%	6,91	31%	5,33	47%	3,69	63%
BR-287/RS km 409	8,80	12%	7,01	30%	5,47	45%	3,85	62%
BR-116/MG km 553	9,35	7%	7,43	26%	5,77	42%	4,04	60%
BR-116/RS km 226	8,78	12%	6,96	30%	5,40	46%	3,77	62%
BR-285/RS km 362	8,84	12%	6,99	30%	5,40	46%	3,74	63%
BR-116/SP km 119	8,85	12%	6,96	30%	5,45	46%	3,80	62%
BR-116/SP km 437	8,85	12%	7,02	30%	5,45	46%	3,81	62%
REDUÇÃO MÉDIA POR CENÁRIO:		11%		29%		45%		62%

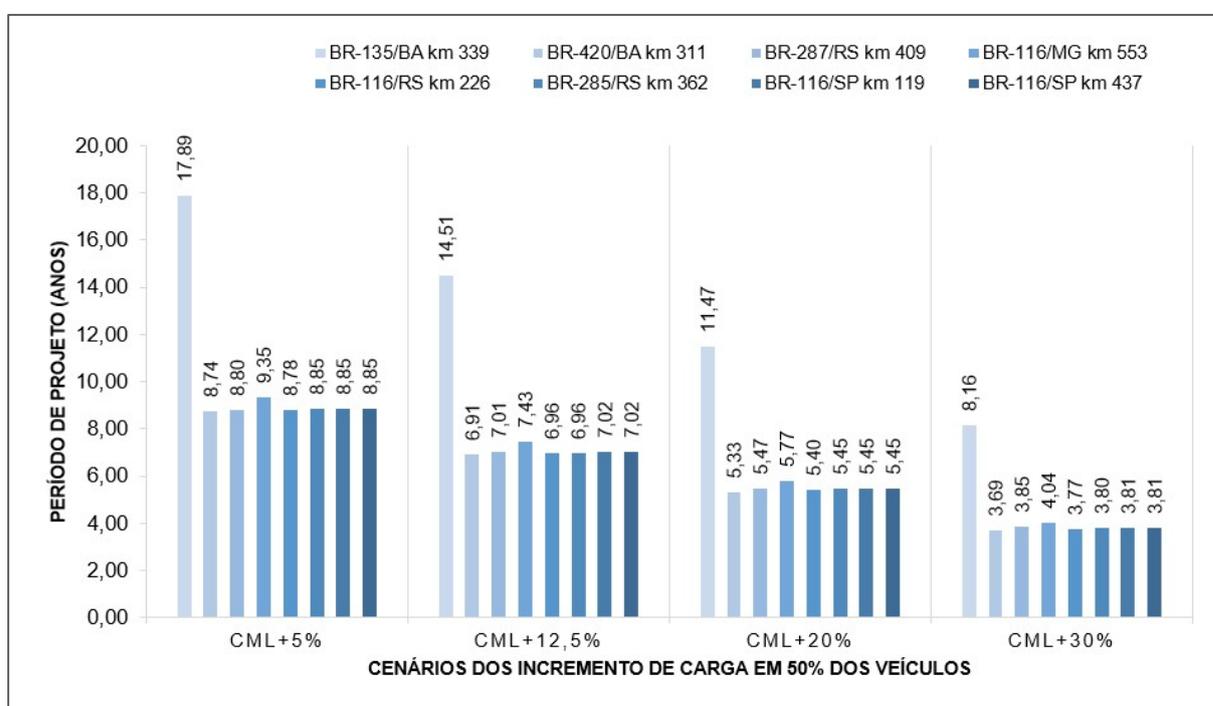
Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 46 e no Gráfico 3, os valores apresentados para as estruturas hipotéticas de cada rodovia correspondem quanto tempo, em anos, cada uma levou para atingir o limite estabelecido de 30% de trincamento por fadiga. Observa-se que percentuais de redução de vida útil em relação ao cenário ideal de tráfego que foram apresentados promovem reduções bem consideráveis na vida útil das rodovias, que podem ser mensuradas.

Os resultados apresentados na Tabela 46 indicam que, para um acréscimo de 5% de carga, em metade dos veículos, constata-se uma redução de 7% a 13% no tempo estimado. Aumentando para 12,5% o excesso de carga por eixo, a redução no período estimado de projeto chega a aproximadamente 30%. Além disso, os resultados indicaram que um incremento de carga de 20% e 30% por eixo resulta em reduções percentuais de cerca de 45% e 62% na vida útil das vias, respectivamente.

O presente estudo revelou que o cenário 4 (CML+20%) apresentou uma redução expressiva na vida útil do pavimento. Esses resultados são consistentes com o estudo experimental de Albano (2005) em que o autor realizou testes em um simulador de tráfego e constatou uma redução de 48% na vida útil do pavimento quando houve excesso de carga de 20% por eixo, utilizando outros métodos de análise. A correlação com o resultado do estudo de Albano (2005) ressalta a importância de considerar o impacto das cargas adicionais no desempenho do pavimento.

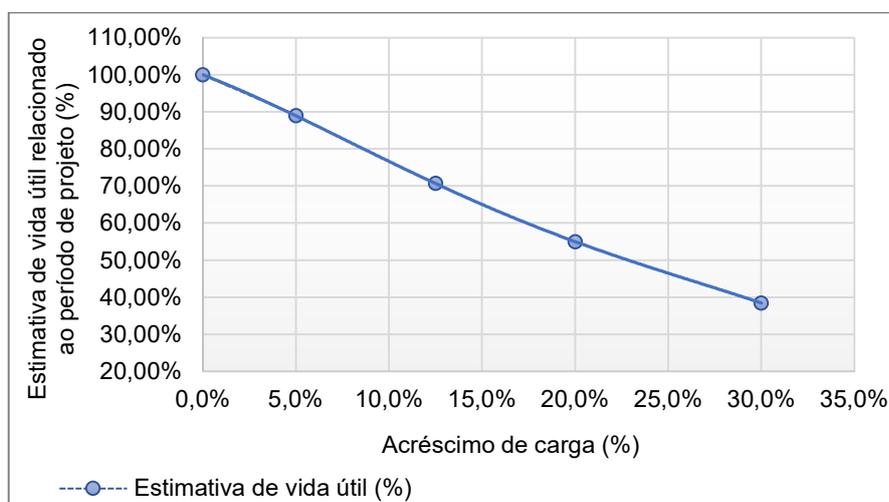
Gráfico 3 – Vida útil das estruturas hipotéticas em relação aos diferentes cenários de carregamentos simulados



Fonte: Elaborado pela autora.

Evidencia-se, através do Gráfico 3, sobre a influência do tráfego (número N) no estudo comparativo. Conclui-se que mesmo diante de diferentes estruturas e distintos parâmetros de tráfegos, os cenários de incremento de cargas considerados apresentaram períodos de durabilidade, em anos, similares. Desse modo, através da utilização dos percentuais médios de redução de vida útil, foi possível representar a influência dos acréscimos de carga por eixo na vida útil das estruturas hipotéticas dimensionadas, demonstrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Estimativa da vida útil relacionada aos parâmetros e incrementos de cargas analisados



Fonte: Elaborado pela autora.

A função que define a curva apresentada no Gráfico 4 para estimativa de vida útil é uma função polinomial de 4º grau, com $R^2=1$, representada pela Equação 3.

$$y = -65,38x^4 + 44,939x^3 - 8,0595x^2 - 1,9129x + 1 \quad (3)$$

Cumprе ressaltar que os resultados expostos levaram em consideração, de maneira hipotética, a suposição de que metade dos veículos circularia diariamente com a sobrecarga proposta em cada análise. Além disso, importante reforçar também que o comportamento dos materiais empregados na estrutura do pavimento interfere nos resultados e que neste estudo os resultados foram obtidos a partir de uma configuração de materiais padronizada para todas as rodovias, do próprio software MeDiNa.

Em síntese, os cenários analisados evidenciam os severos impactos provocados pelo tráfego de veículos com sobrepeso nas rodovias de pavimentos flexíveis. Conforme apontado pela Pesquisa Rodoviária CNT (2022), o nível de degradação do pavimento possui uma influência direta nos custos operacionais, destacando-se que no Brasil estima-se um aumento médio de aproximadamente 33% em relação à qualidade da via. A deterioração por efeito da sobrecarga afeta não só as entidades responsáveis pela manutenção e reparo das estradas, mas também reflete nos usuários e na economia como um todo, pois os custos adicionais de operação refletem no preço final dos produtos transportados.

5 CONCLUSÕES

No Brasil, projetar e executar estruturas de pavimentos flexíveis adequadas as solicitações de tráfego, não é garantia de que elas atuarão conforme a durabilidade prevista. Entre os diversos fatores que comprometem o desempenho dos pavimentos desse tipo é o incremento da capacidade de carga dos veículos comerciais e a circulação com cargas excedentes que resultam em efeitos danosos e causam uma diminuição na vida útil restante desses.

Embora existam postos de pesagem, é preocupante constatar a escassez de pontos de fiscalização e a falta de dados referentes a essas práticas. Essa lacuna de informações compromete a eficácia do controle de cargas e dificulta a implementação de medidas adequadas para garantir a segurança viária e o cumprimento das regulamentações vigentes. É essencial que sejam realizados esforços para ampliar a rede de pontos de fiscalização e obter dados mais abrangentes, a fim de promover um ambiente de transporte mais seguro e adequadamente regularizado.

A abordagem desenvolvida neste trabalho, sobre a avaliação do impacto do tráfego de veículos rodoviários de carga com sobrepeso na vida útil dos pavimentos flexíveis, utilizou o *software* do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis (MeDiNa) e os limites de parada utilizados por este, que são de 30% para trincamento por fadiga e de 10mm a 20mm de deformação permanente, que pode variar conforme a confiabilidade da análise.

De acordo com as análises e resultados obtidos no MeDiNa, considerando os cenários de incremento de carga analisados, e que os pavimentos flexíveis tenham sido dimensionados com precisão para os tráfegos ideais, considerando o projeto e execução realizados adequadamente, os danos causados pelo tráfego com sobrecarga adicional em metade dos veículos de carga de 2 a 9 eixos são semelhantes tanto em estruturas dimensionadas para tráfego leve, quanto em pavimentos mais robustos projetados para tráfego mais pesado.

Com os eixos sobrecarregados, os resultados obtidos nas análises dos cenários revelaram expressivo aumento do valor de N, indicando maior demanda imposta à estrutura. Para o cenário de incremento de carga de 12,5% em metade dos veículos, o número N apresentou um aumento médio de cerca de 52%, comparado aos iniciais de cada rodovia. Os eixos sobrecarregados exercem tensões e esforços

excessivos sobre a estrutura do pavimento, comprometendo sua resistência e estabilidade ao longo do tempo.

Os resultados obtidos revelam que a legislação vigente impõe danos descomedidos às estruturas rodoviárias. A tolerância de até 5% do PBT nas pesagens pode reduzir em aproximadamente 14 meses a vida útil projetada do pavimento, que é estimada em 10 anos. Além disso, a permissão de um acréscimo de 12,5% por eixo de carga pode reduzir em cerca de 36 meses essa estimativa de projeto, aproximadamente 30% da estimativa inicial. Os resultados indicaram ainda que um incremento de carga de 20% e 30% por eixo resulta em reduções percentuais de cerca de 45% e 62% na vida útil das vias, respectivamente. Esses aspectos têm impactos relevantes, resultando na antecipação das necessidades de recuperação das pistas e gerando custos de manutenção adicionais para as concessionárias ou órgãos públicos responsáveis.

A adoção do *software* Medina tem contribuído para aprimorar as previsões de desempenho dos pavimentos. No entanto, é importante destacar que o programa depende dos métodos do DNIT, por USACE, para calcular os parâmetros de tráfego. Com relação a esse aspecto, sugere-se a importância e o investimento para ampliação do banco de dados do MeDiNa com o objetivo de aperfeiçoar a avaliação dos parâmetros de carga no programa conforme a realidade das cargas transportadas, levando em consideração as práticas realizadas, bem como a capacidade dos veículos de transporte disponíveis no mercado.

O presente trabalho contribui para enriquecer os estudos nesta área, com o propósito de identificar os desafios do setor de engenharia rodoviária, a fim de fornecer subsídios para embasar decisões estratégicas e aprimorar a infraestrutura rodoviária do país, visando a construção de estruturas duradouras, seguras e de alto desempenho.

A ampla abrangência dos reflexos negativos apresentados no trabalho reforça a necessidade de uma revisão cuidadosa das regulamentações existentes, visando a preservação da integridade das estruturas rodoviárias e a redução dos prejuízos financeiros associados à sua conservação.

5.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A seguir estão algumas sugestões para futuras pesquisas relacionadas ao tema:

- a) realizar estudo abrangente sobre o comportamento dos usuários em relação ao transporte de cargas, levando em consideração os limites de tolerância atualmente em vigor;
- b) estudo comparativo entre o custo de estruturas dimensionadas para tráfegos ideais e o custo para os pavimentos flexíveis brasileiros que seriam adequados para as tolerâncias de sobrepeso permitidas na legislação vigente;
- c) realizar um estudo comparativo dos danos decorrentes do transporte com sobrecarga, através de um projeto piloto com acompanhamento, utilizando materiais reais devidamente ensaiados de acordo com dados exigidos no *software* MeDiNa;
- d) analisar o impacto das velocidades de veículos de transporte de cargas no desempenho dos pavimentos rodoviários: investigar os efeitos das cargas estáticas e dinâmicas na degradação dos pavimentos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Manual de procedimentos e fiscalização**: fiscalização em postos de pesagem veicular. 2. ed. Brasília: ANTT, 2017.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BERNUCCI, Liede Bariani *et al.* Diagnóstico de defeitos, avaliação funcional e de aderência & avaliação estrutural de pavimentos asfálticos. *In*: BERNUCCI, Liede Bariani *et al.* (orgs.). **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS; ABEDA, 2008. cap. 9-10, p. 403-461.
- BRASIL. **Lei Nº 10.233, de 5 de junho de 2001**. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm. Acesso em: 19 out. 2022.
- BRASIL. **Lei Nº 14.229, de 21 de outubro de 2021**. Altera a Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985, e a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para dispor sobre a fiscalização do excesso de peso dos veículos; altera a Lei nº 10.209, de 23 de março de 2001, para dispor sobre a prescrição da cobrança de multa ou indenização nos termos que especifica; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14229.htm#art7. Acesso em: 19 out. 2022.
- BRASIL. **Lei Nº 9.053, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 20 out. 2022.
- CNT. SEST SENAT. **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. Brasília: CNT; SEST SENAT, 2021.
- CNT. SEST SENAT. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**. Brasília: CNT; SEST SENAT, 2022.
- CNT. SEST SENAT. **Transporte rodoviário**: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?. Brasília: CNT; SEST SENAT, 2017.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 005/2003**: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – terminologia. Rio de Janeiro: DNIT, 2019.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de projeto geométrico de travessias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Pesquisa de cobertura (PNCT)**. Rio de Janeiro: DNIT, 2022. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/DadosTrafego>. Acesso em: 27 nov. 2022.

FONTENELE, Heliana Barbosa. **Representação do tráfego de veículos rodoviários de carga através de espectros de carga por eixo e seu efeito no desempenho dos pavimentos**. Tese (Doutorado em Infra-Estrutura de Transportes) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-12032012-111950/>. Acesso em: 26 nov. 2022.

FRANCO, Felipe Augusto Cinque de Proença. **Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SISPAV**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

GONÇALVES, F. J. P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1999.

PEREIRA, Armando Martins. **Análise crítica dos fatores de equivalência adotados pelo DNER e sua adequação às rodovias de tráfego pesado**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Dep. Transportes, Universidade Federal do Paraná (UFP), Curitiba, 1985.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 2002.

PRIME. Prime Engenharia e Consultoria Ltda. Uso da tecnologia de Weigh-in-Motion (WIM) para avaliação de desempenho de pavimentos asfálticos da BR 290/RS – Freeway. *In*: Portal ANTT. Porto Alegre, mar. 2015. Disponível em <https://portal.antt.gov.br/documents/20122/0/Uso+da+tecnologia+de+Weigh-in-Motion+%28WIM%29+para+avalia%C3%A7%C3%A3o+de+desempenho+de+pavimentos+asf%C3%A1lticos+da+BR-290-RS-Freeway.pdf/e72f0fac-fc79-2005-4cb8-84222737be5e?t=1651067534303>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SILVA, José Emerson Gonçalves. **Método nacional de dimensionamento de pavimentos – MeDiNa, avaliação da duplicação da AL-145**. 2019. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unidade Delmiro Gouveia, Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

VALLEJO, Flaviane Melo Lopes *et al.* Análise do excesso de carga de veículos comerciais e seu efeito no dimensionamento de estruturas de pavimentos asfálticos. **Transportes**, v. 30, n. 3, p. 2643-2657, 2022. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2643>. Acesso em: 25 maio 2023.

APÊNDICE A –

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-135 km339 BA - 20 anos (exceção: camadas mínimas não rompem com 10 anos)**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **20 anos**.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:35:38** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,4%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,0mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

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: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **60**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **5,39**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,18e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,18e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,17e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	61%	6,00	0,278	0,169
2	Eixo simples de roda dupla	61%	10,00	3,289	2,003
3	Eixo Simples	32%	6,00	0,278	0,089
4	Eixo simples de roda dupla	32%	10,00	3,289	1,053
5	Eixo simples de roda dupla	32%	10,00	3,289	1,053
6	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,008
7	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,095
8	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,095
9	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,095
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
15	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,007
16	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,222
17	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,086
18	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,086
19	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,086
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,017

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1.(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 172 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 477 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,017
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,017

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	9,699e+03	0,59%	3,2
6	5,855e+04	1,15%	3,7
12	1,180e+05	1,56%	3,9
18	1,783e+05	1,91%	4,0
24	2,395e+05	2,23%	4,1
30	3,016e+05	2,54%	4,2
36	3,646e+05	2,86%	4,2
42	4,286e+05	3,17%	4,3
48	4,936e+05	3,50%	4,3
54	5,595e+05	3,84%	4,4
60	6,263e+05	4,19%	4,4
66	6,942e+05	4,55%	4,4
72	7,631e+05	4,94%	4,5
78	8,330e+05	5,34%	4,5
84	9,040e+05	5,76%	4,5
90	9,760e+05	6,20%	4,5
96	1,049e+06	6,67%	4,6
102	1,123e+06	7,16%	4,6
108	1,199e+06	7,68%	4,6
114	1,275e+06	8,23%	4,6
120	1,352e+06	8,81%	4,7
126	1,431e+06	9,43%	4,7
132	1,511e+06	10,07%	4,7
138	1,592e+06	10,75%	4,7
144	1,674e+06	11,47%	4,7
150	1,758e+06	12,23%	4,8
156	1,843e+06	13,03%	4,8
162	1,928e+06	13,88%	4,8
168	2,016e+06	14,77%	4,8
174	2,104e+06	15,70%	4,8
180	2,194e+06	16,68%	4,8
186	2,285e+06	17,72%	4,9

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
192	2,378e+06	18,80%	4,9
198	2,472e+06	19,93%	4,9
204	2,567e+06	21,12%	4,9
210	2,664e+06	22,36%	4,9
216	2,762e+06	23,66%	4,9
222	2,862e+06	25,01%	5,0
228	2,963e+06	26,42%	5,0
234	3,066e+06	27,89%	5,0
240	3,170e+06	29,41%	5,0

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,55
3	MATERIAL GRANULAR	1,22
4	SUBLEITO	2,21
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		5,0

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm
Sepetiba

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	47	33	25	17	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	56	37	25	15	10	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-135 km339 BA - 5%**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **20** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:37:58** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **38,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,1mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **60**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **6,33**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,39e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,39e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,73e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	30%	6,00	0,278	0,085
2	Eixo simples de roda dupla	30%	10,00	3,289	1,001
3	Eixo Simples	16%	6,00	0,278	0,044
4	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
5	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
6	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
7	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,047
8	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,047
9	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,047
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,024
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,024
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,024
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,024
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,112
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1.(et^{\wedge} k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 184 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 510 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010
24	Eixo Simples	30%	6,30	0,338	0,103
25	Eixo simples de roda dupla	30%	10,50	4,463	1,358
26	Eixo Simples	16%	6,30	0,338	0,054
27	Eixo simples de roda dupla	16%	10,50	4,463	0,714
28	Eixo simples de roda dupla	16%	10,50	4,463	0,714
29	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,005
30	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,064
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,064
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,064
33	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,002
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,032
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,032
36	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,032
37	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,032
38	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,146
40	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,058
41	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,058
42	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,058
43	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,013
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,013
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,013

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,140e+04	0,62%	3,2
6	6,883e+04	1,23%	3,7
12	1,387e+05	1,69%	3,9
18	2,096e+05	2,07%	4,0
24	2,815e+05	2,44%	4,1
30	3,546e+05	2,81%	4,2
36	4,287e+05	3,17%	4,3
42	5,039e+05	3,55%	4,3
48	5,802e+05	3,95%	4,4

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	6,577e+05	4,36%	4,4
60	7,363e+05	4,79%	4,5
66	8,161e+05	5,24%	4,5
72	8,971e+05	5,72%	4,5
78	9,793e+05	6,22%	4,6
84	1,063e+06	6,76%	4,6
90	1,147e+06	7,33%	4,6
96	1,233e+06	7,93%	4,6
102	1,320e+06	8,57%	4,7
108	1,409e+06	9,25%	4,7
114	1,499e+06	9,97%	4,7
120	1,590e+06	10,74%	4,7
126	1,682e+06	11,55%	4,7
132	1,776e+06	12,41%	4,8
138	1,872e+06	13,32%	4,8
144	1,968e+06	14,28%	4,8
150	2,066e+06	15,30%	4,8
156	2,166e+06	16,37%	4,8
162	2,267e+06	17,51%	4,9
168	2,370e+06	18,70%	4,9
174	2,474e+06	19,96%	4,9
180	2,580e+06	21,27%	4,9
186	2,687e+06	22,66%	4,9
192	2,796e+06	24,11%	4,9
198	2,906e+06	25,62%	5,0
204	3,018e+06	27,20%	5,0
210	3,132e+06	28,85%	5,0
216	3,247e+06	30,56%	5,0
222	3,365e+06	32,33%	5,0
228	3,484e+06	34,17%	5,0
234	3,604e+06	36,07%	5,0
240	3,727e+06	38,03%	5,1

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
2	MATERIAL GRANULAR	1,58
3	MATERIAL GRANULAR	1,24
4	SUBLEITO	2,24
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		5,1

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	47	33	25	17	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	56	37	25	15	10	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-135 km339 BA - 12,5%**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **20** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:39:52** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **56,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,2mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **60**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **8,21**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,80e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,80e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,83e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	31%	6,00	0,278	0,085
2	Eixo simples de roda dupla	31%	10,00	3,289	1,003
3	Eixo Simples	16%	6,00	0,278	0,044
4	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
5	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
6	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
7	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
8	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
9	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 206 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 567 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	31%	6,75	0,446	0,136
25	Eixo simples de roda dupla	31%	11,25	6,871	2,096
26	Eixo Simples	16%	6,75	0,446	0,071
27	Eixo simples de roda dupla	16%	11,25	6,871	1,099
28	Eixo simples de roda dupla	16%	11,25	6,871	1,099
29	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,006
30	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,096
31	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,096
32	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,096
33	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,003
34	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
35	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
36	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
37	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
38	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,006
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,212
40	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,089
41	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,089
42	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,089
43	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,479e+04	0,69%	3,3
6	8,928e+04	1,38%	3,8
12	1,799e+05	1,92%	4,0
18	2,718e+05	2,39%	4,1
24	3,652e+05	2,86%	4,2
30	4,599e+05	3,33%	4,3
36	5,560e+05	3,82%	4,4
42	6,536e+05	4,33%	4,4
48	7,526e+05	4,88%	4,5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	8,531e+05	5,45%	4,5
60	9,550e+05	6,07%	4,5
66	1,059e+06	6,73%	4,6
72	1,164e+06	7,44%	4,6
78	1,270e+06	8,20%	4,6
84	1,378e+06	9,01%	4,7
90	1,488e+06	9,88%	4,7
96	1,600e+06	10,82%	4,7
102	1,713e+06	11,82%	4,8
108	1,827e+06	12,89%	4,8
114	1,944e+06	14,03%	4,8
120	2,062e+06	15,25%	4,8
126	2,182e+06	16,55%	4,8
132	2,304e+06	17,93%	4,9
138	2,428e+06	19,39%	4,9
144	2,553e+06	20,94%	4,9
150	2,680e+06	22,57%	4,9
156	2,809e+06	24,29%	4,9
162	2,941e+06	26,10%	5,0
168	3,074e+06	28,00%	5,0
174	3,209e+06	29,98%	5,0
180	3,346e+06	32,05%	5,0
186	3,485e+06	34,19%	5,0
192	3,626e+06	36,42%	5,0
198	3,769e+06	38,72%	5,1
204	3,915e+06	41,09%	5,1
210	4,062e+06	43,52%	5,1
216	4,212e+06	46,01%	5,1
222	4,364e+06	48,55%	5,1
228	4,518e+06	51,13%	5,1
234	4,675e+06	53,75%	5,1
240	4,834e+06	56,39%	5,2

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
2	MATERIAL GRANULAR	1,62
3	MATERIAL GRANULAR	1,26
4	SUBLEITO	2,28
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		5,2

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	47	33	25	17	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	56	37	25	15	10	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-135 km339 BA - 20%**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **20** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:41:26** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **80,2%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,3mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **60**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **10,90**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,39e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,39e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,42e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	31%	6,00	0,278	0,085
2	Eixo simples de roda dupla	31%	10,00	3,289	1,003
3	Eixo Simples	16%	6,00	0,278	0,044
4	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
5	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
6	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
7	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
8	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
9	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1.(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 233 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 638 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	31%	7,20	0,578	0,176
25	Eixo simples de roda dupla	31%	12,00	10,288	3,138
26	Eixo Simples	16%	7,20	0,578	0,092
27	Eixo simples de roda dupla	16%	12,00	10,288	1,646
28	Eixo simples de roda dupla	16%	12,00	10,288	1,646
29	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,008
30	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,144
31	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,144
32	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,144
33	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,004
34	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
35	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
36	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
37	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
38	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,008
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,302
40	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,134
41	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,134
42	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,134
43	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,001
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,963e+04	0,76%	3,4
6	1,185e+05	1,57%	3,9
12	2,388e+05	2,23%	4,1
18	3,608e+05	2,84%	4,2
24	4,847e+05	3,46%	4,3
30	6,104e+05	4,10%	4,4
36	7,380e+05	4,80%	4,5
42	8,675e+05	5,54%	4,5
48	9,989e+05	6,35%	4,6

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	1,132e+06	7,23%	4,6
60	1,268e+06	8,18%	4,6
66	1,405e+06	9,22%	4,7
72	1,544e+06	10,35%	4,7
78	1,686e+06	11,58%	4,7
84	1,830e+06	12,91%	4,8
90	1,975e+06	14,35%	4,8
96	2,123e+06	15,91%	4,8
102	2,273e+06	17,58%	4,9
108	2,426e+06	19,37%	4,9
114	2,580e+06	21,29%	4,9
120	2,737e+06	23,33%	4,9
126	2,897e+06	25,49%	5,0
132	3,058e+06	27,78%	5,0
138	3,222e+06	30,18%	5,0
144	3,389e+06	32,70%	5,0
150	3,558e+06	35,34%	5,0
156	3,729e+06	38,07%	5,1
162	3,903e+06	40,90%	5,1
168	4,080e+06	43,81%	5,1
174	4,259e+06	46,79%	5,1
180	4,441e+06	49,84%	5,1
186	4,626e+06	52,93%	5,1
192	4,813e+06	56,04%	5,2
198	5,003e+06	59,18%	5,2
204	5,196e+06	62,31%	5,2
210	5,392e+06	65,43%	5,2
216	5,591e+06	68,51%	5,2
222	5,793e+06	71,54%	5,2
228	5,997e+06	74,50%	5,2
234	6,205e+06	77,39%	5,3
240	6,416e+06	80,18%	5,3

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
2	MATERIAL GRANULAR	1,66
3	MATERIAL GRANULAR	1,29
4	SUBLEITO	2,33
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		5,3

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	47	33	25	17	13	9	7	6	5
FWD									
Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	56	37	25	15	10	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafra@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-135 km339 BA - 30%**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **20** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:42:43** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	5,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **60**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **16,13**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,53e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,53e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **9,49e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	31%	6,00	0,278	0,085
2	Eixo simples de roda dupla	31%	10,00	3,289	1,003
3	Eixo Simples	16%	6,00	0,278	0,044
4	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
5	Eixo simples de roda dupla	16%	10,00	3,289	0,526
6	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
7	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
8	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
9	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,046
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,043
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 277 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 749 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	31%	7,80	0,797	0,243
25	Eixo simples de roda dupla	31%	13,00	16,973	5,177
26	Eixo Simples	16%	7,80	0,797	0,128
27	Eixo simples de roda dupla	16%	13,00	16,973	2,716
28	Eixo simples de roda dupla	16%	13,00	16,973	2,716
29	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,011
30	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,238
31	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,238
32	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,238
33	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,006
34	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
35	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
36	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
37	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
38	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,010
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,469
40	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,221
41	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,221
42	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,221
43	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,001
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,904e+04	0,88%	3,5
6	1,753e+05	1,89%	4,0
12	3,532e+05	2,80%	4,2
18	5,338e+05	3,71%	4,3
24	7,170e+05	4,68%	4,4
30	9,030e+05	5,75%	4,5
36	1,092e+06	6,95%	4,6
42	1,283e+06	8,29%	4,6
48	1,478e+06	9,80%	4,7

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	1,675e+06	11,48%	4,7
60	1,875e+06	13,35%	4,8
66	2,079e+06	15,43%	4,8
72	2,285e+06	17,71%	4,9
78	2,494e+06	20,21%	4,9
84	2,707e+06	22,92%	4,9
90	2,922e+06	25,85%	5,0
96	3,141e+06	28,98%	5,0
102	3,363e+06	32,31%	5,0
108	3,588e+06	35,82%	5,0
114	3,817e+06	39,50%	5,1
120	4,049e+06	43,31%	5,1
126	4,285e+06	47,23%	5,1
132	4,524e+06	51,23%	5,1
138	4,767e+06	55,28%	5,2
144	5,013e+06	59,34%	5,2
150	5,263e+06	63,38%	5,2
156	5,517e+06	67,37%	5,2
162	5,774e+06	71,26%	5,2
168	6,035e+06	75,04%	5,2
174	6,300e+06	78,67%	5,3
180	6,570e+06	82,13%	5,3
186	6,843e+06	85,39%	5,3
192	7,120e+06	88,44%	5,3
198	7,401e+06	91,26%	5,3
204	7,687e+06	93,85%	5,4
210	7,976e+06	96,20%	5,4
216	8,271e+06	98,31%	5,4
222	8,569e+06	99,00%	5,4
228	8,872e+06	99,00%	5,4
234	9,179e+06	99,00%	5,4
240	9,491e+06	99,00%	5,4

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
2	MATERIAL GRANULAR	1,72
3	MATERIAL GRANULAR	1,33
4	SUBLEITO	2,39
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		5,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	47	33	25	17	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	56	37	25	15	10	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR420 BA KM311 SEM SOBRECARGA**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 20:59:47** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,7%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,3mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

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.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **187**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **5,07**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,46e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,46e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,96e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	70%	6,00	0,278	0,195
2	Eixo simples de roda dupla	70%	10,00	3,289	2,303
3	Eixo Simples	22%	6,00	0,278	0,060
4	Eixo simples de roda dupla	22%	10,00	3,289	0,711
5	Eixo simples de roda dupla	22%	10,00	3,289	0,711
6	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,012
7	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,138
8	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,138
9	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,138
10	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,007
11	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,079
12	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,079
13	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,079
14	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,079
15	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
16	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,154
17	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,059
18	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,059
19	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,059
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 189 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 523 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,842e+04	0,80%	2,9
6	1,716e+05	1,68%	3,4
12	3,457e+05	2,43%	3,6
18	5,224e+05	3,13%	3,7
24	7,018e+05	3,87%	3,8
30	8,838e+05	4,65%	3,8
36	1,069e+06	5,50%	3,9
42	1,256e+06	6,43%	3,9
48	1,446e+06	7,44%	4,0
54	1,639e+06	8,57%	4,0
60	1,835e+06	9,80%	4,1
66	2,034e+06	11,15%	4,1
72	2,236e+06	12,63%	4,1
78	2,441e+06	14,25%	4,2
84	2,649e+06	16,01%	4,2
90	2,860e+06	17,91%	4,2
96	3,074e+06	19,97%	4,2
102	3,292e+06	22,18%	4,3
108	3,512e+06	24,54%	4,3
114	3,736e+06	27,05%	4,3
120	3,963e+06	29,71%	4,3

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,42
3	MATERIAL GRANULAR	1,02
4	SUBLEITO	1,88

Cam Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
Afundamento de Trilha de Roda (mm)	4,3

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	42	32	26	18	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	47	34	25	16	11	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR420 BA KM311 COM 5% DE SOBRECARGA**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:00:28** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **38,3%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **187**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **5,94**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **4,06e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **4,06e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,65e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	35%	6,00	0,278	0,097
2	Eixo simples de roda dupla	35%	10,00	3,289	1,151
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,030
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
6	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
7	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
8	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
9	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,077
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 203 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 559 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
24	Eixo Simples	35%	6,30	0,338	0,118
25	Eixo simples de roda dupla	35%	10,50	4,463	1,562
26	Eixo Simples	11%	6,30	0,338	0,037
27	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,482
28	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,482
29	Eixo Simples	2%	6,30	0,338	0,007
30	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,094
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,094
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,094
33	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,054
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,054
36	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,054
37	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,054
38	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,003
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,101
40	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,040
41	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,040
42	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,040
43	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,335e+04	0,85%	3,0
6	2,014e+05	1,82%	3,4
12	4,057e+05	2,67%	3,6
18	6,131e+05	3,50%	3,7
24	8,236e+05	4,38%	3,8
30	1,037e+06	5,35%	3,9
36	1,254e+06	6,41%	3,9
42	1,474e+06	7,60%	4,0
48	1,697e+06	8,92%	4,0

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	1,924e+06	10,39%	4,1
60	2,154e+06	12,01%	4,1
66	2,387e+06	13,81%	4,2
72	2,624e+06	15,79%	4,2
78	2,865e+06	17,95%	4,2
84	3,109e+06	20,31%	4,2
90	3,356e+06	22,86%	4,3
96	3,608e+06	25,60%	4,3
102	3,863e+06	28,52%	4,3
108	4,122e+06	31,62%	4,3
114	4,384e+06	34,89%	4,4
120	4,651e+06	38,31%	4,4

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,44
3	MATERIAL GRANULAR	1,04
4	SUBLEITO	1,90
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	42	32	26	18	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	47	34	25	16	11	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR420 BA KM311 COM 12,5% DE SOBRECARGA**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:00:46** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **57,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$
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) = **187**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **7,73**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **5,28e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **5,28e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,05e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	35%	6,00	0,278	0,097
2	Eixo simples de roda dupla	35%	10,00	3,289	1,151
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,030
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
6	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
7	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
8	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
9	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,077
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 227 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 622 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
24	Eixo Simples	35%	6,75	0,446	0,156
25	Eixo simples de roda dupla	35%	11,25	6,871	2,405
26	Eixo Simples	11%	6,75	0,446	0,048
27	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,742
28	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,742
29	Eixo Simples	2%	6,75	0,446	0,009
30	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,144
31	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,144
32	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,144
33	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,005
34	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,082
35	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,082
36	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,082
37	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,082
38	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,004
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,147
40	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,062
41	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,062
42	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,062
43	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,340e+04	0,94%	3,0
6	2,620e+05	2,08%	3,5
12	5,279e+05	3,16%	3,7
18	7,977e+05	4,27%	3,8
24	1,072e+06	5,51%	3,9
30	1,350e+06	6,92%	4,0
36	1,632e+06	8,52%	4,0
42	1,918e+06	10,35%	4,1
48	2,208e+06	12,42%	4,1

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	2,503e+06	14,76%	4,2
60	2,803e+06	17,38%	4,2
66	3,106e+06	20,29%	4,2
72	3,415e+06	23,48%	4,3
78	3,727e+06	26,95%	4,3
84	4,045e+06	30,69%	4,3
90	4,367e+06	34,68%	4,4
96	4,694e+06	38,87%	4,4
102	5,026e+06	43,25%	4,4
108	5,363e+06	47,77%	4,4
114	5,705e+06	52,37%	4,4
120	6,052e+06	57,02%	4,5

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,48
3	MATERIAL GRANULAR	1,06
4	SUBLEITO	1,93
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	42	32	26	18	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	47	34	25	16	11	6	4	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaise 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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaise C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR420 BA KM311 COM 20% DE SOBRECARGA**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:01:09** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **80,9%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,6mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

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: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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) = **187**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **10,27**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **7,01e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **7,01e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **8,04e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	35%	6,00	0,278	0,097
2	Eixo simples de roda dupla	35%	10,00	3,289	1,151
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,030
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
6	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
7	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
8	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
9	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,077
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 257 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 700 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ 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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
24	Eixo Simples	35%	7,20	0,578	0,202
25	Eixo simples de roda dupla	35%	12,00	10,288	3,601
26	Eixo Simples	11%	7,20	0,578	0,062
27	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,111
28	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,111
29	Eixo Simples	2%	7,20	0,578	0,012
30	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,216
31	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,216
32	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,216
33	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,007
34	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,123
35	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,123
36	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,123
37	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,123
38	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,005
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,209
40	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,093
41	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,093
42	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,093
43	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	5,762e+04	1,05%	3,1
6	3,479e+05	2,43%	3,6
12	7,009e+05	3,86%	3,8
18	1,059e+06	5,45%	3,9
24	1,423e+06	7,31%	4,0
30	1,792e+06	9,52%	4,1
36	2,166e+06	12,11%	4,1
42	2,547e+06	15,12%	4,2
48	2,932e+06	18,59%	4,2

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	3,324e+06	22,51%	4,3
60	3,721e+06	26,88%	4,3
66	4,125e+06	31,66%	4,3
72	4,534e+06	36,80%	4,4
78	4,949e+06	42,23%	4,4
84	5,371e+06	47,87%	4,4
90	5,799e+06	53,63%	4,5
96	6,233e+06	59,41%	4,5
102	6,673e+06	65,12%	4,5
108	7,121e+06	70,64%	4,5
114	7,575e+06	75,92%	4,6
120	8,035e+06	80,86%	4,6

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,52
3	MATERIAL GRANULAR	1,08
4	SUBLEITO	1,97
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,6

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	42	32	26	18	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	47	34	25	16	11	6	4	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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR420 BA KM311 COM 30% DE SOBRECARGA**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:01:22** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,7mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	6,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	15,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **187**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **15,20**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,04e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,04e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,19e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	35%	6,00	0,278	0,097
2	Eixo simples de roda dupla	35%	10,00	3,289	1,151
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,030
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,355
6	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
7	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
8	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
9	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,069
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,039
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,077
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,030
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1 .(et^{\wedge} k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 305 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 822 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
24	Eixo Simples	35%	7,80	0,797	0,279
25	Eixo simples de roda dupla	35%	13,00	16,973	5,940
26	Eixo Simples	11%	7,80	0,797	0,086
27	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,833
28	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,833
29	Eixo Simples	2%	7,80	0,797	0,017
30	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,356
31	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,356
32	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,356
33	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,010
34	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,204
35	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,204
36	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,204
37	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,204
38	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,007
39	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,324
40	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,153
41	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,153
42	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,153
43	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,000
44	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
45	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
46	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	8,530e+04	1,23%	3,2
6	5,150e+05	3,10%	3,7
12	1,038e+06	5,35%	3,9
18	1,568e+06	8,14%	4,0
24	2,106e+06	11,67%	4,1
30	2,653e+06	16,04%	4,2
36	3,207e+06	21,30%	4,3
42	3,770e+06	27,44%	4,3
48	4,341e+06	34,35%	4,4

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	4,921e+06	41,85%	4,4
60	5,509e+06	49,73%	4,4
66	6,106e+06	57,74%	4,5
72	6,712e+06	65,60%	4,5
78	7,327e+06	73,08%	4,5
84	7,951e+06	79,99%	4,6
90	8,584e+06	86,16%	4,6
96	9,227e+06	91,51%	4,6
102	9,879e+06	96,02%	4,6
108	1,054e+07	99,00%	4,7
114	1,121e+07	99,00%	4,7
120	1,190e+07	99,00%	4,7

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	1,58
3	MATERIAL GRANULAR	1,11
4	SUBLEITO	2,03
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,7

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	42	32	26	18	13	9	7	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	47	34	25	16	11	6	4	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaise 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	48	32	24	16	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaise C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR287 RS km 409**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:13:41** 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: **4,0mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

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.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^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) = **176**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **11,10**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **7,13e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **7,13e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **8,18e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	34%	6,00	0,278	0,093
2	Eixo simples de roda dupla	34%	10,00	3,289	1,103
3	Eixo Simples	18%	6,00	0,278	0,049
4	Eixo simples de roda dupla	18%	10,00	3,289	0,579
5	Eixo simples de roda dupla	18%	10,00	3,289	0,579
6	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,035
7	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
8	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
9	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,224
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,224
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,224
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,224
15	Eixo Simples	19%	6,00	0,278	0,052
16	Dois eixos duplos em tandem	19%	17,00	8,549	1,603
17	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,617
18	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,617
19	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,617
20	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
21	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,534

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 259 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 705 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^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: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,534
23	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,534
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	5%	6,00	0,278	0,013
30	Dois eixos duplos em tandem	5%	17,00	8,549	0,389
31	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,150
32	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,150
33	Dois eixos duplos em tandem	5%	17,00	8,549	0,389
34	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,150
35	Eixo simples de roda dupla	5%	10,00	3,289	0,150

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	5,863e+04	0,80%	2,6
6	3,540e+05	1,68%	3,0
12	7,132e+05	2,42%	3,2
18	1,078e+06	3,13%	3,4
24	1,448e+06	3,86%	3,4
30	1,823e+06	4,64%	3,5
36	2,204e+06	5,48%	3,6
42	2,591e+06	6,41%	3,6
48	2,984e+06	7,42%	3,7
54	3,382e+06	8,54%	3,7
60	3,786e+06	9,77%	3,7
66	4,197e+06	11,11%	3,8
72	4,613e+06	12,58%	3,8
78	5,036e+06	14,19%	3,8
84	5,465e+06	15,94%	3,9
90	5,900e+06	17,84%	3,9
96	6,342e+06	19,88%	3,9
102	6,790e+06	22,08%	3,9
108	7,245e+06	24,43%	4,0
114	7,707e+06	26,93%	4,0

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
120	8,176e+06	29,58%	4,0

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	2,90
3	MATERIAL GRANULAR	0,38
4	SUBLEITO	0,74
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,0

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	30	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	30	24	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR287 RS km409 com sobrecarga de 5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:14:21** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **37,9%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,1mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **176**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **12,97**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **8,33e+05**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **8,33e+05**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **9,55e+06**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	17%	6,00	0,278	0,047
2	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,551
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,024
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
6	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
7	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
8	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
9	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
10	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
11	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
12	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
13	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
14	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,804
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
20	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
21	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1.(et^{\wedge} k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 278 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 751 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
23	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
36	Eixo Simples	17%	6,30	0,338	0,057
37	Eixo simples de roda dupla	17%	10,50	4,463	0,748
38	Eixo Simples	9%	6,30	0,338	0,030
39	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,393
40	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,393
41	Eixo Simples	6%	6,30	0,338	0,021
42	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
43	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
44	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
45	Eixo Simples	3%	6,30	0,338	0,011
46	Eixo simples de roda dupla	3%	10,50	4,463	0,152
47	Eixo simples de roda dupla	3%	10,50	4,463	0,152
48	Eixo simples de roda dupla	3%	10,50	4,463	0,152
49	Eixo simples de roda dupla	3%	10,50	4,463	0,152
50	Eixo Simples	9%	6,30	0,338	0,032
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,85	11,171	1,050
52	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,420
53	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,420
54	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,420
55	Eixo Simples	3%	6,30	0,338	0,010
56	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,85	11,171	0,346
57	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,85	11,171	0,346
58	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,85	11,171	0,346
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
64	Eixo Simples	2%	6,30	0,338	0,008
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,85	11,171	0,257
66	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,103
67	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,103
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,85	11,171	0,257
69	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,103
70	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,103

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	6,848e+04	0,85%	2,6
6	4,134e+05	1,81%	3,1
12	8,330e+05	2,65%	3,3
18	1,259e+06	3,48%	3,4
24	1,691e+06	4,36%	3,5
30	2,130e+06	5,31%	3,6
36	2,575e+06	6,37%	3,6
42	3,026e+06	7,54%	3,7
48	3,485e+06	8,84%	3,7
54	3,950e+06	10,29%	3,8
60	4,423e+06	11,90%	3,8
66	4,902e+06	13,67%	3,8
72	5,388e+06	15,62%	3,9
78	5,882e+06	17,76%	3,9
84	6,383e+06	20,08%	3,9
90	6,891e+06	22,59%	4,0
96	7,407e+06	25,30%	4,0
102	7,931e+06	28,18%	4,0
108	8,463e+06	31,25%	4,0
114	9,002e+06	34,48%	4,0
120	9,549e+06	37,86%	4,1

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	2,94
3	MATERIAL GRANULAR	0,38
4	SUBLEITO	0,75
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,1

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	30	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	30	24	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:

Nome do Projeto: **BR287 RS km409 com sobrecarga de 12,5% por eixo**

Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**

Nível de confiabilidade: **75%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:14:45** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **55,7%**.

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

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente

Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$

Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**

Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**

Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**

Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **176**

Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **16,73**

Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,07e+06**

% Veículos na faixa de projeto: **100%**

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,07e+06**

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

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,23e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	17%	6,00	0,278	0,047
2	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,553
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,024
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
6	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
7	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
8	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
9	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
10	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
11	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
12	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
13	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
14	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,804
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
20	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
21	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm^3) = 2,4	-Modelo: $k1 \cdot (et^{\wedge} k2)$
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$
Abrassão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 310 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 834 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm^3) = 2,223	Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$
Umidade Ótima (%) = 5,0	Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868
Energia Compactação = Modificada	Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801
Abrassão Los Angeles (%) = 43,0	Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm^3) = 2,025	Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$
Umidade Ótima (%) = 7,5	Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294
Energia Compactação = Modificada	Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647
Abrassão Los Angeles (%) = 43,0	Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
23	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
36	Eixo Simples	17%	6,75	0,446	0,075
37	Eixo simples de roda dupla	17%	11,25	6,871	1,154
38	Eixo Simples	9%	6,75	0,446	0,039
39	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,605
40	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,605
41	Eixo Simples	6%	6,75	0,446	0,028
42	Eixo simples de roda dupla	6%	11,25	6,871	0,426
43	Eixo simples de roda dupla	6%	11,25	6,871	0,426
44	Eixo simples de roda dupla	6%	11,25	6,871	0,426
45	Eixo Simples	3%	6,75	0,446	0,015
46	Eixo simples de roda dupla	3%	11,25	6,871	0,234
47	Eixo simples de roda dupla	3%	11,25	6,871	0,234
48	Eixo simples de roda dupla	3%	11,25	6,871	0,234
49	Eixo simples de roda dupla	3%	11,25	6,871	0,234
50	Eixo Simples	9%	6,75	0,446	0,042
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	19,13	16,309	1,533
52	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,646
53	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,646
54	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,646
55	Eixo Simples	3%	6,75	0,446	0,014
56	Dois eixos duplos em tandem	3%	19,13	16,309	0,506
57	Dois eixos duplos em tandem	3%	19,13	16,309	0,506
58	Dois eixos duplos em tandem	3%	19,13	16,309	0,506
59	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,000

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,000
64	Eixo Simples	2%	6,75	0,446	0,010
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	19,13	16,309	0,375
66	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,158
67	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,158
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	19,13	16,309	0,375
69	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,158
70	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,158

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	8,833e+04	0,94%	2,7
6	5,332e+05	2,06%	3,2
12	1,074e+06	3,12%	3,4
18	1,624e+06	4,22%	3,5
24	2,181e+06	5,43%	3,6
30	2,747e+06	6,80%	3,6
36	3,321e+06	8,36%	3,7
42	3,904e+06	10,14%	3,8
48	4,495e+06	12,15%	3,8
54	5,095e+06	14,43%	3,8
60	5,704e+06	16,97%	3,9
66	6,322e+06	19,79%	3,9
72	6,950e+06	22,89%	4,0
78	7,586e+06	26,27%	4,0
84	8,233e+06	29,91%	4,0
90	8,888e+06	33,79%	4,0
96	9,554e+06	37,89%	4,1
102	1,023e+07	42,18%	4,1
108	1,092e+07	46,60%	4,1
114	1,161e+07	51,13%	4,1
120	1,232e+07	55,72%	4,2

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	3,02
3	MATERIAL GRANULAR	0,39
4	SUBLEITO	0,76
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,2

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	30	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	30	24	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR287 RS km409 com sobrecarga de 20% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:15:06** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **78,6%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,3mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = \psi 1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **176**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **21,95**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,41e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,41e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,62e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	17%	6,00	0,278	0,047
2	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,553
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,024
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
6	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
7	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
8	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
9	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
10	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
11	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
12	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
13	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
14	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,804
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
20	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
21	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k1.(et^{\wedge} k2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 349 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 933 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1.(s3^{\wedge} \psi 2).(sd^{\wedge} \psi 3).(N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
23	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
36	Eixo Simples	17%	7,20	0,578	0,097
37	Eixo simples de roda dupla	17%	12,00	10,288	1,728
38	Eixo Simples	9%	7,20	0,578	0,051
39	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,905
40	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,905
41	Eixo Simples	6%	7,20	0,578	0,036
42	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
43	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
44	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
45	Eixo Simples	3%	7,20	0,578	0,020
46	Eixo simples de roda dupla	3%	12,00	10,288	0,350
47	Eixo simples de roda dupla	3%	12,00	10,288	0,350
48	Eixo simples de roda dupla	3%	12,00	10,288	0,350
49	Eixo simples de roda dupla	3%	12,00	10,288	0,350
50	Eixo Simples	9%	7,20	0,578	0,054
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	20,40	23,235	2,184
52	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,967
53	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,967
54	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,967
55	Eixo Simples	3%	7,20	0,578	0,018
56	Dois eixos duplos em tandem	3%	20,40	23,235	0,720
57	Dois eixos duplos em tandem	3%	20,40	23,235	0,720
58	Dois eixos duplos em tandem	3%	20,40	23,235	0,720
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
64	Eixo Simples	2%	7,20	0,578	0,013
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	20,40	23,235	0,534
66	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,237
67	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,237
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	20,40	23,235	0,534
69	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,237
70	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,237

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,159e+05	1,04%	2,8
6	7,000e+05	2,40%	3,2
12	1,410e+06	3,78%	3,4
18	2,131e+06	5,32%	3,6
24	2,863e+06	7,10%	3,7
30	3,606e+06	9,20%	3,7
36	4,359e+06	11,67%	3,8
42	5,124e+06	14,54%	3,9
48	5,901e+06	17,84%	3,9
54	6,688e+06	21,57%	3,9
60	7,488e+06	25,73%	4,0
66	8,299e+06	30,29%	4,0
72	9,123e+06	35,22%	4,1
78	9,959e+06	40,45%	4,1
84	1,081e+07	45,90%	4,1
90	1,167e+07	51,51%	4,1
96	1,254e+07	57,16%	4,2
102	1,343e+07	62,79%	4,2
108	1,433e+07	68,28%	4,2
114	1,524e+07	73,56%	4,2
120	1,617e+07	78,56%	4,3

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	3,10
3	MATERIAL GRANULAR	0,40
4	SUBLEITO	0,77
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,3

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	30	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	30	24	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR287 RS km409 com sobrecarga de 30% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 21:15:21** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **4,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	11,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35

Propriedades

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

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s_3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): **0,244**
Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): **0,419**
Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): **1,309**
Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): **0,069**

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = **176**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **32,00**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,06e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,06e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,36e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	17%	6,00	0,278	0,047
2	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,553
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,024
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,289
6	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
7	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
8	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
9	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
10	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
11	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
12	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
13	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
14	Eixo simples de roda dupla	3%	10,00	3,289	0,112
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,804
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,309
20	Eixo Simples	3%	6,00	0,278	0,009
21	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm^3) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: $k_1 \cdot (et^{\wedge} k_2)$ -Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$ -Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$ -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): $\geq 0,73$ Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 412 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1090 ciclos

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s_3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,0868 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,2801 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 0,8929 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0961

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm^3) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: $ep = \psi 1 \cdot (s_3^{\wedge} \psi 2) \cdot (sd^{\wedge} \psi 3) \cdot (N^{\wedge} \psi 4)$ Coeficiente de Regressão (k1 ou $\psi 1$): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou $\psi 2$): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou $\psi 3$): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou $\psi 4$): 0,0735

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
22	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
23	Dois eixos duplos em tandem	3%	17,00	8,549	0,265
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,076
36	Eixo Simples	17%	7,80	0,797	0,134
37	Eixo simples de roda dupla	17%	13,00	16,973	2,851
38	Eixo Simples	9%	7,80	0,797	0,070
39	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,494
40	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,494
41	Eixo Simples	6%	7,80	0,797	0,049
42	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
43	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
44	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
45	Eixo Simples	3%	7,80	0,797	0,027
46	Eixo simples de roda dupla	3%	13,00	16,973	0,577
47	Eixo simples de roda dupla	3%	13,00	16,973	0,577
48	Eixo simples de roda dupla	3%	13,00	16,973	0,577
49	Eixo simples de roda dupla	3%	13,00	16,973	0,577
50	Eixo Simples	9%	7,80	0,797	0,075
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	22,10	36,039	3,388
52	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,595
53	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,595
54	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,595
55	Eixo Simples	3%	7,80	0,797	0,025
56	Dois eixos duplos em tandem	3%	22,10	36,039	1,117
57	Dois eixos duplos em tandem	3%	22,10	36,039	1,117
58	Dois eixos duplos em tandem	3%	22,10	36,039	1,117
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
64	Eixo Simples	2%	7,80	0,797	0,018
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	22,10	36,039	0,829
66	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,390
67	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,390
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	22,10	36,039	0,829
69	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,390
70	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,390

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,690e+05	1,21%	2,8
6	1,020e+06	3,02%	3,3
12	2,055e+06	5,15%	3,6
18	3,106e+06	7,76%	3,7
24	4,173e+06	11,03%	3,8
30	5,255e+06	15,07%	3,9
36	6,353e+06	19,94%	3,9
42	7,468e+06	25,62%	4,0
48	8,599e+06	32,06%	4,0
54	9,747e+06	39,11%	4,1
60	1,091e+07	46,59%	4,1
66	1,210e+07	54,28%	4,2
72	1,330e+07	61,95%	4,2
78	1,451e+07	69,38%	4,2
84	1,575e+07	76,35%	4,3
90	1,700e+07	82,72%	4,3
96	1,828e+07	88,36%	4,3
102	1,957e+07	93,23%	4,3
108	2,088e+07	97,31%	4,4
114	2,221e+07	99,00%	4,4
120	2,356e+07	99,00%	4,4

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

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

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MATERIAL GRANULAR	3,21
3	MATERIAL GRANULAR	0,41
4	SUBLEITO	0,79
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		4,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	30	26	23	18	15	10	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	30	24	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 MG KM553**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:18:09** 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: **2,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **951**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **10,43**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,62e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,62e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,15e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	26%	6,00	0,278	0,072
2	Eixo simples de roda dupla	26%	10,00	3,289	0,849
3	Eixo Simples	23%	6,00	0,278	0,063
4	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,750
5	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,750
6	Eixo Simples	14%	6,00	0,278	0,040
7	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
8	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 527 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1376 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 527 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1376 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
10	Eixo Simples	14%	6,00	0,278	0,039
11	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,461
12	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,461
13	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,461
14	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,461
15	Eixo Simples	20%	6,00	0,278	0,056
16	Dois eixos duplos em tandem	20%	17,00	8,549	1,710
17	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,658
18	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,658
19	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,658
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,004
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,137
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,053
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,053
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,137
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,053
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,053

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,975e+05	0,80%	1,6
6	1,796e+06	1,68%	1,9
12	3,619e+06	2,42%	2,0
18	5,469e+06	3,13%	2,0
24	7,347e+06	3,86%	2,1
30	9,252e+06	4,64%	2,1
36	1,119e+07	5,49%	2,2

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
42	1,315e+07	6,42%	2,2
48	1,514e+07	7,43%	2,2
54	1,716e+07	8,55%	2,3
60	1,921e+07	9,78%	2,3
66	2,130e+07	11,13%	2,3
72	2,341e+07	12,61%	2,3
78	2,555e+07	14,22%	2,3
84	2,773e+07	15,97%	2,4
90	2,994e+07	17,87%	2,4
96	3,218e+07	19,92%	2,4
102	3,446e+07	22,13%	2,4
108	3,677e+07	24,48%	2,4
114	3,911e+07	26,99%	2,4
120	4,149e+07	29,64%	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	1,78
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,43
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	20	18	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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	27	23	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltsoso 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

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 MG KM553 com 5% de sobrecarga**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:18:33** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **38,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm³) = 2,025	Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4)
Umidade Ótima (%) = 7,5	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294
Energia Compactação = Modificada	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,244
MCT - Índice e' = 1,68	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): 0,419
Massa específica (g/cm³) = 1,8	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,309
Umidade Ótima (%) = 13,0	Coefficiente 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) = **951**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **12,20**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **4,23e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **4,23e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,85e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,036
2	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,424
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm³) = 2,4	-Modelo: k1 .(et ^ k2)
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 564 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 1468 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm³) = 2,4	-Modelo: k1 .(et ^ k2)
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 564 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 1468 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm³) = 2,223	Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4)
Umidade Ótima (%) = 5,0	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,0868
Energia Compactação = Modificada	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,2801
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 0,8929
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0961

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
16	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,855
17	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
18	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
19	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
36	Eixo Simples	13%	6,30	0,338	0,044
37	Eixo simples de roda dupla	13%	10,50	4,463	0,576
38	Eixo Simples	11%	6,30	0,338	0,039
39	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,509
40	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,509
41	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
42	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
43	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
44	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
45	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
46	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
47	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
48	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
50	Eixo Simples	10%	6,30	0,338	0,034
51	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,85	11,171	1,117
52	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
53	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
54	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,446
55	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,002
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,067
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,004
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
64	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,003
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,089
66	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
67	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,089
69	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036
70	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,036

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,481e+05	0,85%	1,6
6	2,102e+06	1,81%	1,9
12	4,234e+06	2,66%	2,0
18	6,399e+06	3,49%	2,1
24	8,596e+06	4,37%	2,1
30	1,083e+07	5,33%	2,2
36	1,309e+07	6,39%	2,2
42	1,538e+07	7,56%	2,2
48	1,772e+07	8,87%	2,3
54	2,008e+07	10,33%	2,3
60	2,248e+07	11,94%	2,3
66	2,492e+07	13,73%	2,3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	31	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	2,739e+07	15,69%	2,4
78	2,990e+07	17,84%	2,4
84	3,245e+07	20,17%	2,4
90	3,503e+07	22,70%	2,4
96	3,765e+07	25,42%	2,4
102	4,032e+07	28,32%	2,4
108	4,302e+07	31,40%	2,5
114	4,576e+07	34,65%	2,5
120	4,854e+07	38,05%	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	1,81
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,44
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	20	18	16	14	11	8	7	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	19	17	15	13	11	8	6	4	3

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 MG KM553 com 12,5% de sobrecarga**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:18:43** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **56,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **951**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **15,82**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **5,49e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
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	13%	6,00	0,278	0,036
2	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,424
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 632 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1634 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 632 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1634 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
16	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,855
17	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
18	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
19	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
36	Eixo Simples	13%	6,75	0,446	0,058
37	Eixo simples de roda dupla	13%	11,25	6,871	0,886
38	Eixo Simples	11%	6,75	0,446	0,051
39	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,783
40	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,783
41	Eixo Simples	7%	6,75	0,446	0,032
42	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
43	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
44	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
45	Eixo Simples	7%	6,75	0,446	0,031
46	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
47	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
48	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
50	Eixo Simples	10%	6,75	0,446	0,045
51	Dois eixos duplos em tandem	10%	19,13	16,332	1,633
52	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,687
53	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,687
54	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,687
55	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,003
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,098
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,098
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,098
59	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,007
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
64	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,004
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,131
66	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,055
67	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,055
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,131
69	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,055
70	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,055

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,514e+05	0,94%	1,6
6	2,725e+06	2,07%	1,9
12	5,491e+06	3,14%	2,0
18	8,298e+06	4,25%	2,1
24	1,115e+07	5,47%	2,2
30	1,404e+07	6,86%	2,2
36	1,697e+07	8,44%	2,3
42	1,995e+07	10,25%	2,3
48	2,297e+07	12,29%	2,3
54	2,604e+07	14,60%	2,3
60	2,915e+07	17,18%	2,4
66	3,231e+07	20,05%	2,4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	31	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	3,552e+07	23,19%	2,4
78	3,877e+07	26,62%	2,4
84	4,207e+07	30,31%	2,4
90	4,543e+07	34,25%	2,5
96	4,883e+07	38,40%	2,5
102	5,228e+07	42,73%	2,5
108	5,578e+07	47,21%	2,5
114	5,934e+07	51,78%	2,5
120	6,295e+07	56,39%	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	1,86
4	MATERIAL GRANULAR	0,24
5	SUBLEITO	0,44
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	20	18	16	14	11	8	7	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	19	17	15	13	11	8	6	4	3

Análise do pavimento

Empresa:

Nome do Projeto: **BR116 MG KM553 com 20% de sobrecarga**

Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**

Nível de confiabilidade: **75%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:18:58** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **79,7%**.

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,6mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades

Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Resistência à tração (MPa) = 1,91
Teor de asfalto (%) = 6,0
Volume de vazios (%) = 5,0
Faixa Granulométrica = #12,5mm
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 31

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **k1 .(et ^ k2)**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 3,0e-13**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,78**
-Classe de Fadiga: **≥ 1**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,73**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 713** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 1832** ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades

Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Resistência à tração (MPa) = 1,91
Teor de asfalto (%) = 6,0
Volume de vazios (%) = 5,0
Faixa Granulométrica = #12,5mm
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 31

Modelos

Ensaio de Fadiga
-Modelo: **k1 .(et ^ k2)**
-Coeficiente de Regressão (k1): **≥ 3,0e-13**
-Coeficiente de Regressão (k2): **≥ -3,78**
-Classe de Fadiga: **≥ 1**
-FFM (100μ a 250μ): **≥ 0,73**
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: **≥ 713** ciclos
- Condição de Tráfego Severa: **≥ 1832** 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.(s3 ^ psi2).(sd ^ psi3).(N ^ 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: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades

Descrição do Material = Brita Graduada
Massa específica (g/cm³) = 2,025
Umidade Ótima (%) = 7,5
Energia Compactação = Modificada
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0
Norma ou Especificação = DNIT ES 141

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: **ep = psi1.(s3 ^ psi2).(sd ^ psi3).(N ^ psi4)**
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,1294**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,0647**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **1,100**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0735**

5 - 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.(s3 ^ psi2).(sd ^ psi3).(N ^ 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) = **951**

Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **20,88**

Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **7,25e+06**

% Veículos na faixa de projeto: **100%**

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **7,25e+06**

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

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **8,31e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,036
2	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,424
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
16	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,855
17	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
18	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
19	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
36	Eixo Simples	13%	7,20	0,578	0,075
37	Eixo simples de roda dupla	13%	12,00	10,288	1,327

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
38	Eixo Simples	11%	7,20	0,578	0,066
39	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,173
40	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,173
41	Eixo Simples	7%	7,20	0,578	0,042
42	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
43	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
44	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
45	Eixo Simples	7%	7,20	0,578	0,040
46	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
47	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
48	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
49	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
50	Eixo Simples	10%	7,20	0,578	0,058
51	Dois eixos duplos em tandem	10%	20,40	23,235	2,323
52	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,029
53	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,029
54	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,029
55	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,003
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,010
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
64	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,005
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,186
66	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,082
67	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,082
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,186
69	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,082
70	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,082

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	5,959e+05	1,05%	1,7
6	3,597e+06	2,42%	2,0
12	7,248e+06	3,82%	2,1
18	1,095e+07	5,38%	2,2
24	1,471e+07	7,21%	2,2
30	1,853e+07	9,36%	2,3
36	2,240e+07	11,89%	2,3
42	2,633e+07	14,83%	2,3
48	3,032e+07	18,22%	2,4

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
54	3,437e+07	22,04%	2,4
60	3,848e+07	26,31%	2,4
66	4,265e+07	30,98%	2,5
72	4,688e+07	36,01%	2,5
78	5,118e+07	41,34%	2,5
84	5,554e+07	46,89%	2,5
90	5,996e+07	52,58%	2,5
96	6,445e+07	58,30%	2,5
102	6,901e+07	63,96%	2,6
108	7,363e+07	69,47%	2,6
114	7,833e+07	74,75%	2,6
120	8,309e+07	79,73%	2,6

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	1,91
4	MATERIAL GRANULAR	0,24
5	SUBLEITO	0,45
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,6

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	20	18	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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	27	23	18	15	10	8	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaiss 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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 MG KM553 com 30% de sobrecarga**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:19:07** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,7mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ Grupo MCT = NS' MCT - Coeficiente e' = 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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **951**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **30,67**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,06e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,06e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,22e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,036
2	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,424
3	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
5	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,375
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100μ a 250μ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100μ a 250μ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
16	Dois eixos duplos em tandem	10%	17,00	8,549	0,855
17	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
18	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
19	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,329
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,068
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,026
36	Eixo Simples	13%	7,80	0,797	0,103
37	Eixo simples de roda dupla	13%	13,00	16,973	2,189
38	Eixo Simples	11%	7,80	0,797	0,091
39	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,935
40	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,935
41	Eixo Simples	7%	7,80	0,797	0,057
42	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
43	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
44	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
45	Eixo Simples	7%	7,80	0,797	0,056
46	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
47	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
48	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
50	Eixo Simples	10%	7,80	0,797	0,080
51	Dois eixos duplos em tandem	10%	22,10	36,039	3,604
52	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,697
53	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,697
54	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,697
55	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,005
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,017
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
64	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,006
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,288
66	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,136
67	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,136
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,288
69	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,136
70	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,136

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	8,753e+05	1,22%	1,7
6	5,284e+06	3,06%	2,0
12	1,065e+07	5,25%	2,2
18	1,609e+07	7,95%	2,2
24	2,161e+07	11,34%	2,3
30	2,722e+07	15,55%	2,4
36	3,291e+07	20,61%	2,4
42	3,868e+07	26,52%	2,4
48	4,454e+07	33,19%	2,5
54	5,049e+07	40,47%	2,5
60	5,653e+07	48,16%	2,5
66	6,265e+07	56,01%	2,5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	31	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	6,887e+07	63,79%	2,6
78	7,518e+07	71,25%	2,6
84	8,158e+07	78,20%	2,6
90	8,808e+07	84,47%	2,6
96	9,468e+07	89,98%	2,6
102	1,014e+08	94,67%	2,6
108	1,082e+08	98,55%	2,7
114	1,151e+08	99,00%	2,7
120	1,221e+08	99,00%	2,7

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	1,98
4	MATERIAL GRANULAR	0,25
5	SUBLEITO	0,46
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,7

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	20	18	16	14	11	8	7	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	19	17	15	13	11	8	6	4	3

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 RS KM226**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:23:01** 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: **2,9mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **782**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **5,18**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,48e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,48e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,70e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	69%	6,00	0,278	0,191
2	Eixo simples de roda dupla	69%	10,00	3,289	2,263
3	Eixo Simples	20%	6,00	0,278	0,056
4	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,661
5	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,661
6	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
7	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,240
8	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,240

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 357 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 952 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 357 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 952 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,240
10	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
11	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,072
12	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,072
13	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,072
14	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,072
15	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,004
16	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,131
17	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,050
18	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,050
19	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,050
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,216e+05	0,80%	1,8
6	7,344e+05	1,67%	2,2
12	1,480e+06	2,41%	2,3
18	2,236e+06	3,11%	2,4
24	3,004e+06	3,83%	2,5
30	3,783e+06	4,60%	2,5
36	4,574e+06	5,43%	2,5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
42	5,376e+06	6,34%	2,6
48	6,190e+06	7,34%	2,6
54	7,017e+06	8,44%	2,6
60	7,856e+06	9,64%	2,7
66	8,707e+06	10,96%	2,7
72	9,571e+06	12,41%	2,7
78	1,045e+07	13,99%	2,7
84	1,134e+07	15,71%	2,8
90	1,224e+07	17,57%	2,8
96	1,316e+07	19,57%	2,8
102	1,409e+07	21,73%	2,8
108	1,503e+07	24,04%	2,8
114	1,599e+07	26,50%	2,8
120	1,696e+07	29,10%	2,9

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	2,07
4	MATERIAL GRANULAR	0,27
5	SUBLEITO	0,52
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,9

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	24	22	20	17	15	11	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	23	19	17	14	12	8	5	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	34	28	23	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltsoso 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

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119 com sobrecarga de 5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:23:41** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **37,6%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,9mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **782**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **6,09**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,74e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,74e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,99e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	34%	6,00	0,278	0,096
2	Eixo simples de roda dupla	34%	10,00	3,289	1,132
3	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
4	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
5	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
6	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,010
7	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,120
8	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,120

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 382 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1017 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 382 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1017 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,120
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
36	Eixo Simples	34%	6,30	0,338	0,116
37	Eixo simples de roda dupla	34%	10,50	4,463	1,535
38	Eixo Simples	10%	6,30	0,338	0,034
39	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,451
40	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,451
41	Eixo Simples	4%	6,30	0,338	0,012
42	Eixo simples de roda dupla	4%	10,50	4,463	0,162
43	Eixo simples de roda dupla	4%	10,50	4,463	0,162
44	Eixo simples de roda dupla	4%	10,50	4,463	0,162
45	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
46	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
47	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
48	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
50	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,002
51	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,078
52	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,031
53	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,031
54	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,031
55	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
56	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
57	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
58	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
64	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
66	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
67	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
69	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
70	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,428e+05	0,85%	1,9
6	8,621e+05	1,81%	2,2
12	1,737e+06	2,65%	2,3
18	2,625e+06	3,47%	2,4
24	3,526e+06	4,34%	2,5
30	4,441e+06	5,29%	2,5
36	5,369e+06	6,33%	2,6
42	6,311e+06	7,50%	2,6
48	7,267e+06	8,79%	2,7
54	8,238e+06	10,22%	2,7
60	9,223e+06	11,81%	2,7
66	1,022e+07	13,57%	2,7

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	34	28	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,124e+07	15,50%	2,8
78	1,227e+07	17,62%	2,8
84	1,331e+07	19,92%	2,8
90	1,437e+07	22,41%	2,8
96	1,545e+07	25,09%	2,8
102	1,654e+07	27,95%	2,9
108	1,765e+07	30,99%	2,9
114	1,877e+07	34,20%	2,9
120	1,991e+07	37,55%	2,9

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	2,10
4	MATERIAL GRANULAR	0,28
5	SUBLEITO	0,53
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,9

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	24	22	20	17	15	11	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	23	19	17	14	12	8	5	4	3

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM226 com sobrecarga de 12,5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:34:14** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **56,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,0mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **782**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **7,91**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,26e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,26e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,59e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	34%	6,00	0,278	0,096
2	Eixo simples de roda dupla	34%	10,00	3,289	1,132
3	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
4	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
5	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
6	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,010
7	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
8	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 429 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1133 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 429 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1133 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
36	Eixo Simples	34%	6,75	0,446	0,153
37	Eixo simples de roda dupla	34%	11,25	6,871	2,364
38	Eixo Simples	10%	6,75	0,446	0,045
39	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,694
40	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,694
41	Eixo Simples	4%	6,75	0,446	0,016
42	Eixo simples de roda dupla	4%	11,25	6,871	0,247
43	Eixo simples de roda dupla	4%	11,25	6,871	0,247
44	Eixo simples de roda dupla	4%	11,25	6,871	0,247
45	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,005
46	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
47	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
48	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
50	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,003
51	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,114
52	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
53	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
54	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,048
55	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
56	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
57	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
58	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,016
59	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
64	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
66	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000
67	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,000
69	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000
70	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,857e+05	0,94%	1,9
6	1,121e+06	2,07%	2,2
12	2,259e+06	3,13%	2,4
18	3,414e+06	4,23%	2,5
24	4,586e+06	5,44%	2,5
30	5,775e+06	6,82%	2,6
36	6,982e+06	8,39%	2,6
42	8,207e+06	10,18%	2,7
48	9,450e+06	12,20%	2,7
54	1,071e+07	14,49%	2,7
60	1,199e+07	17,04%	2,8
66	1,329e+07	19,88%	2,8

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	34	28	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,461e+07	23,00%	2,8
78	1,595e+07	26,39%	2,8
84	1,731e+07	30,05%	2,9
90	1,869e+07	33,95%	2,9
96	2,009e+07	38,07%	2,9
102	2,151e+07	42,37%	2,9
108	2,295e+07	46,81%	2,9
114	2,441e+07	51,36%	3,0
120	2,590e+07	55,95%	3,0

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	2,15
4	MATERIAL GRANULAR	0,28
5	SUBLEITO	0,54
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,0

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	24	22	20	17	15	11	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	23	19	17	14	12	8	5	4	3

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 RS KM226 com sobrecarga de 20% por eixo**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:24:16** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **79,7%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,0mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **782**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **10,51**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,00e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,00e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,44e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	34%	6,00	0,278	0,096
2	Eixo simples de roda dupla	34%	10,00	3,289	1,132
3	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
4	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
5	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
6	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,010
7	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
8	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 485 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1273 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 485 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1273 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
36	Eixo Simples	34%	7,20	0,578	0,199
37	Eixo simples de roda dupla	34%	12,00	10,288	3,539
38	Eixo Simples	10%	7,20	0,578	0,058
39	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,039
40	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,039
41	Eixo Simples	4%	7,20	0,578	0,021
42	Eixo simples de roda dupla	4%	12,00	10,288	0,370
43	Eixo simples de roda dupla	4%	12,00	10,288	0,370
44	Eixo simples de roda dupla	4%	12,00	10,288	0,370
45	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,006
46	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
47	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
48	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
50	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,004
51	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,163
52	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
53	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
54	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,072
55	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,001
56	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
57	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
58	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
64	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,000
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
66	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
67	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
69	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
70	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,465e+05	1,05%	2,0
6	1,488e+06	2,42%	2,3
12	2,998e+06	3,82%	2,5
18	4,531e+06	5,38%	2,5
24	6,087e+06	7,21%	2,6
30	7,666e+06	9,36%	2,7
36	9,268e+06	11,89%	2,7
42	1,089e+07	14,84%	2,8
48	1,254e+07	18,22%	2,8
54	1,422e+07	22,05%	2,8
60	1,592e+07	26,31%	2,8
66	1,764e+07	30,98%	2,9

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	34	28	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,940e+07	36,02%	2,9
78	2,117e+07	41,35%	2,9
84	2,298e+07	46,90%	2,9
90	2,481e+07	52,58%	3,0
96	2,666e+07	58,30%	3,0
102	2,855e+07	63,97%	3,0
108	3,046e+07	69,48%	3,0
114	3,240e+07	74,76%	3,0
120	3,437e+07	79,74%	3,0

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	2,21
4	MATERIAL GRANULAR	0,29
5	SUBLEITO	0,55
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,0

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	24	22	20	17	15	11	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	23	19	17	14	12	8	5	4	3

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 RS KM226 com sobrecarga de 30% por eixo**
Responsável pelo projeto:

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:24:29** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **3,2mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,2	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	8,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **782**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **15,55**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **4,44e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **4,44e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **5,09e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	34%	6,00	0,278	0,096
2	Eixo simples de roda dupla	34%	10,00	3,289	1,132
3	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
4	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
5	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
6	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,010
7	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
8	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 576 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1497 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 576 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1497 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,118
10	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
11	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
12	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
13	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
14	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
15	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
16	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
17	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
18	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
19	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
20	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
21	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
22	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
23	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
36	Eixo Simples	34%	7,80	0,797	0,274
37	Eixo simples de roda dupla	34%	13,00	16,973	5,839
38	Eixo Simples	10%	7,80	0,797	0,081
39	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,714
40	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,714
41	Eixo Simples	4%	7,80	0,797	0,029
42	Eixo simples de roda dupla	4%	13,00	16,973	0,611
43	Eixo simples de roda dupla	4%	13,00	16,973	0,611
44	Eixo simples de roda dupla	4%	13,00	16,973	0,611
45	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,009
46	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
47	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
48	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
50	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,006
51	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,252
52	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
53	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
54	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,119
55	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,001
56	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
57	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
58	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
64	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,000
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
66	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
67	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
69	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
70	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,650e+05	1,23%	2,0
6	2,203e+06	3,08%	2,4
12	4,440e+06	5,29%	2,5
18	6,709e+06	8,02%	2,6
24	9,012e+06	11,46%	2,7
30	1,135e+07	15,73%	2,8
36	1,372e+07	20,87%	2,8
42	1,613e+07	26,86%	2,9
48	1,857e+07	33,62%	2,9
54	2,105e+07	40,99%	2,9
60	2,357e+07	48,75%	2,9
66	2,612e+07	56,66%	3,0

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	34	28	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	2,872e+07	64,47%	3,0
78	3,135e+07	71,94%	3,0
84	3,402e+07	78,87%	3,0
90	3,673e+07	85,11%	3,1
96	3,948e+07	90,56%	3,1
102	4,227e+07	95,18%	3,1
108	4,510e+07	98,99%	3,1
114	4,798e+07	99,00%	3,1
120	5,089e+07	99,00%	3,2

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	2,30
4	MATERIAL GRANULAR	0,30
5	SUBLEITO	0,56
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		3,2

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	24	22	20	17	15	11	8	6	5
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	23	19	17	14	12	8	5	4	3

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-285 RS KM 362**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:38:23** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,9%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **834**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **11,68**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,56e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,56e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,08e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	19%	6,00	0,278	0,054
2	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,639
3	Eixo Simples	19%	6,00	0,278	0,052
4	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,615
5	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,615
6	Eixo Simples	20%	6,00	0,278	0,056
7	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,661
8	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,661

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 523 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1366 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 523 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1366 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	20%	10,00	3,289	0,661
10	Eixo Simples	14%	6,00	0,278	0,040
11	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
12	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
13	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
14	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,474
15	Eixo Simples	21%	6,00	0,278	0,059
16	Dois eixos duplos em tandem	21%	17,00	8,549	1,812
17	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,698
18	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,698
19	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,698
20	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
21	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
22	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
23	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,197
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,004
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,010
29	Eixo Simples	4%	6,00	0,278	0,010
30	Dois eixos duplos em tandem	4%	17,00	8,549	0,318
31	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,122
32	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,122
33	Dois eixos duplos em tandem	4%	17,00	8,549	0,318
34	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,122
35	Eixo simples de roda dupla	4%	10,00	3,289	0,122

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,923e+05	0,80%	1,6
6	1,765e+06	1,69%	1,9
12	3,556e+06	2,43%	2,0
18	5,373e+06	3,14%	2,1
24	7,218e+06	3,88%	2,1
30	9,090e+06	4,67%	2,2
36	1,099e+07	5,52%	2,2

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
42	1,292e+07	6,45%	2,2
48	1,487e+07	7,48%	2,2
54	1,686e+07	8,61%	2,3
60	1,888e+07	9,85%	2,3
66	2,092e+07	11,21%	2,3
72	2,300e+07	12,71%	2,3
78	2,511e+07	14,33%	2,4
84	2,724e+07	16,11%	2,4
90	2,941e+07	18,03%	2,4
96	3,162e+07	20,10%	2,4
102	3,385e+07	22,33%	2,4
108	3,612e+07	24,71%	2,4
114	3,842e+07	27,24%	2,4
120	4,076e+07	29,92%	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	1,79
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,43
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	32	27	23	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-285 RS km 362 com sobrecarga de 5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:38:35** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **38,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **834**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **13,66**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **4,16e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **4,16e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,77e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
2	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,319
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,308
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,308
6	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
7	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100μ a 250μ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 560 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1457 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100μ a 250μ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 560 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1457 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
15	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
16	Dois eixos duplos em tandem	11%	17,00	8,549	0,907
17	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
18	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
19	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,097
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,097
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,097
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,002
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,159
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,159
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
36	Eixo Simples	10%	6,30	0,338	0,033
37	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,433
38	Eixo Simples	9%	6,30	0,338	0,032
39	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,417
40	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,417
41	Eixo Simples	10%	6,30	0,338	0,034
42	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,449
43	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,449
44	Eixo simples de roda dupla	10%	10,50	4,463	0,449
45	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
46	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
47	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
48	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,321
50	Eixo Simples	11%	6,30	0,338	0,036
51	Dois eixos duplos em tandem	11%	17,85	11,171	1,185
52	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,474
53	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,474
54	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,474
55	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,127
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,127
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,127
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,007
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,007
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,003
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,007
64	Eixo Simples	2%	6,30	0,338	0,006
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,85	11,171	0,208
66	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,083
67	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,083
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,85	11,171	0,208
69	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,083
70	Eixo simples de roda dupla	2%	10,50	4,463	0,083

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,420e+05	0,85%	1,6
6	2,065e+06	1,82%	1,9
12	4,160e+06	2,67%	2,0
18	6,286e+06	3,50%	2,1
24	8,444e+06	4,39%	2,1
30	1,063e+07	5,35%	2,2
36	1,286e+07	6,42%	2,2
42	1,511e+07	7,61%	2,3
48	1,740e+07	8,93%	2,3
54	1,973e+07	10,40%	2,3
60	2,208e+07	12,03%	2,3
66	2,448e+07	13,84%	2,3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	32	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	2,691e+07	15,82%	2,4
78	2,937e+07	17,99%	2,4
84	3,187e+07	20,35%	2,4
90	3,441e+07	22,90%	2,4
96	3,699e+07	25,65%	2,4
102	3,961e+07	28,58%	2,5
108	4,226e+07	31,69%	2,5
114	4,495e+07	34,96%	2,5
120	4,769e+07	38,39%	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	1,82
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,44
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-285 RS km 362 com sobrecarga de 12,5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:40:34** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **56,7%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,6mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **834**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **17,70**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **5,39e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **5,39e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,18e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
2	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,319
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
6	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
7	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 627 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1621 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 627 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1621 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,331
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
15	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
16	Dois eixos duplos em tandem	11%	17,00	8,549	0,906
17	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
18	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
19	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,002
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,005
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,162
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,162
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
36	Eixo Simples	10%	6,75	0,446	0,043
37	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,667
38	Eixo Simples	9%	6,75	0,446	0,041
39	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,639
40	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,639
41	Eixo Simples	10%	6,75	0,446	0,045
42	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,694
43	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,694
44	Eixo simples de roda dupla	10%	11,25	6,871	0,694
45	Eixo Simples	7%	6,75	0,446	0,032
46	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
47	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
48	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,495
50	Eixo Simples	11%	6,75	0,446	0,047
51	Dois eixos duplos em tandem	11%	19,13	16,332	1,731
52	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
53	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
54	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
55	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,005
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,180
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,180
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,332	0,180
59	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,010
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,010
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,004
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,332	0,010
64	Eixo Simples	2%	6,75	0,446	0,008
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	19,13	16,332	0,310
66	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,131
67	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,131
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	19,13	16,332	0,310
69	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,131
70	Eixo simples de roda dupla	2%	11,25	6,871	0,131

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,428e+05	0,94%	1,6
6	2,673e+06	2,08%	1,9
12	5,387e+06	3,15%	2,1
18	8,140e+06	4,26%	2,1
24	1,093e+07	5,49%	2,2
30	1,377e+07	6,89%	2,2
36	1,665e+07	8,48%	2,3
42	1,957e+07	10,30%	2,3
48	2,254e+07	12,36%	2,3
54	2,554e+07	14,69%	2,4
60	2,860e+07	17,29%	2,4
66	3,170e+07	20,18%	2,4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	32	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	3,484e+07	23,35%	2,4
78	3,803e+07	26,80%	2,4
84	4,127e+07	30,52%	2,5
90	4,456e+07	34,48%	2,5
96	4,790e+07	38,66%	2,5
102	5,129e+07	43,02%	2,5
108	5,472e+07	47,51%	2,5
114	5,821e+07	52,10%	2,5
120	6,175e+07	56,73%	2,6

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	0,24
5	SUBLEITO	0,45
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,6

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-285 R5 km 362 com sobrecarga de 20% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:40:50** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **80,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,6mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **834**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **23,33**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **7,10e+06**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **7,10e+06**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **8,14e+07**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
2	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,319
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
6	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
7	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 707 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1816 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 707 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 1816 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
15	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
16	Dois eixos duplos em tandem	11%	17,00	8,549	0,906
17	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
18	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
19	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,159
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,159
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,061
36	Eixo Simples	10%	7,20	0,578	0,056
37	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	0,998
38	Eixo Simples	9%	7,20	0,578	0,054
39	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,957
40	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,957
41	Eixo Simples	10%	7,20	0,578	0,058
42	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,039
43	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,039
44	Eixo simples de roda dupla	10%	12,00	10,288	1,039
45	Eixo Simples	7%	7,20	0,578	0,042
46	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
47	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
48	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,741
50	Eixo Simples	11%	7,20	0,578	0,061
51	Dois eixos duplos em tandem	11%	20,40	23,235	2,463
52	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
53	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
54	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
55	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,006
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,256
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,256
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,256
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,010
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
64	Eixo Simples	2%	7,20	0,578	0,011
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	20,40	23,235	0,432
66	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,191
67	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,191
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	20,40	23,235	0,432
69	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,191
70	Eixo simples de roda dupla	2%	12,00	10,288	0,191

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	5,839e+05	1,05%	1,7
6	3,525e+06	2,42%	2,0
12	7,103e+06	3,83%	2,1
18	1,073e+07	5,40%	2,2
24	1,442e+07	7,23%	2,2
30	1,816e+07	9,40%	2,3
36	2,195e+07	11,94%	2,3
42	2,581e+07	14,90%	2,4
48	2,972e+07	18,30%	2,4
54	3,368e+07	22,15%	2,4
60	3,771e+07	26,44%	2,4
66	4,180e+07	31,14%	2,5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	32	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	4,594e+07	36,19%	2,5
78	5,015e+07	41,55%	2,5
84	5,442e+07	47,12%	2,5
90	5,876e+07	52,82%	2,5
96	6,316e+07	58,56%	2,6
102	6,763e+07	64,23%	2,6
108	7,216e+07	69,75%	2,6
114	7,676e+07	75,03%	2,6
120	8,143e+07	80,00%	2,6

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	1,92
4	MATERIAL GRANULAR	0,24
5	SUBLEITO	0,45
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,6

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR-285 R5 km 362 com sobrecarga de 30% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

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

Tipo de via: **Sistema Arterial Secundário**
Nível de confiabilidade: **75%**
Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **04/06/2023 às 22:41:46** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,7mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	10,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	9,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **834**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **34,22**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,04e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,04e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **1,19e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,027
2	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,319
3	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
4	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
5	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
6	Eixo Simples	10%	6,00	0,278	0,028
7	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
8	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	10%	10,00	3,289	0,332
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,020
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,237
15	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
16	Dois eixos duplos em tandem	11%	17,00	8,549	0,906
17	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
18	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
19	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,005
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,162
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,162
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,062
36	Eixo Simples	10%	7,80	0,797	0,077
37	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,646
38	Eixo Simples	9%	7,80	0,797	0,074
39	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,578
40	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,578
41	Eixo Simples	10%	7,80	0,797	0,081
42	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,714
43	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,714
44	Eixo simples de roda dupla	10%	13,00	16,973	1,714
45	Eixo Simples	7%	7,80	0,797	0,057
46	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
47	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
48	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,222
50	Eixo Simples	11%	7,80	0,797	0,085
51	Dois eixos duplos em tandem	11%	22,10	36,039	3,820
52	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
53	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
54	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
55	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,009
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,396
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,396
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,396
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,017
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
64	Eixo Simples	2%	7,80	0,797	0,015
65	Dois eixos duplos em tandem	2%	22,10	36,039	0,670
66	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,316
67	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,316
68	Dois eixos duplos em tandem	2%	22,10	36,039	0,670
69	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,316
70	Eixo simples de roda dupla	2%	13,00	16,973	0,316

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	8,562e+05	1,22%	1,7
6	5,169e+06	3,06%	2,0
12	1,042e+07	5,25%	2,2
18	1,574e+07	7,96%	2,3
24	2,114e+07	11,37%	2,3
30	2,663e+07	15,58%	2,4
36	3,219e+07	20,66%	2,4
42	3,784e+07	26,59%	2,4
48	4,357e+07	33,27%	2,5
54	4,939e+07	40,57%	2,5
60	5,530e+07	48,27%	2,5
66	6,129e+07	56,13%	2,5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	32	27	23	18	15	10	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	6,737e+07	63,91%	2,6
78	7,354e+07	71,38%	2,6
84	7,981e+07	78,32%	2,6
90	8,616e+07	84,59%	2,6
96	9,262e+07	90,09%	2,6
102	9,917e+07	94,77%	2,7
108	1,058e+08	98,63%	2,7
114	1,126e+08	99,00%	2,7
120	1,194e+08	99,00%	2,7

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	1,99
4	MATERIAL GRANULAR	0,25
5	SUBLEITO	0,47
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,7

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	21	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

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **06/07/2023 às 22:40:43** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,4%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,2mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	35,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **6031**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **9,09**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,00e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,00e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,29e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	30%	6,00	0,278	0,084
2	Eixo simples de roda dupla	30%	10,00	3,289	1,000
3	Eixo Simples	27%	6,00	0,278	0,074
4	Eixo simples de roda dupla	27%	10,00	3,289	0,872
5	Eixo simples de roda dupla	27%	10,00	3,289	0,872
6	Eixo Simples	17%	6,00	0,278	0,047
7	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,556
8	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,556

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	20,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	17%	10,00	3,289	0,556
10	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,033
11	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,388
12	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,388
13	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,388
14	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,388
15	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,035
16	Dois eixos duplos em tandem	13%	17,00	8,549	1,069
17	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
18	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
19	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,411
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,004
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,111
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,060
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,023

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,645e+06	1,77%	1,4
6	9,931e+06	3,41%	1,7
12	2,001e+07	4,57%	1,8
18	3,024e+07	5,56%	1,8
24	4,062e+07	6,50%	1,9
30	5,116e+07	7,43%	1,9
36	6,185e+07	8,38%	2,0

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
42	7,270e+07	9,37%	2,0
48	8,371e+07	10,41%	2,0
54	9,489e+07	11,50%	2,0
60	1,062e+08	12,67%	2,0
66	1,177e+08	13,90%	2,1
72	1,294e+08	15,22%	2,1
78	1,413e+08	16,63%	2,1
84	1,533e+08	18,13%	2,1
90	1,655e+08	19,73%	2,1
96	1,779e+08	21,44%	2,1
102	1,905e+08	23,25%	2,2
108	2,033e+08	25,18%	2,2
114	2,162e+08	27,22%	2,2
120	2,294e+08	29,37%	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	1,52
4	MATERIAL GRANULAR	0,29
5	SUBLEITO	0,38
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,2

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	17	16	15	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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

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	24	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	45	30	23	16	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119 com sobrecarga de 5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:46:33** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **36,2%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,2mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	35,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **6031**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **10,63**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,34e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,34e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,68e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	15%	6,00	0,278	0,042
2	Eixo simples de roda dupla	15%	10,00	3,289	0,499
3	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,037
4	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,436
5	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,436
6	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,023
7	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	20,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278
10	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
11	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,195
12	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,195
13	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,195
14	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,195
15	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
16	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,533
17	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,205
18	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,205
19	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,205
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,055
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,055
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,055
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
36	Eixo Simples	15%	6,30	0,338	0,051
37	Eixo simples de roda dupla	15%	10,50	4,463	0,678
38	Eixo Simples	13%	6,30	0,338	0,045
39	Eixo simples de roda dupla	13%	10,50	4,463	0,591
40	Eixo simples de roda dupla	13%	10,50	4,463	0,591
41	Eixo Simples	8%	6,30	0,338	0,029
42	Eixo simples de roda dupla	8%	10,50	4,463	0,377
43	Eixo simples de roda dupla	8%	10,50	4,463	0,377
44	Eixo simples de roda dupla	8%	10,50	4,463	0,377
45	Eixo Simples	6%	6,30	0,338	0,020
46	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,264
47	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,264
48	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,264

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,264
50	Eixo Simples	6%	6,30	0,338	0,021
51	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,85	11,171	0,693
52	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
53	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
54	Eixo simples de roda dupla	6%	10,50	4,463	0,277
55	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,002
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,071
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,071
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,071
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,000
64	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,001
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,038
66	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,015
67	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,015
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,038
69	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,015
70	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,015

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,923e+06	1,87%	1,4
6	1,161e+07	3,63%	1,7
12	2,339e+07	4,91%	1,8
18	3,535e+07	6,03%	1,9
24	4,749e+07	7,11%	1,9
30	5,981e+07	8,20%	1,9
36	7,231e+07	9,34%	2,0
42	8,499e+07	10,53%	2,0
48	9,787e+07	11,80%	2,0
54	1,109e+08	13,16%	2,1
60	1,242e+08	14,62%	2,1
66	1,377e+08	16,19%	2,1

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	24	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

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

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,513e+08	17,87%	2,1
78	1,652e+08	19,68%	2,1
84	1,793e+08	21,62%	2,1
90	1,935e+08	23,70%	2,2
96	2,080e+08	25,91%	2,2
102	2,227e+08	28,27%	2,2
108	2,377e+08	30,77%	2,2
114	2,528e+08	33,41%	2,2
120	2,682e+08	36,20%	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	1,54
4	MATERIAL GRANULAR	0,29
5	SUBLEITO	0,38
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,2

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	15	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119 com sobrecarga de 12,5% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:46:48** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **52,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,3mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	35,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **6031**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **13,90**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,06e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,06e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,51e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	15%	6,00	0,278	0,042
2	Eixo simples de roda dupla	15%	10,00	3,289	0,500
3	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,037
4	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,434
5	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,434
6	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,023
7	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	20,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276
10	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
11	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
12	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
13	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
14	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
15	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
16	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,530
17	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
18	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
19	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,026
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,026
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
36	Eixo Simples	15%	6,80	0,460	0,070
37	Eixo simples de roda dupla	15%	11,30	7,065	1,074
38	Eixo Simples	13%	6,80	0,460	0,061
39	Eixo simples de roda dupla	13%	11,30	7,065	0,933
40	Eixo simples de roda dupla	13%	11,30	7,065	0,933
41	Eixo Simples	8%	6,80	0,460	0,039
42	Eixo simples de roda dupla	8%	11,30	7,065	0,593
43	Eixo simples de roda dupla	8%	11,30	7,065	0,593
44	Eixo simples de roda dupla	8%	11,30	7,065	0,593
45	Eixo Simples	6%	6,80	0,460	0,027
46	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,417
47	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,417
48	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,417

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,417
50	Eixo Simples	6%	6,80	0,460	0,028
51	Dois eixos duplos em tandem	6%	19,10	16,192	1,004
52	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,438
53	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,438
54	Eixo simples de roda dupla	6%	11,30	7,065	0,438
55	Eixo Simples	1%	6,80	0,460	0,003
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,10	16,192	0,097
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,10	16,192	0,097
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,10	16,192	0,097
59	Eixo Simples	0%	6,80	0,460	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,10	16,192	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,10	16,192	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,30	7,065	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,10	16,192	0,000
64	Eixo Simples	0%	6,80	0,460	0,001
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,10	16,192	0,049
66	Eixo simples de roda dupla	0%	11,30	7,065	0,021
67	Eixo simples de roda dupla	0%	11,30	7,065	0,021
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,10	16,192	0,049
69	Eixo simples de roda dupla	0%	11,30	7,065	0,021
70	Eixo simples de roda dupla	0%	11,30	7,065	0,021

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,516e+06	2,05%	1,5
6	1,519e+07	4,05%	1,7
12	3,061e+07	5,60%	1,8
18	4,625e+07	7,00%	1,9
24	6,213e+07	8,41%	2,0
30	7,825e+07	9,89%	2,0
36	9,460e+07	11,48%	2,0
42	1,112e+08	13,19%	2,1
48	1,280e+08	15,06%	2,1
54	1,451e+08	17,10%	2,1
60	1,625e+08	19,32%	2,1
66	1,801e+08	21,74%	2,1

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	24	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

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

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,980e+08	24,36%	2,2
78	2,161e+08	27,20%	2,2
84	2,345e+08	30,24%	2,2
90	2,532e+08	33,49%	2,2
96	2,722e+08	36,93%	2,2
102	2,914e+08	40,57%	2,2
108	3,109e+08	44,38%	2,3
114	3,308e+08	48,35%	2,3
120	3,509e+08	52,44%	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	1,59
4	MATERIAL GRANULAR	0,30
5	SUBLEITO	0,39
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,3

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	15	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119 com sobrecarga de 20% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:46:59** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **74,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,3mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	35,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **6031**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **18,19**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **4,00e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **4,00e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,59e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	15%	6,00	0,278	0,043
2	Eixo simples de roda dupla	15%	10,00	3,289	0,500
3	Eixo Simples	15%	6,00	0,278	0,042
4	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,434
5	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,434
6	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,023
7	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	20,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,278
10	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
11	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
12	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
13	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
14	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
15	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
16	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,530
17	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
18	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
19	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,029
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,011
36	Eixo Simples	15%	7,20	0,578	0,088
37	Eixo simples de roda dupla	15%	12,00	10,288	1,564
38	Eixo Simples	13%	7,20	0,578	0,076
39	Eixo simples de roda dupla	13%	12,00	10,288	1,358
40	Eixo simples de roda dupla	13%	12,00	10,288	1,358
41	Eixo Simples	8%	7,20	0,578	0,049
42	Eixo simples de roda dupla	8%	12,00	10,288	0,868
43	Eixo simples de roda dupla	8%	12,00	10,288	0,868
44	Eixo simples de roda dupla	8%	12,00	10,288	0,868
45	Eixo Simples	6%	7,20	0,578	0,034
46	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,607
47	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,607
48	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,607

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,607
50	Eixo Simples	6%	7,20	0,578	0,036
51	Dois eixos duplos em tandem	6%	20,40	23,235	1,441
52	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
53	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
54	Eixo simples de roda dupla	6%	12,00	10,288	0,638
55	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,003
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,139
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,000
64	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,002
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,079
66	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,035
67	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,035
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,079
69	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,035
70	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,035

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,292e+06	2,26%	1,5
6	1,987e+07	4,56%	1,8
12	4,004e+07	6,45%	1,9
18	6,051e+07	8,26%	1,9
24	8,128e+07	10,18%	2,0
30	1,024e+08	12,26%	2,0
36	1,238e+08	14,57%	2,1
42	1,455e+08	17,14%	2,1
48	1,675e+08	20,00%	2,1
54	1,899e+08	23,16%	2,2
60	2,126e+08	26,63%	2,2
66	2,356e+08	30,42%	2,2

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	38	28	24	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

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

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	2,590e+08	34,52%	2,2
78	2,827e+08	38,91%	2,2
84	3,068e+08	43,57%	2,2
90	3,312e+08	48,45%	2,3
96	3,560e+08	53,50%	2,3
102	3,812e+08	58,69%	2,3
108	4,068e+08	63,94%	2,3
114	4,327e+08	69,19%	2,3
120	4,590e+08	74,39%	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	1,63
4	MATERIAL GRANULAR	0,31
5	SUBLEITO	0,40
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,3

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	15	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM119 com sobrecarga de 30% por eixo**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:47:24** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	13,9	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	35,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **6031**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **26,71**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **5,88e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **5,88e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,74e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	15%	6,00	0,278	0,042
2	Eixo simples de roda dupla	15%	10,00	3,289	0,500
3	Eixo Simples	13%	6,00	0,278	0,037
4	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,436
5	Eixo simples de roda dupla	13%	10,00	3,289	0,436
6	Eixo Simples	8%	6,00	0,278	0,023
7	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276
8	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	20,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	8%	10,00	3,289	0,276
10	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,016
11	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
12	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
13	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
14	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,194
15	Eixo Simples	6%	6,00	0,278	0,017
16	Dois eixos duplos em tandem	6%	17,00	8,549	0,530
17	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
18	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
19	Eixo simples de roda dupla	6%	10,00	3,289	0,204
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,002
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,051
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,000
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,000
29	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,001
30	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,026
31	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
32	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
33	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,026
34	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
35	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,010
36	Eixo Simples	15%	7,80	0,797	0,121
37	Eixo simples de roda dupla	15%	13,00	16,973	2,580
38	Eixo Simples	13%	7,80	0,797	0,106
39	Eixo simples de roda dupla	13%	13,00	16,973	2,247
40	Eixo simples de roda dupla	13%	13,00	16,973	2,247
41	Eixo Simples	8%	7,80	0,797	0,067
42	Eixo simples de roda dupla	8%	13,00	16,973	1,426
43	Eixo simples de roda dupla	8%	13,00	16,973	1,426
44	Eixo simples de roda dupla	8%	13,00	16,973	1,426
45	Eixo Simples	6%	7,80	0,797	0,047
46	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,001
47	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,001
48	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,001

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,001
50	Eixo Simples	6%	7,80	0,797	0,049
51	Dois eixos duplos em tandem	6%	22,10	36,039	2,234
52	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
53	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
54	Eixo simples de roda dupla	6%	13,00	16,973	1,052
55	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,005
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,216
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,000
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,000
64	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,002
65	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,108
66	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,051
67	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,051
68	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,108
69	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,051
70	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,051

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,834e+06	2,59%	1,6
6	2,918e+07	5,46%	1,8
12	5,880e+07	8,11%	1,9
18	8,886e+07	10,91%	2,0
24	1,194e+08	14,08%	2,1
30	1,503e+08	17,75%	2,1
36	1,817e+08	21,98%	2,1
42	2,136e+08	26,80%	2,2
48	2,460e+08	32,21%	2,2
54	2,788e+08	38,18%	2,2
60	3,122e+08	44,63%	2,3
66	3,460e+08	51,45%	2,3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse 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	24	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

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	45	30	23	16	12	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

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	3,804e+08	58,51%	2,3
78	4,152e+08	65,66%	2,3
84	4,506e+08	72,74%	2,3
90	4,865e+08	79,61%	2,3
96	5,229e+08	86,14%	2,4
102	5,599e+08	92,20%	2,4
108	5,974e+08	97,71%	2,4
114	6,354e+08	99,00%	2,4
120	6,741e+08	99,00%	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	1,69
4	MATERIAL GRANULAR	0,32
5	SUBLEITO	0,41
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	17	16	15	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM437 com sobrecarga de 5%**
Responsável pelo projeto:

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:54:05** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **36,2%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **4535**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **12,98**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,15e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,15e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,46e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,025
2	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,299
3	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
5	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
6	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
7	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
8	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaiss C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaiss C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,795
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
36	Eixo Simples	9%	6,30	0,338	0,031
37	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,406
38	Eixo Simples	12%	6,30	0,338	0,039
39	Eixo simples de roda dupla	12%	10,50	4,463	0,518
40	Eixo simples de roda dupla	12%	10,50	4,463	0,518
41	Eixo Simples	11%	6,30	0,338	0,036
42	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,473
43	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,473
44	Eixo simples de roda dupla	11%	10,50	4,463	0,473
45	Eixo Simples	7%	6,30	0,338	0,024
46	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
47	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
48	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	10,50	4,463	0,312
50	Eixo Simples	9%	6,30	0,338	0,031
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,85	11,171	1,039
52	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,415
53	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,415
54	Eixo simples de roda dupla	9%	10,50	4,463	0,415
55	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,132
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,132
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,132
59	Eixo Simples	0%	6,30	0,338	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
62	Eixo simples de roda dupla	0%	10,50	4,463	0,004
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,85	11,171	0,011
64	Eixo Simples	1%	6,30	0,338	0,004
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,123
66	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
67	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,85	11,171	0,123
69	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049
70	Eixo simples de roda dupla	1%	10,50	4,463	0,049

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,767e+06	1,87%	1,5
6	1,066e+07	3,63%	1,8
12	2,149e+07	4,91%	1,9
18	3,247e+07	6,03%	2,0
24	4,362e+07	7,11%	2,0
30	5,494e+07	8,20%	2,1
36	6,642e+07	9,34%	2,1
42	7,807e+07	10,53%	2,2
48	8,990e+07	11,81%	2,2
54	1,019e+08	13,17%	2,2
60	1,141e+08	14,63%	2,2
66	1,265e+08	16,19%	2,2

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	26	23	21	18	15	11	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,390e+08	17,88%	2,3
78	1,517e+08	19,69%	2,3
84	1,647e+08	21,62%	2,3
90	1,778e+08	23,70%	2,3
96	1,911e+08	25,92%	2,3
102	2,046e+08	28,27%	2,3
108	2,183e+08	30,78%	2,4
114	2,322e+08	33,42%	2,4
120	2,463e+08	36,20%	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	1,78
4	MATERIAL GRANULAR	0,22
5	SUBLEITO	0,39
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	16	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM437**
Responsável pelo projeto: **Gabriela**

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:53:50** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **29,4%**
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,4mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ Grupo MCT = NS' MCT - Coeficiente e' = 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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **4535**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **11,10**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **1,84e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **1,84e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **2,11e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	18%	6,00	0,278	0,051
2	Eixo simples de roda dupla	18%	10,00	3,289	0,600
3	Eixo Simples	23%	6,00	0,278	0,065
4	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,765
5	Eixo simples de roda dupla	23%	10,00	3,289	0,765
6	Eixo Simples	21%	6,00	0,278	0,059
7	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,695
8	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,695

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	21%	10,00	3,289	0,695
10	Eixo Simples	14%	6,00	0,278	0,039
11	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,460
12	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,460
13	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,460
14	Eixo simples de roda dupla	14%	10,00	3,289	0,460
15	Eixo Simples	19%	6,00	0,278	0,052
16	Dois eixos duplos em tandem	19%	17,00	8,549	1,593
17	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,613
18	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,613
19	Eixo simples de roda dupla	19%	10,00	3,289	0,613
20	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,007
21	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,202
22	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,202
23	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,202
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,004
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,011
29	Eixo Simples	2%	6,00	0,278	0,006
30	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,194
31	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,075
32	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,075
33	Dois eixos duplos em tandem	2%	17,00	8,549	0,194
34	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,075
35	Eixo simples de roda dupla	2%	10,00	3,289	0,075

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,510e+06	1,77%	1,5
6	9,116e+06	3,40%	1,8
12	1,837e+07	4,57%	1,9
18	2,776e+07	5,56%	2,0
24	3,729e+07	6,50%	2,0
30	4,696e+07	7,43%	2,1
36	5,678e+07	8,38%	2,1

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
42	6,674e+07	9,37%	2,1
48	7,685e+07	10,41%	2,2
54	8,711e+07	11,50%	2,2
60	9,752e+07	12,66%	2,2
66	1,081e+08	13,90%	2,2
72	1,188e+08	15,21%	2,2
78	1,297e+08	16,62%	2,3
84	1,407e+08	18,12%	2,3
90	1,520e+08	19,72%	2,3
96	1,633e+08	21,42%	2,3
102	1,749e+08	23,23%	2,3
108	1,866e+08	25,16%	2,3
114	1,985e+08	27,20%	2,3
120	2,106e+08	29,35%	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	1,76
4	MATERIAL GRANULAR	0,22
5	SUBLEITO	0,38
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	17	16	16	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	26	23	21	18	15	11	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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaisse C6

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	47	29	21	15	12	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

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:

Nome do Projeto: **BR116 SP KM437 com sobrecarga de 12,5%**

Responsável pelo projeto:

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:54:24** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **51,8%**.

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

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm³) = 2,025	Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4)
Umidade Ótima (%) = 7,5	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294
Energia Compactação = Modificada	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,244
MCT - Índice e' = 1,68	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): 0,419
Massa específica (g/cm³) = 1,8	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,309
Umidade Ótima (%) = 13,0	Coefficiente 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) = **4535**

Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **16,83**

Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **2,79e+07**

% Veículos na faixa de projeto: **100%**

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **2,79e+07**

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

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **3,19e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,025
2	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,299
3	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
5	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
6	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
7	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
8	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm³) = 2,4	-Modelo: k1 .(et ^ k2)
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm³) = 2,4	-Modelo: k1 .(et ^ k2)
Resistência à tração (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm³) = 2,223	Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4)
Umidade Ótima (%) = 5,0	Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,0868
Energia Compactação = Modificada	Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,2801
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0	Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 0,8929
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0961

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,795
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
36	Eixo Simples	9%	6,75	0,446	0,041
37	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,625
38	Eixo Simples	12%	6,75	0,446	0,052
39	Eixo simples de roda dupla	12%	11,25	6,871	0,797
40	Eixo simples de roda dupla	12%	11,25	6,871	0,797
41	Eixo Simples	11%	6,75	0,446	0,047
42	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
43	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
44	Eixo simples de roda dupla	11%	11,25	6,871	0,728
45	Eixo Simples	7%	6,75	0,446	0,031
46	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
47	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
48	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	11,25	6,871	0,481
50	Eixo Simples	9%	6,75	0,446	0,041
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	19,13	16,309	1,517
52	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,639
53	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,639
54	Eixo simples de roda dupla	9%	11,25	6,871	0,639
55	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,005
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,309	0,192
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,309	0,192
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,309	0,192
59	Eixo Simples	0%	6,75	0,446	0,000
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,016
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,016
62	Eixo simples de roda dupla	0%	11,25	6,871	0,007
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	19,13	16,309	0,016
64	Eixo Simples	1%	6,75	0,446	0,005
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,309	0,179
66	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
67	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	19,13	16,309	0,179
69	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076
70	Eixo simples de roda dupla	1%	11,25	6,871	0,076

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,290e+06	2,04%	1,6
6	1,382e+07	4,04%	1,8
12	2,785e+07	5,57%	2,0
18	4,209e+07	6,96%	2,0
24	5,654e+07	8,36%	2,1
30	7,121e+07	9,82%	2,1
36	8,609e+07	11,39%	2,2
42	1,012e+08	13,08%	2,2
48	1,165e+08	14,93%	2,2
54	1,321e+08	16,94%	2,3
60	1,479e+08	19,13%	2,3
66	1,639e+08	21,51%	2,3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	26	23	21	18	15	11	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaíse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	1,802e+08	24,09%	2,3
78	1,967e+08	26,88%	2,3
84	2,134e+08	29,87%	2,4
90	2,304e+08	33,07%	2,4
96	2,477e+08	36,47%	2,4
102	2,652e+08	40,06%	2,4
108	2,830e+08	43,82%	2,4
114	3,010e+08	47,74%	2,4
120	3,193e+08	51,78%	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	1,83
4	MATERIAL GRANULAR	0,22
5	SUBLEITO	0,39
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,4

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	16	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM437 com sobrecarga de 20%**
Responsável pelo projeto:

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:54:48** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **74,4%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,5mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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 = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **4535**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **22,22**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **3,68e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **3,68e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **4,22e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,025
2	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,299
3	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
5	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
6	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
7	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
8	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm ³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm ³) = 2,223 Umidade Ótima (%) = 5,0 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,795
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,103
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
36	Eixo Simples	9%	7,20	0,578	0,053
37	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,936
38	Eixo Simples	12%	7,20	0,578	0,067
39	Eixo simples de roda dupla	12%	12,00	10,288	1,193
40	Eixo simples de roda dupla	12%	12,00	10,288	1,193
41	Eixo Simples	11%	7,20	0,578	0,061
42	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
43	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
44	Eixo simples de roda dupla	11%	12,00	10,288	1,091
45	Eixo Simples	7%	7,20	0,578	0,040
46	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
47	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
48	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	12,00	10,288	0,720
50	Eixo Simples	9%	7,20	0,578	0,054
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	20,40	23,235	2,161
52	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,957
53	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,957
54	Eixo simples de roda dupla	9%	12,00	10,288	0,957
55	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,007
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,274
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,274
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,279
59	Eixo Simples	0%	7,20	0,578	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
62	Eixo simples de roda dupla	0%	12,00	10,288	0,010
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	20,40	23,235	0,023
64	Eixo Simples	1%	7,20	0,578	0,006
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,256
66	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
67	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	20,40	23,235	0,256
69	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113
70	Eixo simples de roda dupla	1%	12,00	10,288	0,113

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	3,023e+06	2,26%	1,6
6	1,825e+07	4,56%	1,9
12	3,678e+07	6,45%	2,0
18	5,557e+07	8,26%	2,1
24	7,465e+07	10,18%	2,1
30	9,402e+07	12,26%	2,2
36	1,137e+08	14,57%	2,2
42	1,336e+08	17,14%	2,3
48	1,539e+08	20,00%	2,3
54	1,744e+08	23,16%	2,3
60	1,952e+08	26,63%	2,3
66	2,164e+08	30,42%	2,4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	26	23	21	18	15	11	8	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse 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	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

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	47	29	21	15	12	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

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	2,379e+08	34,52%	2,4
78	2,597e+08	38,91%	2,4
84	2,818e+08	43,57%	2,4
90	3,042e+08	48,45%	2,4
96	3,270e+08	53,50%	2,4
102	3,501e+08	58,69%	2,5
108	3,736e+08	63,94%	2,5
114	3,974e+08	69,19%	2,5
120	4,216e+08	74,39%	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	1,88
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,40
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,5

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

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	17	16	16	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4

Programa MeDiNa

v.1.1.5.0 - dezembro/2020

Cópia registrada para Gabriela (gabrielafraga@outlook.com.br).

Análise do pavimento

Empresa:
Nome do Projeto: **BR116 SP KM437 com sobrecarga de 30%**
Responsável pelo projeto:

Seção do pavimento analisada 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 **04/06/2023 às 22:55:07** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**
Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **99,0%**.
Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **2,6mm**

ALERTAS

- Esta análise não constitui o dimensionamento da estrutura do pavimento!
- Tráfego elevado para a estrutura proposta.

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista na 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 na 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 RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	14,3	Resiliente Linear MR = 8289 MPa	0,30
3	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	40,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35

4 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C6

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada Massa específica (g/cm³) = 2,025 Umidade Ótima (%) = 7,5 Energia Compactação = Modificada Abrasão Los Angeles (%) = 43,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^psi4) Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,1294 Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,0647 Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,100 Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0735

5 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

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/cm³) = 1,8 Umidade Ótima (%) = 13,0 Energia Compactação = Normal Norma ou Especificação = DNIT ES 137	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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) = **4535**
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = **32,60**
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): **5,40e+07**
% Veículos na faixa de projeto: **100%**
Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: **5,40e+07**
Taxa de crescimento do tráfego: **3,0%**
Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = **6,19e+08**

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,025
2	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,299
3	Eixo Simples	12%	6,00	0,278	0,032
4	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
5	Eixo simples de roda dupla	12%	10,00	3,289	0,382
6	Eixo Simples	11%	6,00	0,278	0,029
7	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
8	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
4	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C6	15,0	Resiliente Linear MR = 278 MPa	0,35
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

2 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16 Massa específica (g/cm³) = 2,4 Resistência à tração (MPa) = 1,91 Teor de asfalto (%) = 6,0 Volume de vazios (%) = 5,0 Faixa Granulométrica = #12,5mm Abrasão Los Angeles (%) = 40,0 Norma ou Especificação = DNIT ES 31	Ensaio de Fadiga -Modelo: k1 .(et ^ k2) -Coeficiente de Regressão (k1): ≥ 3,0e-13 -Coeficiente de Regressão (k2): ≥ -3,78 -Classe de Fadiga: ≥ 1 -FFM (100µ a 250µ): ≥ 0,73 Flow Number Mínimo - Condição de Tráfego Normal: ≥ 750 ciclos - Condição de Tráfego Severa: ≥ 2000 ciclos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C5

Propriedades	Modelos
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	Ensaio de Deformação Permanente Modelo: ep = psi1.(s3^psi2).(sd ^psi3).(N^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

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
9	Eixo simples de roda dupla	11%	10,00	3,289	0,349
10	Eixo Simples	7%	6,00	0,278	0,019
11	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
12	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
13	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
14	Eixo simples de roda dupla	7%	10,00	3,289	0,230
15	Eixo Simples	9%	6,00	0,278	0,026
16	Dois eixos duplos em tandem	9%	17,00	8,549	0,795
17	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
18	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
19	Eixo simples de roda dupla	9%	10,00	3,289	0,306
20	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
21	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
22	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
23	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,101
24	Eixo Simples	0%	6,00	0,278	0,000
25	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
26	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
27	Eixo simples de roda dupla	0%	10,00	3,289	0,003
28	Dois eixos duplos em tandem	0%	17,00	8,549	0,009
29	Eixo Simples	1%	6,00	0,278	0,003
30	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
31	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
32	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
33	Dois eixos duplos em tandem	1%	17,00	8,549	0,094
34	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
35	Eixo simples de roda dupla	1%	10,00	3,289	0,036
36	Eixo Simples	9%	7,80	0,797	0,073
37	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,545
38	Eixo Simples	12%	7,80	0,797	0,092
39	Eixo simples de roda dupla	12%	13,00	16,973	1,969
40	Eixo simples de roda dupla	12%	13,00	16,973	1,969
41	Eixo Simples	11%	7,80	0,797	0,085
42	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
43	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
44	Eixo simples de roda dupla	11%	13,00	16,973	1,799
45	Eixo Simples	7%	7,80	0,797	0,056
46	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
47	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
48	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
49	Eixo simples de roda dupla	7%	13,00	16,973	1,188
50	Eixo Simples	9%	7,80	0,797	0,074
51	Dois eixos duplos em tandem	9%	22,10	36,039	3,352
52	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,578
53	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,578
54	Eixo simples de roda dupla	9%	13,00	16,973	1,578
55	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,009
56	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,425
57	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,425
58	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,425
59	Eixo Simples	0%	7,80	0,797	0,001
60	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
61	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
62	Eixo simples de roda dupla	0%	13,00	16,973	0,017
63	Dois eixos duplos em tandem	0%	22,10	36,039	0,036
64	Eixo Simples	1%	7,80	0,797	0,009
65	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,396
66	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
67	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
68	Dois eixos duplos em tandem	1%	22,10	36,039	0,396
69	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187
70	Eixo simples de roda dupla	1%	13,00	16,973	0,187

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,436e+06	2,59%	1,7
6	2,678e+07	5,46%	2,0
12	5,397e+07	8,11%	2,1
18	8,155e+07	10,90%	2,2
24	1,095e+08	14,07%	2,2
30	1,380e+08	17,73%	2,3
36	1,668e+08	21,96%	2,3
42	1,961e+08	26,77%	2,3
48	2,258e+08	32,18%	2,4
54	2,559e+08	38,14%	2,4
60	2,865e+08	44,58%	2,4
66	3,176e+08	51,39%	2,4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	26	23	21	18	15	11	8	6	5

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

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	36	27	23	18	14	10	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita Graduada - Gnaïsse C6

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	29	21	15	12	9	7	6	5

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo Siltoso NS'

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	49	31	23	15	12	9	7	6	5

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
72	3,491e+08	58,45%	2,5
78	3,811e+08	65,59%	2,5
84	4,135e+08	72,67%	2,5
90	4,464e+08	79,55%	2,5
96	4,799e+08	86,07%	2,5
102	5,138e+08	92,13%	2,6
108	5,482e+08	97,65%	2,6
114	5,832e+08	99,00%	2,6
120	6,187e+08	99,00%	2,6

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	1,95
4	MATERIAL GRANULAR	0,23
5	SUBLEITO	0,41
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		2,6

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 - RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba

Equipamento	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 cm	20 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	17	16	16	14	13	11	9	7	6
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	14	13	12	11	10	7	6	5	4