

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Mariana Gonçalves Modesto

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO
PELO MÉTODO DO DNER E O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO
NACIONAL COM ORÇAMENTAÇÃO PELO NOVO SICRO**

Santa Maria, RS
2019

Mariana Gonçalves Modesto

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO
MÉTODO DO DNER E O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL COM
ORÇAMENTAÇÃO PELO NOVO SICRO**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira

Santa Maria, RS
2019

Mariana Gonçalves Modesto

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO
MÉTODO DO DNER E O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL COM
ORÇAMENTAÇÃO PELO NOVO SICRO**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Civil**.

Aprovado em 12 de julho de 2019:

Prof. Deividi da Silva Pereira, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Profa. Mirela Schramm Tonetto (UFSM)

Bruno Gonçalves, Me. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marcelo e Juliana, meus maiores incentivadores. Dedico também a minha bisavó, Nilza Vieira Alves, que infelizmente não está mais entre nós para presenciar esse momento, mas quem se faz necessário agradecer a todo o apoio recebido e quem eu tenho certeza que está extremamente feliz com a minha conquista.

AGRADECIMENTOS

Expresso a minha gratidão à todos que estiveram ao meu lado e que me ajudaram a crescer ao longo desse percurso e, de uma maneira especial, agradeço:

- À Deus por me dar força e coragem para encarar esse percurso longe da família.

- À toda a minha família, especialmente aos meus pais, Marcelo Machado Modesto e Juliana Gonçalves Modesto, por todo o apoio e incentivo, pela confiança depositada em mim e por estarem sempre próximos, me ajudando a superar os desafios nessa caminhada longe de casa.

- Ao meu namorado, Lucas Eduardo Deitos, por toda a paciência, amor e dedicação, por acreditar sempre em mim e no meu sucesso.

- Aos meus amigos, que me incentivaram, apoiaram e entenderam a minha ausência em alguns momentos.

- À toda comunidade da UFSM, em especial ao orientador deste trabalho, o Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira, por todo conhecimento transmitido.

- E à empresa Della Pasqua Engenharia e Construções, local onde realizei meu estágio e pude adquirir experiências que agregaram à minha formação.

RESUMO

ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO MÉTODO DO DNER E O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL COM ORÇAMENTAÇÃO PELO NOVO SICRO

AUTORA: Mariana Gonçalves Modesto

ORIENTADOR: Deividi da Silva Pereira

Tendo em vista que o método de dimensionamento mais utilizado no Brasil atualmente é de caráter empírico e, muitas vezes, considera diversas simplificações e gera resultados errôneos, mostrou-se necessária a busca por um novo método de dimensionamento que gerasse respostas confiáveis. Nesse sentido, iniciou-se o estudo da metodologia empírico-mecanicista, que leva em conta o comportamento da estrutura ao longo de sua vida útil. Com base nessa metodologia, desenvolveu-se o Método de Dimensionamento Nacional, materializado em um software denominado MeDiNa, que foi apresentado em 2017 pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Ainda em 2017, o DNIT divulgou o Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), um sistema de composição de custos com o intuito de aprimorar e facilitar a orçamentação. Considerando esses importantes avanços tecnológicos na área e com o objetivo de dar continuidade ao trabalho realizado nas disciplinas de Rodovias I e II, este estudo buscou analisar e comparar os dois métodos de dimensionamento para, então, orçar as estruturas pelo Novo SICRO. Para tanto, em primeiro lugar, determinou-se duas alternativas de estruturas e, através do Método do DNER e do Método de Dimensionamento Nacional, o pavimento foi dimensionado. Então, foram realizados os orçamentos das alternativas para a estrutura do pavimento mediante o Novo SICRO. Por fim, elaborou-se uma análise de sensibilidade através da variação do período de projeto e do nível de confiabilidade. Por meio dessa análise, concluiu-se que o custo por N por quilômetro implantado é inversamente proporcional ao período de projeto e que, para uma mesma duração desse, a área trincada no pavimento é proporcional à confiabilidade. De forma geral, entende-se que o método empírico-mecanicista reduz o desperdício de materiais e, conseqüentemente, de recursos públicos, visto que possibilita um dimensionamento mais coerente ao necessário para o tráfego imposto.

Palavras-chave: Dimensionamento. DNER. MeDiNa. SICRO. Orçamento.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE DIMENSIONING OF AN ASHPTIC PAVEMENT BY THE DNER METHOD AND THE NATIONAL SIZING METHOD WITH BUDGETING BY THE NEW SICRO

AUTHOR: Mariana Gonçalves Modesto
ADVISOR: Deividi da Silva Pereira

Considering that the most commonly used sizing method in Brazil is currently empirical and often considers several simplifications and generates erroneous results, it was necessary to search for a new sizing method that would generate reliable answers. In this sense, the study of the empirical-mechanistic methodology was started, which takes into account the behavior of the structure throughout its useful life. Based on this methodology, the National Dimensioning Method was developed, materialized in software called MeDiNa, which was presented in 2017 by the National Department of Transport Infrastructure (DNIT). Also in 2017, DNIT released the New System of Reference Costs of Works (SICRO), a system of cost composition with the aim of improving and facilitating budgeting. Considering these important technological advances in the area and with the objective of continuing the work carried out in the disciplines of Highways I and II, this study sought to analyze and compare the two sizing methods to then budget the structures for the New SICRO. To do so, first, two structural alternatives were determined and, through the DNER Method and the National Sizing Method, the pavement was dimensioned. Then, the budgets of the alternatives for the pavement structure were made through the New SICRO. Lastly, a sensitivity analysis was elaborated through the variation of the design period and the level of reliability. By means of this analysis, it was concluded that the cost per N per kilometer implanted is inversely proportional to the project period and that, for the same duration, the area cracked in the pavement is proportional to the reliability. In general, it is understood that the empirico-mecanicista method reduces the waste of materials and, consequently, of public resources, since it allows a dimensioning more coherent to the necessary one for the imposed traffic.

Keywords: Sizing. DNER. MeDiNa. SICRO. Budget

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Distribuição da pressão dos pneus no pavimento	25
Figura 2.2 – Esquema da estrutura do pavimento.....	26
Figura 2.3 – Tensões atuantes nas camadas do pavimento	26
Figura 2.4 – Tipos de eixos e as respectivas cargas máximas legais.	31
Figura 2.5 – Fluxograma do método de dimensionamento de pavimentos asfálticos – SisPav.....	37
Figura 2.6 – Interface do MeDiNa v1.0.2.1	40
Figura 3.1 – Projeto geométrico do trecho	42
Figura 3.2 – Perfil longitudinal, diagrama de Brückner e demais informações do projeto	43
Figura 3.3 – Croqui do projeto geométrico e representação das jazidas	47
Figura 3.4 – Indicação do trecho onde foram coletados os dados de tráfego	50
Figura 3.5 – Camadas do pavimento em relação às camadas equivalentes	62
Figura 3.6 – Ábaco para determinar a espessura do pavimento	64
Figura 3.7 – Dados iniciais inseridos no software	68
Figura 3.8 – Dados da estrutura do pavimento	68
Figura 3.9 – Dados da camada	69
Figura 3.10 – Composição código 5502114	72
Figura 3.11 – Composição código 5503041	73
Figura 3.12 – Composição código 4011209	76
Figura 3.13 – Composição código 4011211	77
Figura 3.14 – Composição código 5213401	80
Figura 3.15 – Composição código 5213466	81
Figura 3.16 – Composição código 5914374	83
Figura 3.17 – Composição código 5914389	84
Figura 4.1 – Representação da estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER.....	87
Figura 4.2 – Representação da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER	89
Figura 4.3 – Resultado do dimensionamento através do MeDiNa	90
Figura 4.4 – Informações fornecidas pelo software com base no dimensionamento	91
Figura 4.5 – Deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto	92
Figura 4.6 – Representação da estrutura com sub-base dimensionada com o MeDiNa	92
Figura 4.7 – Resultado do dimensionamento para a estrutura com reforço do subleito.....	93
Figura 4.8 – Informações resultantes do dimensionamento	94
Figura 4.9 – Deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto	94
Figura 4.10 – Representação da estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa.....	95
Figura 4.11 – Quantitativos utilizados para o serviço de sinalização	99
Figura 4.12 – Resumo dos dados para a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER	100

Figura 4.13 – Resumo dos dados para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o Método do DNER.....	100
Figura 4.14 – Orçamento para a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER.....	101
Figura 4.15 – Orçamento para a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER	102
Figura 4.16 – Resumo dos dados para a estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa.....	104
Figura 4.17 – Resumo dos dados para a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa	104
Figura 4.18 – Orçamento para a estrutura com sub-base dimensionada com o software MeDiNa	105
Figura 4.19 – Orçamento para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o software MeDiNa.....	106
Figura 4.20 – Estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER inserida no software MeDiNa	108
Figura 4.21 – Resultado da análise da estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER.....	108
Figura 4.22 – Estrutura com reforço do subleito dimensionada através do Método do DNER para análise no software.....	109
Figura 4.23 – Informações resultantes da análise da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER	109
Figura 4.24 – Comparação do custo para um quilômetro de rodovia	111
Figura 4.25 – Comparação do custo por N para um quilômetro de rodovia.....	112
Figura 4.26 – Período de projeto e área trincada em função da confiabilidade estabelecida.....	115
Figura 4.27 – Comparação do Custo/N com período de projeto.....	116
Figura 4.28 – Período de projeto e área trincada em função da confiabilidade	118
Figura 4.29 – Comparação entre a primeira e a segunda análise considerando a área trincada e o período de projeto	119
Figura 4.30 – Comparação do Custo/N com período de projeto.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Faixas granulométricas para material de base granular.....	29
Tabela 2.2 – Principais marcos históricos do desenvolvimento dos sistemas de custos.....	35
Tabela 2.3 – Confiabilidade adotada conforme o tipo de via.....	39
Tabela 3.1 – Volume de corte em cada estaca.....	44
Tabela 3.2 – Volume de aterro em cada estaca.....	45
Tabela 3.3 – Distância da jazida até a rodovia.....	46
Tabela 3.4 – Distâncias médias de transportes consideradas para os materiais.....	49
Tabela 3.5 – Dados da contagem no primeiro dia. Sentido VRS-804 – Camobi.....	51
Tabela 3.6 – Dados da contagem no primeiro dia. Sentido Camobi – VRS-804.....	52
Tabela 3.7 – Dados da contagem no segundo dia. Sentido VRS-804 – Camobi.....	53
Tabela 3.8 – Dados da contagem no segundo dia. Sentido Camobi - VRS-804.....	54
Tabela 3.9 – Dados da contagem no terceiro dia. Sentido VRS-804 – Camobi.....	55
Tabela 3.10 – Dados da contagem no terceiro dia. Sentido Camobi - VRS-804.....	56
Tabela 3.11 – Volume diário médio da rodovia em 2015.....	57
Tabela 3.12 – Projeção do VDM.....	57
Tabela 3.13 – Equações para o cálculo do FEC segundo o método do USACE.....	60
Tabela 3.14 – Determinação do N de projeto.....	61
Tabela 3.15 – Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso.....	63
Tabela 3.16 – Coeficiente de equivalência estrutural do DNIT.....	66
Tabela 3.17 – Espessuras construtivas conforme o material do pavimento.....	66
Tabela 4.1 – Determinação das espessuras das camadas do pavimento com sub-base pelo Método do DNER.....	86
Tabela 4.2 – Verificação das espessuras das camadas do pavimento com sub-base pelo Método do DNER.....	87
Tabela 4.3 – Cálculo das espessuras das camadas do pavimento com reforço do subleito pelo Método do DNER.....	88
Tabela 4.4 – Verificação das espessuras definidas para o pavimento com reforço do subleito pelo Método do DNER.....	89
Tabela 4.5 – Determinação do custo por N para um quilômetro de rodovia.....	110
Tabela 4.6 – Resultado da variação da confiabilidade e do período de projeto na estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa.....	114
Tabela 4.7 – Resultado da análise para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa considerando o dobro do tráfego.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway Officials
AEMC	Análise Elástica de Múltiplas Camadas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
B	Espessura de Base
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BGS	Brita Graduada Simples
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
BR	Rodovia Federal
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	Índice de Suporte Califórnia
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
cm	centímetro
cm ³	centímetros cúbicos
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CREMA	Contrato de Restauração e Manutenção de Rodovias
DAER	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
DMT	Distância Média de Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ESRD	Eixo Simples Rodas Duplas
ESRS	Eixo Simples Rodas Simples
ETD	Eixo Tandem Duplo
ETT	Eixo Tandem Triplo
EUA	Estados Unidos da América
Fd	Fator de Distribuição
FEC	Fator de Equivalência de Carga
Ff	Fator de Frota
FIC	Fator de Influência de Chuvas
FIT	Fator de Interferência do Tráfego
Fr	Fator Climático Regional
Fs	Fator de Sentido
FV	Fator de Veículo
g	grama
h	hora
H_m	Espessura necessária para proteger o subleito
H_n	Espessura necessária para proteger o reforço do subleito
H_{20}	Espessura necessária para proteger a sub-base
h_n	Espessura de Reforço do Subleito
h_{20}	Espessura de Sub-base
IG	Índice de Grupo
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
K	Coeficiente de Equivalência Estrutural
K_b	Coeficiente de equivalência estrutural da base

km	quilômetro
kN	quiloNewton
K_{20}	Coefficiente de equivalência estrutural da sub-base
K_r	Coefficiente de equivalência estrutural do revestimento
K_n	Coefficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
MeDiNa	Método de Dimensionamento Nacional
MH	Macadame Hidráulico
mm	milímetros
MPa	MegaPascal
MS	Macadame Seco
N	Número de Dimensionamento
n ^o	número
P	Período de Projeto
pi	Frequência de ocorrência do eixo
PMF	Pré-Misturado a Frio
PMQ	Pré-Misturado a Quente
psi	libra-força por polegada quadrada
R	Espessura de Revestimento
RS	Estado do Rio Grande do Sul
R\$	reais
SC	Solo Cimento
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINCTRAN	Sistema Nacional de Custos de Transportes
SMC	Solo Melhorado com Cimento
t	Taxa de Crescimento Anual
t	tonelada
tkm	tonelada-quilômetro
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
TST	Tratamento Superficial Triplo
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USACE	Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América
VDM	Volume Médio Diário de veículos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVO GERAL	23
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	25
2.1.1	Estrutura do pavimento flexível	26
2.1.1.1	<i>Revestimento asfáltico</i>	27
2.1.1.2	<i>Base</i>	27
2.1.1.3	<i>Sub-base</i>	27
2.1.1.4	<i>Reforço do subleito</i>	27
2.1.1.5	<i>Subleito</i>	27
2.2	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER	28
2.2.1	Definição dos materiais	28
2.2.2	Determinação do tráfego	30
2.3	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS (SICRO)	31
2.3.1	Composições de custos	35
2.3.1.1	<i>Classificação das composições de custos</i>	36
2.4	NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MeDiNa)	36
2.4.1	Software MeDiNa v1.0.2.1	38
3	METODOLOGIA	41
3.1	DADOS DO PROJETO	41
3.1.1	Quantitativos do projeto	44
3.1.1.1	<i>Volume total de escavação</i>	44
3.1.1.2	<i>Volume total de compactação</i>	44
3.1.2	Materiais utilizados	45
3.1.2.1	<i>Distância média de transporte (DMT)</i>	48
3.1.3	Dados de tráfego	49
3.1.3.1	<i>Volume diário médio (VDM)</i>	50
3.1.3.2	<i>Número de dimensionamento (N)</i>	58
3.1.3.2.1	<i>Taxa de crescimento do tráfego (t)</i>	58
3.1.3.2.2	<i>Período de projeto (P)</i>	58
3.1.3.2.3	<i>Fator de frota (Ff)</i>	59
3.1.3.2.4	<i>Fator de sentido (Fs)</i>	59
3.1.3.2.5	<i>Fator de distribuição (Fd)</i>	59
3.1.3.2.6	<i>Fator climático regional (Fr)</i>	59
3.1.3.2.7	<i>Fator de veículo (FV)</i>	59
3.1.3.3	<i>Índice de suporte califórnia (CBR)</i>	61
3.2	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER	61
3.2.1	Espessura mínima de revestimento betuminoso	62
3.2.2	Espessura total sobre o subleito (H_m)	63
3.2.3	Espessura total sobre a sub-base (H_{20})	64
3.2.4	Espessura total sobre o reforço do subleito (H_n)	65
3.2.5	Espessura da base, da sub-base e do reforço do subleito	65
3.3	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL	67
3.3.1	Funcionamento do software MeDiNa v1.0.2.1	67

3.4	COMPOSIÇÕES DE CUSTOS PELO NOVO SICRO	70
3.4.1	Composições de custos para os serviços de terraplenagem	71
3.4.2	Composições de custos para os serviços de pavimentação	74
3.4.3	Composições de custos para os serviços de sinalização	78
3.4.4	Composições de custos para os serviços de transporte.....	82
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	85
4.1	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER.....	85
4.1.1	Dimensionamento da estrutura com sub-base.....	85
4.1.2	Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito	87
4.2	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL	90
4.2.1	Dimensionamento da estrutura com sub-base.....	90
4.2.2	Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito	93
4.3	ORÇAMENTOS REALIZADOS PELO NOVO SICRO	95
4.3.1	Quantitativos dos insumos	96
4.3.1.1	<i>Serviços para a terraplenagem</i>	96
4.3.1.2	<i>Serviços para a pavimentação.....</i>	96
4.3.1.3	<i>Serviços para a sinalização</i>	97
4.3.2	Orçamento das estruturas dimensionadas pelo Método do DNER.....	100
4.3.3	Orçamento das estruturas dimensionadas pelo MeDiNa.....	103
4.4	VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS DIMENSIONADAS PELO MÉTODO DO DNER NO MeDiNa	107
4.5	COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO CUSTO POR N	110
4.6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	112
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
5.1	CONCLUSÕES.....	121
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
	APÊNDICE A – DANOS NA ESTRUTURA DE SUB-BASE DIMENSIONADA PELO MeDiNa.....	127
	APÊNDICE B – DANOS NA ESTRUTURA DE REFORÇO DO SUBLEITO DIMENSIONADA PELO MeDiNa	130
	APÊNDICE C – DANOS NA ESTRUTURA DE SUB-BASE VERIFICADA PELO MeDiNa.....	133
	APÊNDICE D – DANOS NA ESTRUTURA DE REFORÇO DO SUBLEITO VERIFICADA PELO MeDiNa	136
	APÊNDICE E – COMPOSIÇÕES DE CUSTOS	139

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2018), apenas 12,4% da malha rodoviária é pavimentada, ou seja, o equivalente a 213.593 quilômetros. Em um país de grande extensão territorial, onde as rodovias são responsáveis pela movimentação de mais de 60% das mercadorias e de 95% dos passageiros, significa uma densidade muito pequena de malha.

Além disso, há também um desfavorável crescimento de veículos. Entre 2008 e 2018 a frota total de veículos cresceu em torno de 82%, acarretando uma sobrecarga e degradação da malha. Segundo a pesquisa realizada pela CNT, em 2017, 57% das rodovias pavimentadas foram classificadas como regular, ruim ou péssima e o setor de infraestrutura possui um custo adicional de 27%, em média, para operar as rodovias devido às más condições do pavimento (CNT, 2018).

Através dos dados da pesquisa da CNT (2018), pode-se perceber que no Brasil o setor de infraestrutura de transportes utiliza metodologias ultrapassadas, apresenta deficiências técnicas na execução, investe pouco e falha na fiscalização. Com isso, gera-se recursos extras aos órgãos rodoviários para os serviços de manutenção e conservação. Outro fator agravante é que os problemas nas rodovias causam desgaste dos veículos e, principalmente, redução da segurança dos usuários. Destacam-se também problemas com a falta de visão a médio e longo prazo na busca de soluções e dimensionamentos mais eficientes.

A necessidade de mudanças na pavimentação brasileira é fundamental para o desenvolvimento econômico do país. Para isso, deve-se ter cuidado na execução dos pavimentos aliado à métodos de dimensionamento e orçamentação inovadores, evitando despesas desnecessárias.

Além do dimensionamento correto, o conhecimento dos custos da obra é de grande relevância para o contratante, pois em infraestrutura rodoviária trabalha-se com valores altos de recursos públicos, podendo um equívoco gerar um grande prejuízo. A ausência desse estudo, além de diminuir a rentabilidade, tem como consequência os diversos problemas que encontram-se nas rodovias (CNT, 2018). Para evitar desperdícios é necessário que seja realizado um bom orçamento, levando em conta uma pesquisa local de preços, quantificando a mão de obra direta e indireta, a mobilização e desmobilização do canteiro de obras, uma investigação do volume diários de veículos que irão trafegar na via e todos os preços de insumos e serviços

necessários para a execução da obra.

Hoje no país ainda é utilizado um método de dimensionamento desenvolvido em 1966. Esse método foi desenvolvido com base em experiências e observações de pavimentos construídos anteriormente com materiais, condições e regiões específicas. O método é empírico e, portanto, trata as estruturas de uma forma geral sem considerar como o pavimento irá se comportar durante os meses do período de projeto e o desempenho no campo, além de simplificar diversas situações, gerando uma análise pouco precisa da estrutura do pavimento.

Com isso, os engenheiros iniciaram estudos para os métodos mecanísticos-empíricos, que buscam conhecer o desempenho do pavimento, dos materiais e do conjunto quando aberto ao tráfego para conferir uma melhoria aos projetos de pavimentação, além de utilizar os materiais de forma mais adequada e eficiente. O método baseia-se em modelos teóricos e dados experimentais obtidos em campo e laboratório.

Devido a necessidade de atualização da técnica de dimensionamento utilizada no Brasil, em 2009, a Rede Temática de Asfaltos em parceria com a Petrobrás, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) iniciaram um projeto de estudos para monitorar o desempenho de diversos trechos de rodovias em todo o país. A partir dos monitoramentos e dos estudos realizados na tese de Felipe Franco (2007) originou-se o Método de Dimensionamento Nacional.

Neste trabalho será dimensionada uma rodovia classificada como coletora. Esses tipos de vias, por serem destinadas a baixos volumes de tráfego, são as que recebem menor quantidade de investimento. Grande parte das vezes, a trafegabilidade delas é dependente das condições climáticas e em períodos chuvosos causam grandes transtornos. Porém, elas possuem grande importância para o escoamento das safras, além de fornecer o local de deslocamento para diversas famílias diariamente e devem ser trafegáveis todo o ano e em boas condições.

O presente trabalho busca apresentar uma comparação com o dimensionamento realizado através do método utilizado no país há décadas e o dimensionamento utilizando a nova tecnologia apresentada em 2017, o software MeDiNa. Além disso, visa enaltecer a importância de um Sistema de Custos.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa pesquisa é comparar o Método de Dimensionamento do DNER com o Novo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), através do dimensionamento de um pavimento asfáltico e de seu orçamento com o custo direto realizado com base no Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com base no objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos a seguir:

- a) dimensionar duas configurações de estruturas para o pavimento através do Método do DNER;
- b) dimensionar duas alternativas para a estrutura do pavimento, com as mesmas configurações do item anterior, pelo Novo Método de Dimensionamento Nacional com o auxílio do software MeDiNa versão 1.0.2.1;
- c) empregar o Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras para orçar as estruturas dimensionadas;
- d) analisar e comparar os resultados referentes aos dois métodos de dimensionamento;
- e) analisar o comportamento do pavimento dimensionado pelo software MeDiNa quanto ao período de projeto e o nível de confiabilidade da estrutura.

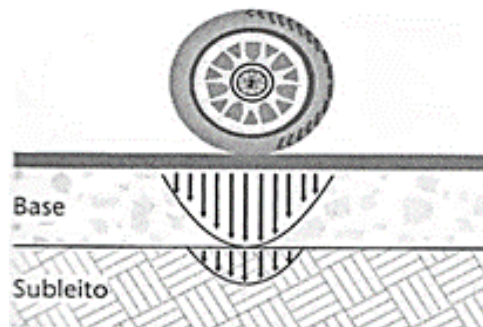
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Para Bernucci *et al.* (2010) o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, construída com o objetivo técnico e econômico de resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, gerando aos usuários maior conforto, economia e segurança no rolamento.

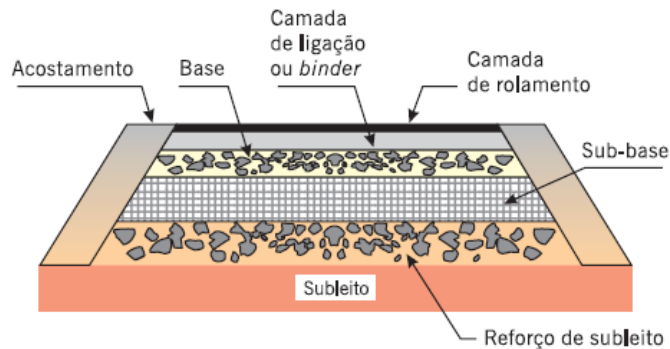
Os pavimentos flexíveis, segundo o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), são aqueles em que as camadas sofrem deformação elástica quando aplicado o carregamento, distribuindo a carga em parcelas aproximadamente iguais para as camadas, porém com pressões aplicadas de forma concentrada, como apresenta a Figura 2.1. São compostos por revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito, como mostra a Figura 2.2. Dependendo do volume diário de veículos, da capacidade de suporte do subleito, da rigidez e espessura das camadas, aceita-se trabalhar com menos camadas (DNIT, 2006).

Figura 2.1 – Distribuição da pressão dos pneus no pavimento



Fonte: BALBO, 2007.

Figura 2.2 – Esquema da estrutura do pavimento



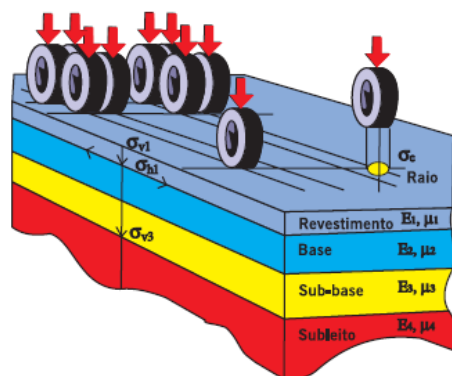
Fonte: BERNUCCI *et al*, 2010.

2.1.1 Estrutura do pavimento flexível

Segundo Balbo (2007), a estrutura de um pavimento é formada através da compactação de diferentes materiais que formam as camadas, desde o subleito até o revestimento. Os materiais devem ser economicamente e ambientalmente viáveis e o conjunto deve atender ao tráfego estimado de maneira duradoura.

As camadas do pavimento possuem a função de limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, conforme a Figura 2.3, através dos materiais determinados e das espessuras calculadas (MEDINA, 1997).

Figura 2.3 – Tensões atuantes nas camadas do pavimento



Fonte: ALBERNAZ, 1997 *apud* BERNUCCI *et al*, 2010.

2.1.1.1 *Revestimento asfáltico*

O revestimento asfáltico é a camada superior do pavimento, cujo objetivo é resistir diretamente às ações do tráfego e então transmiti-las de forma mais atenuada às demais camadas. Deve ser tanto quanto possível impermeável e fornecer melhorias as condições de rolamento (BERNUCCI *et al*, 2010).

2.1.1.2 *Base*

A base tem o objetivo de receber os esforços que são transmitidos pelo revestimento e, no caso de base de material granular, também possui a função hidráulica (DNIT, 2006).

2.1.1.3 *Sub-base*

A camada de sub-base trata-se de um complemento à base, utilizada para diminuir a espessura da base ou quando, por condições técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização (BALBO, 2007).

2.1.1.4 *Reforço do subleito*

O reforço do subleito é uma camada construída acima da regularização do subleito por circunstâncias técnico-econômicas. As características dos materiais empregados devem ser inferiores ao material usado na camada que lhe for superior e melhores que o material do subleito (DNIT, 2006).

2.1.1.5 *Subleito*

O subleito é denominado como o terreno de fundação do pavimento. É formado de material natural consolidado e compactado, ou por material de empréstimo compactado. É, teoricamente, uma camada infinita do pavimento. Deve-se fazer estudo prévio, pois caso o material possua pouca resistência é necessário trocá-lo ou adicionar uma camada de reforço do subleito (DNIT, 2006).

2.2 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER

O método de dimensionamento do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), hoje conhecido como DNIT, foi adaptado pelo Engenheiro Murillo Lopes de Souza em 1966 e revisado em 1981. Desde então tem sido utilizado em todo território nacional como o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.

Para a adaptação do método, o Engenheiro Murillo baseou-se no trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (USACE). Também considerou algumas conclusões obtidas na pista experimental da *American Association of State Highway Officials* (AASHO), hoje *American Association of State Highway Transportation Officials* (AASHTO). O dimensionamento visa a proteção do subleito contra a geração de deformações plásticas excessivas em trilha de rodas e à ruptura por cisalhamento das camadas granulares e solos (DNIT, 2006).

O Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis atualmente utilizado no Brasil, segundo Bezzerra Neto (2004) faz parte dos métodos empíricos, ou seja, é baseado em experiências adquiridas e em correlações entre o desempenho do pavimento e propriedades dos materiais deste pavimento, portanto, não deveria ser utilizado de forma a generalizar as condições referentes ao clima da região, o tráfego da via e os materiais utilizados.

Segundo Bezerra Neto (2004), o Método do DNER divide-se em três etapas principais: a definição dos materiais a serem utilizados, a determinação do tráfego e, então, o dimensionamento do pavimento.

2.2.1 Definição dos materiais

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, a capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes do pavimento é feita através do Índice de Suporte Califórnia (CBR), em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório para as condições de campo e então utilizadas no método (DNIT, 2006).

Pinto e Preussler (2002), indicam que a compactação dos solos e demais camadas do pavimento devem ser realizadas conforme a energia fixada nas “Especificações Gerais”, sendo que, em nenhum caso, o grau de compactação deve ser inferior a 100% da energia especificada.

O método exige que os materiais empregados no pavimento obedeam às classificações conforme Souza (1981):

- a) materiais para subleito: expansão $\leq 2\%$ e CBR $\geq 2\%$;
- b) materiais para reforço do subleito: expansão $\leq 1\%$ e CBR maior que o do subleito;
- c) materiais para sub-base: expansão $\leq 1\%$, CBR $\geq 20\%$ e IG = 0;
- d) materiais para base: expansão $\leq 0,5\%$, CBR $\geq 80\%$, limite de liquidez $\leq 25\%$ e índice de plasticidade $\leq 6\%$.

Para os materiais de base, se o limite de liquidez e o índice de plasticidade não atenderem os limites necessários, mas as demais condições estiverem satisfeitas, o material pode ser empregado desde que o equivalente de areia seja superior a 30%. Para o número N de solicitações do eixo padrão menor ou igual a 10^6 , admitem-se materiais com CBR mínimo de 60% e que enquadrem-se nas faixas granulométricas E ou F (DNIT, 2006). A Tabela 2.1 mostra as faixas granulométricas existentes para enquadrar os materiais para base granular.

Tabela 2.1 – Faixas granulométricas para material de base granular

Tipos Peneiras	Para N > 5 x 10 ⁶			Para N < 5 x 10 ⁶			Tolerâncias de 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
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	±5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	±5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	±2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	±2

Fonte: Souza, 1981.

A fração que passa na peneira nº 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira nº 40. A fração graúda deve apresentar um desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50. Pode ser aceito um valor de desgaste maior, desde que haja experiência no uso do material. Em casos especiais podem ser especificados outros ensaios representativos da durabilidade da fração graúda. Para o caso de materiais lateríticos, as "Especificações Gerais" fixaram valores para expansão, índices de consistência, granulometria e durabilidade da fração graúda (DNIT, 2006).

2.2.2 Determinação do tráfego

Para o DNIT, o estudo de tráfego é um item de grande importância, além de ser essencial para um bom dimensionamento de pavimentos pois dados coletados de forma incorreta ou defasados podem levar a uma falha na estrutura. Com base no Estudo de Tráfego, obtém-se os valores de Fator de Frota, Fator de Distribuição, Fator de Sentido, Fator Regional, Taxa de Crescimento Anual, Período de Projeto e Fator de Veículo, calculado através do método do USACE (DNIT, 2006).

Para o cálculo do Fator de Veículo, devem ser considerados os tipos de eixos que trafegam na rodovia e as cargas por eixo. Os veículos são separados conforme apresentado no Manual de Conservação de Rodovias do DNIT (2005) nas seguintes classificações:

a) automóveis (desprezados no dimensionamento pois causam danos insignificantes às estruturas quando comparados aos veículos comerciais);

b) ônibus: dois ou três eixos, o eixo dianteiro possui duas rodas e os demais com quatro rodas cada;

c) caminhões leves: dois eixos simples de rodas simples;

d) caminhões médios: dois eixos, sendo o dianteiro de rodas simples e o traseiro de rodas duplas;

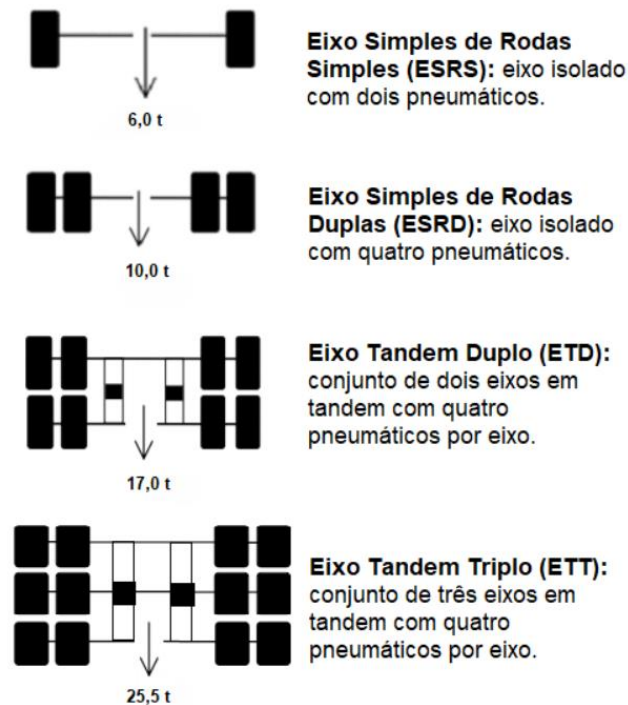
e) caminhões pesados: dois eixos, sendo o dianteiro de rodas simples e o traseiro em tandem duplo;

f) reboques e semi-reboques: veículos que são constituídos de mais de uma unidade. Eixo dianteiro simples de rodas duplas no veículo trator, os demais possuem quatro rodas podendo ser simples, em tandem duplo ou triplo.

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), regulamenta os limites de carga por eixos e atribui uma tolerância de 7,5% para o excesso de peso por eixo. Os tipos de eixos, considerados pelo DNIT para o dimensionamento, assim como as cargas máximas legais, estão apresentados na Figura 2.4 (DNIT, 1999).

Com isso, o pavimento deve ser dimensionado em função do número equivalente de operações do eixo padrão (N), considerando os fatores de equivalência de carga entre eixos simples e em tandem duplo ou triplo. O eixo denominado padrão no método é definido como o eixo simples de rodas duplas (ESRD) com carga de 80 kN (8,2t) e pressão de inflação dos pneus de 80 psi (0,50 MPa) (DNIT, 2006).

Figura 2.4 – Tipos de eixos e as respectivas cargas máximas legais.



Fonte: Adaptado do CONTRAN, 1999.

2.3 SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS (SICRO)

A necessidade de parâmetros de custos para referenciar orçamentos de projetos tratava-se de uma preocupação desde o DNER. Com isso, foram destinados recursos à área administrativa para implantar metodologias que ensinassem a melhor técnica que pudesse ser utilizada para o cálculo de custos disponíveis necessários para a elaboração dos orçamentos para as obras. Então, na década de 1970, foi implantada no país a estimativa dos custos por meio de composições de serviços, a qual só obteve êxito devido à receptividade dos técnicos em incorporar ao seu trabalho o resultado dos estudos dos engenheiros do DNER (DNIT, 2017). Porém, com a elevada inflação sofrida pelas moedas brasileiras na época, o processo de coletar informações para a estimativa de custos das obras rodoviárias tornou-se muito limitado e atrasos na composição de serviços resultaria em um sistema ineficaz. Além disso, os custos de obras são muito variáveis em relação à cada região do país, assim como às condições naturais, sociais, econômicas e logísticas. No caso do extinto DNER, que executava obras federais, isto ganha maior importância já que as obras

são sujeitas a todo tipo de diferenciação espacial e uma mesma estimativa de custos utilizada em todos os casos resultaria em orçamentos inadequados, com custos maiores ou menores que os encontrados no local da obra (DNIT,2017).

Então, o DNIT, trabalhou para evoluir o sistema de custos para a criação de tabelas referenciais de preços para cada região do país, gerando custos unitários de serviços específicos para cada obra (DNIT, 2017).

Na década de 1990, com a estabilização monetária, de acordo com o DNIT (2017), a integração da economia aos mercados externos e a evolução tecnológica no setor de construção e projetos, tornou-se imprescindível uma revisão do Manual de Custos Rodoviários. Portanto, no ano 2000, ocorreu a implantação de um novo sistema de custos rodoviários, o Sistema de Custos de Obras Rodoviárias denominado SICRO 2.

Segundo o DNIT (2017), devido ao aumento de recursos financeiros para a realização de obras de infraestrutura, à acelerada evolução tecnológica na engenharia e ao aumento nas obras hidroviárias e ferroviárias, tornou-se necessário um sistema de custos mais completo e com maior confiabilidade na elaboração.

Em 2006, o DNIT iniciou o desenvolvimento de um novo Sistema de Custos Referenciais de Obras, que originalmente foi denominado como Sistema Nacional de Custos de Transportes (SINCTRAN) e que posteriormente seria chamado de SICRO 3. O projeto do novo Sistema de Custos desde o início contou com órgãos de controle, associações de classe, universidades, centros e fundações de pesquisa. Após quase uma década e muitos estudos, em 2017 resultou em um sistema com uma definição de custos referenciais mais moderno e que considerou a instalação e manutenção de canteiros, de mobilização e desmobilização de mão de obra, de administração local, de aquisição e transporte de materiais asfálticos, entre outras (DNIT, 2017).

De acordo com o DNIT (2017), com a dinâmica das obras de infraestrutura e o contínuo desenvolvimento tecnológico de serviços da engenharia, percebeu-se a necessidade de utilização e atualização do Novo SICRO. O DNIT criou, então, a Câmara Técnica do SICRO, composta por especialistas do mercado de execução e controle de obras e consultores de engenharia, com o objetivo de manter o SICRO revisado e atualizado continuamente.

Portanto, o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes é constituído conforme a síntese de custos do DNIT para a formação de preços referenciais de obras públicas. O Manual está dividido nos seguintes volumes, conteúdos e tomos:

- a) volume 01 – Metodologia e Conceitos;
- b) volume 02 – Pesquisa de Preços;
- c) volume 03 – Equipamentos;
- d) volume 04 – Mão de Obra;
 - tomo 01 – Parâmetros do CAGED;
 - tomo 02 – Encargos Sociais;
 - tomo 03 – Encargos Complementares;
 - tomo 04 – Consolidação dos Custos de Mão de Obra.
- e) volume 05 – Materiais;
- f) volume 06 – Fator de Influência de Chuvas;
 - tomo 01 – Índices Pluviométricos – Região Norte;
 - tomo 02 – Índices Pluviométricos – Região Nordeste;
 - tomo 03 – Índices Pluviométricos – Região Centro-Oeste;
 - tomo 04 – Índices Pluviométricos – Região Sudeste;
 - tomo 05 – Índices Pluviométricos – Região Sul.
- g) volume 07 – Canteiros de Obras;
 - tomo 01 – Módulos Básicos e Projetos Tipo (A3).
- h) volume 08 – Administração Local;
- i) volume 09 – Mobilização e Desmobilização;
- j) volume 10 – Manuais Técnicos;
 - conteúdo 01 – Terraplenagem;
 - conteúdo 02 – Pavimentação / Usinagem;
 - conteúdo 03 – Sinalização Rodoviária;
 - conteúdo 04 – Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos;
 - conteúdo 05 – Drenagem e Obras de Arte Correntes;
 - conteúdo 06 – Fundações e Contencções;
 - conteúdo 07 – Obras de Arte Especiais;
 - conteúdo 08 – Manutenção e Conservação Rodoviária;
 - conteúdo 09 – Ferrovias;
 - conteúdo 10 – Hidrovias;
 - conteúdo 11 – Transportes;
 - conteúdo 12 – Obras Complementares e Proteção Ambiental.
- k) volume 11 – Composições de Custos;
- l) volume 12 – Produções de Equipes Mecânicas.

Além disso, o Sistema de Custos conta ainda com os seguintes relatórios:

- a) relatório analítico de composições de custos;
- b) relatório sintético de composições de custos;
- c) relatório sintético de equipamentos – com desoneração;
- d) relatório sintético de equipamentos;
- e) relatório sintético de mão de obra – com desoneração;
- f) relatório sintético de mão de obra;
- g) relatório sintético de materiais.

A Tabela 2.2 apresenta um breve histórico do desenvolvimento dos sistemas de custos no país.

Conforme o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, o Novo SICRO introduz importantes inovações e conta também com algumas alterações para aprimorar a orçamentação das obras. Entre alterações e inovações temos 21 itens, dos quais dois podem ser considerados de maior influência nos serviços, são eles:

- a) fator de Influência de Chuvas (FIC);
- b) fator de Interferência do Tráfego (FIT).

De acordo com o DNIT (2017), através de séries históricas de estações pluviométricas no país, o SICRO utiliza o FIC para ser aplicado sobre o custo unitário de execução nos serviços que sejam prejudicados com as chuvas. Já o FIT, deve ser aplicado sobre o custo unitário de alguns serviços, quando o volume de tráfego do local pode reduzir a produção da obra.

Tabela 2.2 – Principais marcos históricos do desenvolvimento dos sistemas de custos

Ano	Principais Marcos Históricos
1946	Início da elaboração das primeiras tabelas de preços referenciais
1963	Implantação da Tabela Geral de Preços
1972	Lançamento do Manual de Composições de Custos Rodoviários
1980	Atualização e complementação do Manual de Composições de Custos Rodoviários
1982	Início da utilização da Tabela UNAS – Unidade Assessorial/DG, com pesquisa de preços realizada apenas no município do Rio de Janeiro – RJ
1990	Desativação da Tabela UNAS
1992	Organização da Gerência de Custos Rodoviários – GEC Criação e lançamento do SICRO 1 – Sistema de Custos Rodoviários Início da expansão da pesquisa de preços para outros estados
1993	Regionalização da pesquisa de preços do SICRO 1
1998	Lançamento do SICRO 2 – Sistema de Custos Rodoviários
2000	Implantação do SICRO 2
2003	Publicação do Manual de Custos Rodoviários do SICRO 2
2006	Criação da Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes Início do Projeto SINCTRAN (Termo de Cooperação celebrado com o Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN) / Departamento de Engenharia de Construção do Exército Brasileiro – DEC/EB)
2011	Término do Termo de Cooperação com o DEC/EB
2012	Contratação da Fundação Getúlio Vargas para revisão do SICRO e realização da pesquisa nacional de preços de insumos
2013	Divulgação das tabelas de preços do SICRO 2 para todas as unidades de federação
2014	Instauração da Câmara Técnica do SICRO
2015	Criação das Coordenações Setoriais de Custos Referenciais – CCR, de Preços Novos – CPN e de Orçamentos de Infraestrutura - COI
2017	Implantação do SICRO

Fonte: Manual do Novo SICRO do DNIT, 2017.

2.3.1 Composições de custos

Os sistemas de custos do DNIT e do extinto DNER sempre estiveram como base as composições de custos, as quais estão encarregadas de determinar as informações do serviço que será executado e o preço de cada processo (DNIT, 2017).

Para realizar a elaboração de uma correta composição de custo é necessário conhecer algumas informações técnicas sobre cada serviço, como: produção do serviço, especificação dos insumos, consumo dos materiais, taxas de utilização de

mão de obra e dos equipamentos, atividades auxiliares, tempos fixos relacionados à carga, descarga e manobras, momentos de transporte e parcela de benefícios e despesas indiretas (BDI) (DNIT, 2017).

2.3.1.1 Classificação das composições de custos

Conforme o DNIT (2017), as composições de custos estão classificadas conforme a utilização nos orçamentos, são elas:

- a) composições principais;
- b) composições auxiliares.

São chamadas de composições de custos principais ou de composições de preços unitários aquelas em que estão os serviços primordiais para a realização da obra a ser orçada. Nos custos principais já é considerado o BDI e também os custos referentes aos transportes dos insumos. Nessas composições apresenta-se a relação de serviços que elaboram a planilha orçamentária e são suscetíveis a medição e pagamento (DNIT, 2017).

As composições auxiliares são utilizadas para abranger as atividades de produção de insumos ou de execução de partes do serviço. Nesse caso, não é considerado diretamente o BDI, ele deve ser adotado no custo final do serviço principal (DNIT, 2017).

2.4 NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MeDiNa)

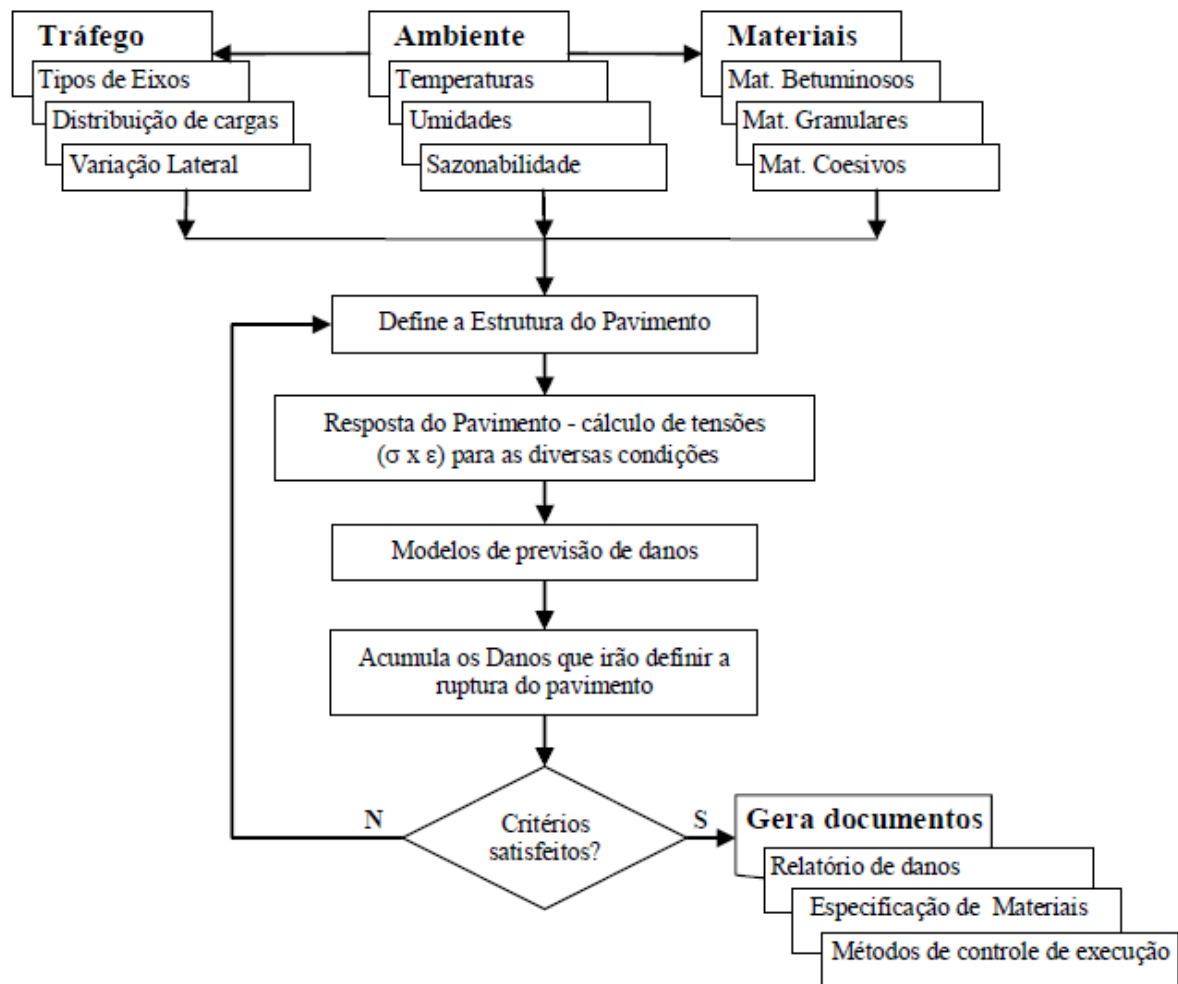
O dimensionamento de pavimentos asfálticos é um estudo que exige o conhecimento de situações que são de complexa previsão e modelagem, como as características dos materiais de pavimentação, o comportamento deles em relação à aplicação das cargas, o carregamento e a forma como a estrutura irá suportar as cargas, além de todas as variações das condições climáticas durante o período de análise (FRANCO, 2007).

Em 2009, com o intuito de melhorar o método de dimensionamento de pavimentos no país, a Rede Temática de Asfaltos, formada por várias universidades e pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), iniciou um novo projeto em parceria com a Petrobrás para desenvolver o novo método de dimensionamento de pavimentos asfálticos (QUADROS, 2018).

O novo método leva em conta as características brasileiras nos ensaios de laboratório, de clima, de materiais de pavimentação e de tráfego. Nesse método utiliza-se a análise do tráfego para diversos tipos de eixos dos caminhões, a variação sazonal do tráfego ao longo do período de projeto e os tipos de materiais de comportamento elástico linear e não linear (FRANCO, 2007).

A Figura 2.5 representa uma síntese do método de dimensionamento mecanístico-empírico desenvolvido por Franco (2007) que serviu de inspiração para a criação do software MeDiNa.

Figura 2.5 – Fluxograma do método de dimensionamento de pavimentos asfálticos – SisPav



2.4.1 Software MeDiNa v1.0.2.1

Mediante o novo método de dimensionamento nacional surgiu o software MeDiNa, uma atualização do software SisPav, que foi uma ferramenta com metodologia mecanística-empírica desenvolvida através da tese de Franco (2007).

A ferramenta de dimensionamento conta com modelos de previsão de danos desenvolvidos a partir de ensaios brasileiros, parâmetros dos materiais de pavimentação e bacias deflectométricas calculadas para controle de execução no campo e análise de confiabilidade. Consiste em um programa que verifica e dimensiona estruturas asfálticas pelo método empírico-mecanicista e pela Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC) (FRANCO, 2018).

O método do software realiza análises mensais dentro do período de projeto estipulado e em cada uma considera o tráfego, o clima do local, os materiais utilizados e o envelhecimento do ligante asfáltico. Também fornece um resumo da deformação permanente na estrutura ao fim do período de análise e a contribuição de cada camada no resultado final. A deformação permanente é considerada em dois pontos na superfície, um entre as rodas e outro sob a roda do eixo padrão (FRANCO, 2018).

Para iniciar um dimensionamento com o MeDiNa devem ser preenchidas algumas informações iniciais referentes ao projeto, as quais são: o tipo de via, o qual definirá o nível de confiabilidade adotado no dimensionamento, o volume diário médio de veículos (VDM), o fator de veículo (FV), o número equivalente de eixos anual (N), a porcentagem de veículos na faixa de projeto, a taxa de crescimento do tráfego e o período de projeto (P) (FRANCO, 2018). A Figura 2.6 exibe a interface do software.

O método mecanístico-empírico incorpora a confiabilidade no dimensionamento, permitindo identificar as variáveis de desempenho ao longo do tempo e gerando maior eficiência ao dimensionamento de pavimentos flexíveis (SANCHEZ & FERNANDES JR, 2015).

A confiabilidade do dimensionamento de um pavimento é definida como a probabilidade de certa seção do pavimento desempenhar de forma satisfatória as solicitações do tráfego e as condições ambientais a que for submetida ao longo do período de projeto (AASHTO, 1993).

A confiabilidade é uma importante ferramenta do dimensionamento no que se refere à aceitação de uma estrutura de pavimento pois através dela é possível determinar o risco que se assume na aceitação (SANTOS, 2011).

O nível de confiabilidade relaciona-se com os procedimentos de dimensionamento, estipulando limites de segurança que considere variações de tráfego e desempenho. A Tabela 2.3 apresenta a confiabilidade admitida pelo software conforme o tipo de via determinado.

Tabela 2.3 – Confiabilidade conforme o tipo de via

Tipo de Via	Confiabilidade
Sistema Arterial Principal	95%
Sistema Arterial Primário	85%
Sistema Arterial Secundário	75%
Sistema Coletor Primário	85%
Sistema Coletor Secundário	75%
Sistema Local	65%

Fonte: Software MeDiNa v1.0.2.1

Figura 2.6 – Interface do MeDiNa v1.0.2.1

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: EMPRESA:

PROJETO:

Alterar Estrutura >>

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 - Gnaíse C5	20,0	381	0,35
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG(1)	20,0	250	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Silteoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	1370
FV:	1,000
N anual total:	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
NEq:	5,00e+06

3 METODOLOGIA

A metodologia se baseou em usar o Método de Dimensionamento do DNER e o Método de Dimensionamento Nacional para dimensionar o pavimento e, então, realizar os orçamentos das estruturas através das composições do Novo SICRO. Além disso, com os dimensionamentos executados e os respectivos orçamentos, fez-se uma análise do custo por N para cada estrutura do estudo e, posteriormente, uma avaliação do desempenho da estrutura mais econômica onde foi verificada a alteração do custo e do comportamento da estrutura frente à alterações nos dados de tráfego.

3.1 DADOS DO PROJETO

O presente trabalho utilizou o Projeto Geométrico elaborado na disciplina de Rodovias I juntamente com o Projeto de Terraplenagem realizado na disciplina de Rodovias II visando dar sequência à estes estudos. De posse dos dados oriundos dos projetos citados e dos dados de tráfego adquiridos do projeto da rodovia ERS-511, no trecho VRS-804, as hipóteses para a estrutura do pavimento asfáltico foram dimensionadas e orçadas, de maneira a determinar a escolha mais vantajosa economicamente.

O trecho em estudo trata-se de uma rodovia Classe IV com pista simples, sendo a largura de cada pista de 2,50 metros e do acostamento de 1,00 metro. O comprimento total da rodovia é de 1,33 km, possuindo 66 estacas + 6,54 metros. A região é considerada ondulada. A rodovia conta com dois trechos em curva circular simples, com raio de 80 metros para ambas.

A Figura 3.1 exhibe o desenho do projeto geométrico da rodovia enquanto a Figura 3.2 apresenta o perfil longitudinal, o estaqueamento, a superelevação, a superlargura e o diagrama de Brückner, dentre outras informações.

Figura 3.1 – Projeto geométrico do trecho

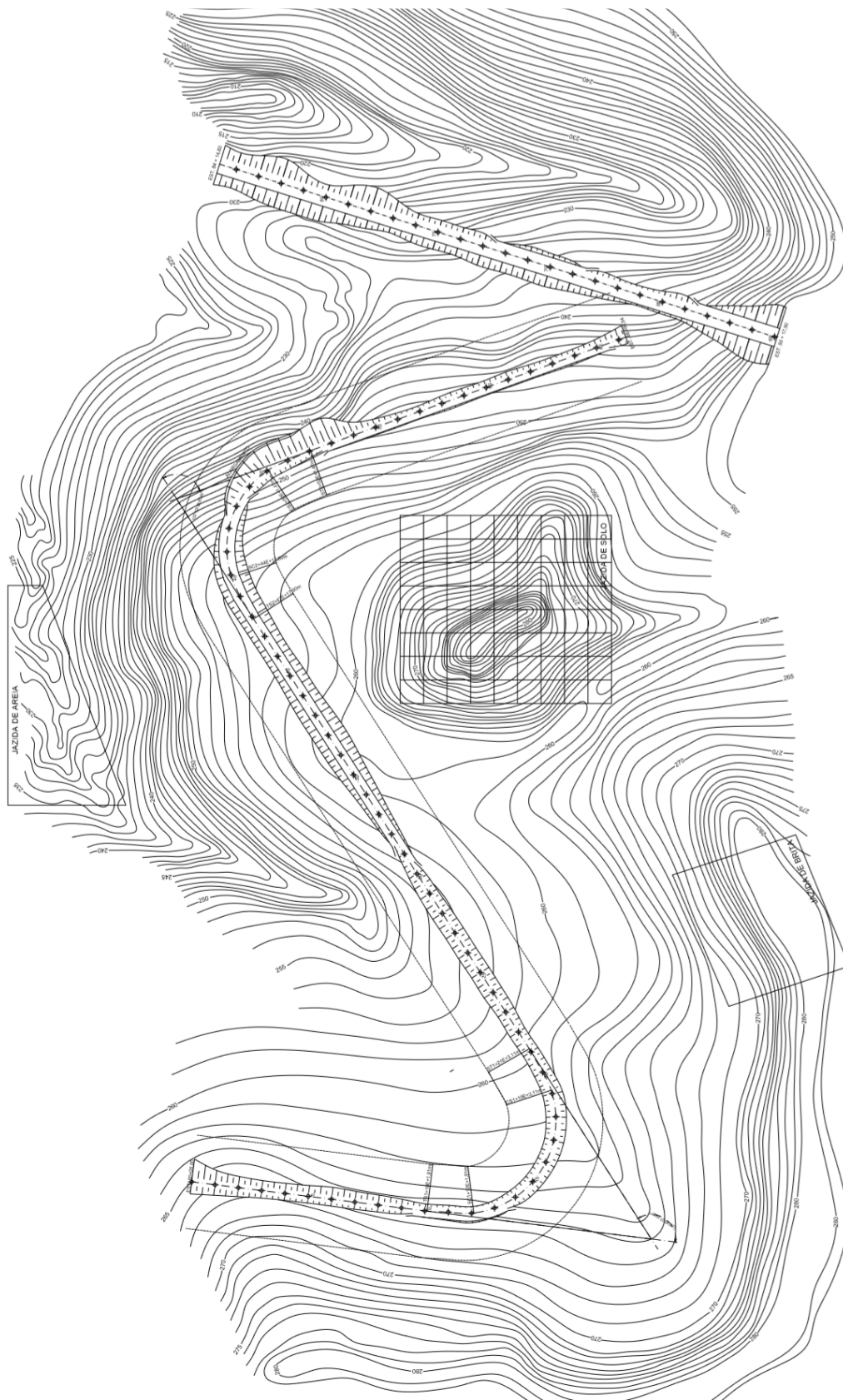
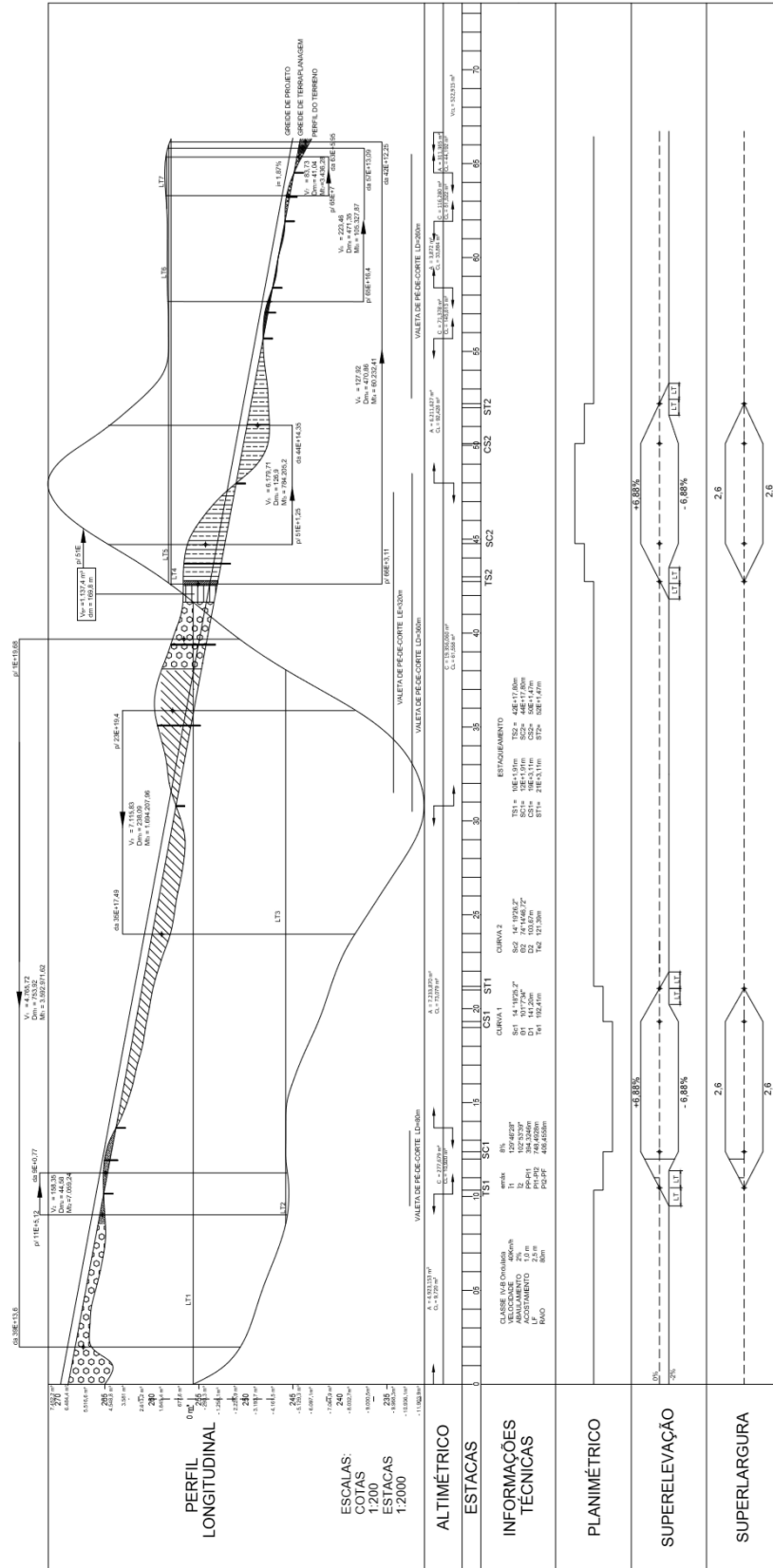


Figura 3.2 – Perfil longitudinal, diagrama de Brückner e demais informações do projeto



Fonte: Autora.

3.1.1 Quantitativos do projeto

Os valores de volume de escavação e compactação, que foram retirados do projeto, estão apresentados nas Tabelas 3.1 e 3.2.

3.1.1.1 Volume total de escavação

O volume total de escavação é dado pela soma dos volumes de corte em todas as estacas do projeto.

Os volumes de corte em cada estaca do projeto e o volume total de escavação são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Volume de corte em cada estaca

Estaca	Volume (m³)	Estaca	Volume (m³)	Estaca	Volume (m³)	Estaca	Volume (m³)
E-0	0,000	E-17	0,000	E-34	682,069	E-51	0,000
E-1	0,000	E-18	0,000	E-35	1.019,947	E-52	0,000
E-2	0,000	E-19	0,000	E-36	1.402,868	E-53	2,389
E-3	0,000	E-20	0,000	E-37	1.666,619	E-54	7,787
E-4	0,000	E-21	0,000	E-38	1.688,691	E-55	18,486
E-5	0,000	E-22	0,000	E-39	1.522,189	E-56	41,903
E-6	0,000	E-23	0,000	E-40	1.343,484	E-57	30,401
E-7	0,000	E-24	0,000	E-41	1.209,119	E-58	38,065
E-8	0,000	E-25	0,000	E-42	1.172,007	E-59	62,394
E-9	0,000	E-26	0,000	E-43	1.303,414	E-60	44,228
E-10	9,720	E-27	0,000	E-44	1.488,254	E-61	33,884
E-11	51,676	E-28	0,000	E-45	1.598,575	E-62	37,493
E-12	117,564	E-29	0,000	E-46	1.402,234	E-63	59,644
E-13	119,359	E-30	0,000	E-47	931,704	E-64	70,665
E-14	43,751	E-31	29,328	E-48	402,735	E-65	38,567
E-15	0,000	E-32	173,015	E-49	63,766	E-66	5,625
E-16	0,000	E-33	410,693	E-50	0,000	E-66+ 06,54m	0,000
Volume total de escavação =						20.344,312 m³	

Fonte: Autora.

3.1.1.2 Volume total de compactação

O volume de compactação é dado pela soma dos volumes de aterro em todas

as estacas do projeto. Como o projeto possui um bota-fora, o qual foi utilizado nas estacas 49, 50 e 51 onde foi realizado alargamento dos aterros, no valor do volume de compactação deve ser somado o volume de bota-fora.

Os volumes de aterro retirados em cada estaca do projeto, assim como, o volume de bota-fora e o volume total de compactação são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Volume de aterro em cada estaca

Estaca	Volume(m³)	Estaca	Volume(m³)	Estaca	Volume(m³)	Estaca	Volume(m³)
E-0	0,000	E-17	287,401	E-34	0,000	E-51	1.100,648
E-1	1.302,531	E-18	334,436	E-35	0,000	E-52	936,196
E-2	647,843	E-19	351,957	E-36	0,000	E-53	832,744
E-3	372,234	E-20	304,216	E-37	0,000	E-54	562,392
E-4	261,990	E-21	258,618	E-38	0,000	E-55	180,822
E-5	253,572	E-22	273,800	E-39	0,000	E-56	33,500
E-6	295,404	E-23	334,870	E-40	0,000	E-57	18,894
E-7	307,270	E-24	447,316	E-41	0,000	E-58	24,301
E-8	261,118	E-25	501,825	E-42	0,000	E-59	18,950
E-9	175,974	E-26	498,331	E-43	0,000	E-60	20,845
E-10	68,363	E-27	508,010	E-44	0,000	E-61	30,204
E-11	8,736	E-28	506,568	E-45	0,000	E-62	28,020
E-12	0,000	E-29	450,021	E-46	0,000	E-63	7,403
E-13	0,000	E-30	293,619	E-47	0,000	E-64	5,795
E-14	42,899	E-31	96,348	E-48	49,246	E-65	35,317
E-15	133,730	E-32	0,000	E-49	448,191	E-66	154,701
E-16	221,594	E-33	0,000	E-50	982,252	E-66+06,54m	94,428
Volume de bota-fora =							1.137,4 m³
Volume total de compactação =							16.502,843 m³

Fonte: Autora.

3.1.2 Materiais utilizados

O terreno utilizado para elaborar o Projeto Geométrico da rodovia já possuía três jazidas: uma de solo, uma de brita e outra de areia.

Para a realização desse trabalho foi estabelecido que os materiais utilizados no dimensionamento deveriam ser os coletados das jazidas e, para isso, as distâncias das jazidas até a rodovia e, então, as Distâncias Médias de Transporte (DMT) para cada material foram determinadas. Também foi estipulado que o concreto asfáltico

(CA) utilizado para o revestimento da estrutura seria usinado perto da jazida de brita e, como para os demais materiais, também foi calculada a DMT.

A Tabela 3.3 está apresentando a distância que há entre o centro geométrico de cada jazida e a estaca mais próxima a ela.

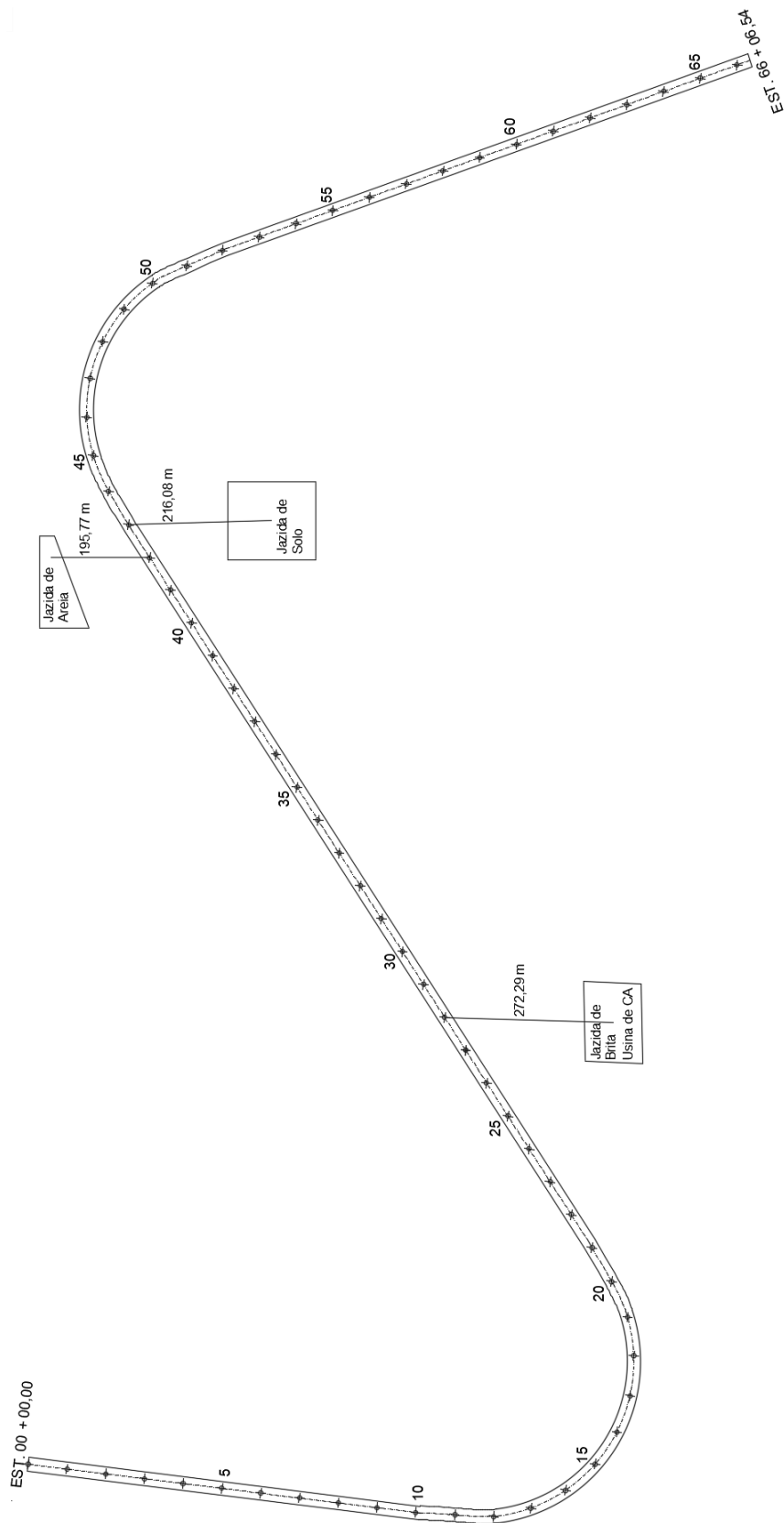
Tabela 3.3 – Distância da jazida até a rodovia

Jazida	Estaca mais próxima	Distância da rodovia (m)
Solo	43E	216,08
Brita	28E	272,29
Areia	42E	195,77

Fonte: Autora.

A Figura 3.3 exibe um croqui do desenho geométrico da rodovia, assim como a localização das jazidas e da usina de concreto asfáltico em relação ao trecho em estudo.

Figura 3.3 – Croqui do projeto geométrico e representação das jazidas



Fonte: Autora.

3.1.2.1 Distância média de transporte (DMT)

A DMT expressa a extensão horizontal ao longo da qual o volume será transportado entre a origem e o destino. O cálculo da DMT do solo e da brita foi feito através da soma da distância da jazida até a rodovia com a metade do número de estacas do início da rodovia até a jazida e do final da rodovia até a jazida. Para a areia, somou-se a quantidade de estacas entre a jazida de areia e de brita com as respectivas distâncias das jazidas até a rodovia. O cálculo para a usina de CA foi realizado seguindo o mesmo raciocínio da jazida de brita pois foi admitido que a usina ficaria ao lado da jazida.

A Equação 3.1 está apresentando a forma genérica do cálculo realizado para determinar as distâncias médias de transporte.

$$DMT = \left(\frac{N_0 * 20}{2} + D_r \right) + \left(\frac{(N_f * 20)}{2} + D_r \right) \quad (3.1)$$

Onde:

N_0 = número de estacas do início da rodovia até a jazida;

N_f = número de estacas da jazida até o final da rodovia;

D_r = distância da jazida até a rodovia;

Além disso, algumas composições do SICRO também necessitam de uma DMT. Nesse caso, foi admitido para a cal hidratada, utilizada na usinagem de CA, 90 km como a distância média de transporte pois foi considerado que o material seria da cidade de Caçapava do Sul-RS e para o tudo PE, utilizado na areia extraída, assim como os materiais necessários para a sinalização, foi admitido 300 km de DMT, considerando que deveriam ser da cidade de Porto Alegre-RS. Para a confecção das placas determinou-se utilizar a mesma DMT da usina de CA pois foi considerado que as placas seriam confeccionadas em um local próximo à usina.

Na Tabela 3.4 estão apresentados os resultados do cálculo da DMT para cada jazida e para a usina de CA, bem como as distâncias consideradas para os demais materiais.

Tabela 3.4 – Distâncias médias de transportes consideradas para os materiais

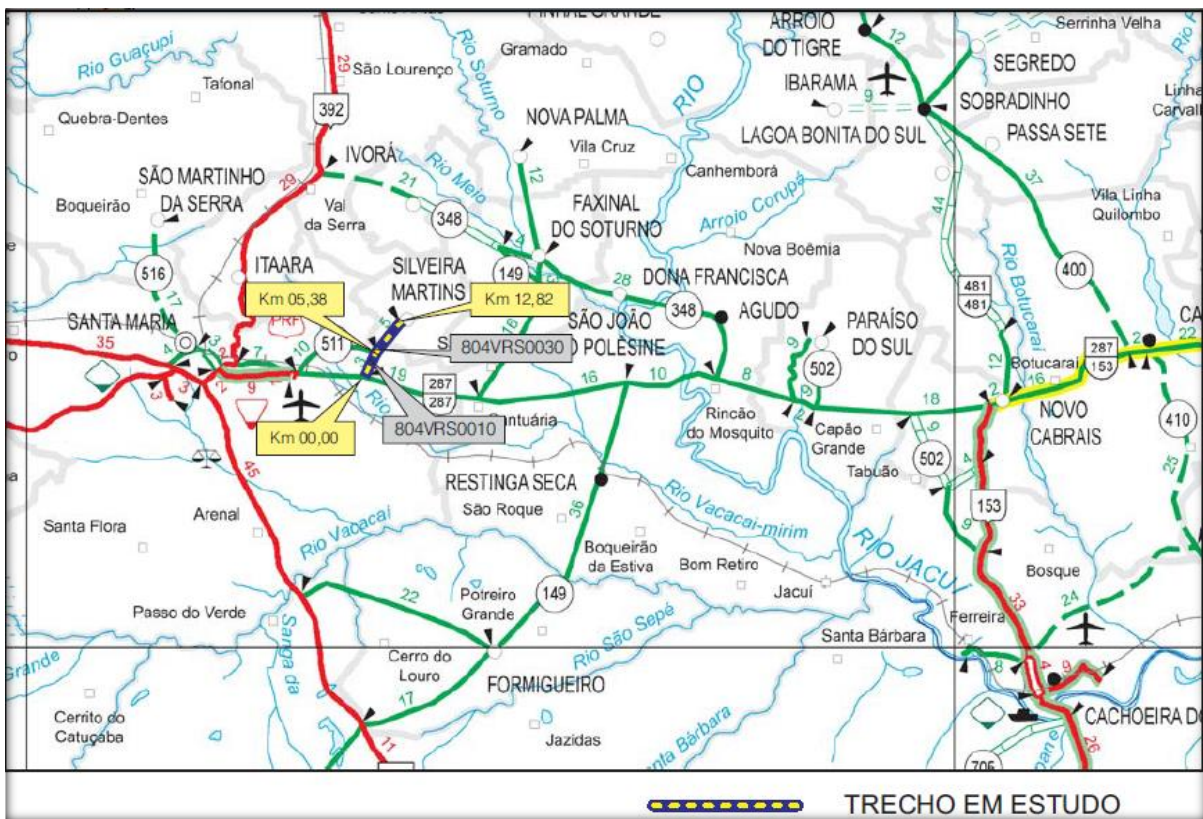
DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES			
PAVIMENTAÇÃO		SINALIZAÇÃO	
Materiais em transporte	DMT (km)	Materiais em transporte	DMT (km)
Jazida de SOLO - Trecho de disposição do solo	1,0954	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B	300
Jazida de BRITA - Trecho de disposição da brita/MS	1,2079	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	300
Jazida de AREIA - Usinagem CA	0,7481	Solvente para tinta à base de resina acrílica pintura de faixa	300
Usinagem do CA - Trecho de disposição do CA	1,2079	Tinta para pré-marcação de pintura de faixa	300
BRITA produzida em central de 80 m ³ /h	0,5	Tinta refletiva acrílica para pintura de faixa	300
CAL HIDRATADA para usinagem CA	90	Confecção de placa para fornecimento e implantação	1,2079
TUBO PE para areia extraída com draga de sucção tipo bomba	300	Chapa de aço galvanizado para confecção de placa	300
		Película retrorrefletiva tipo I + SI para confecção de placa	300
		Tinta poliéster em pó para pintura da placa	300
		Tacha refletiva bidirecional	300

Fonte: Autora.

3.1.3 Dados de tráfego

Para realizar o estudo de tráfego do projeto e determinar o número de dimensionamento (N) foi considerado o fluxo de veículos da Rodovia ERS-511, trecho VRS-804 – Camobi, por ser uma rodovia de Classe IV. A contagem de veículos foi realizada pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagens do Estado do Rio Grande do Sul (DAER-RS) em 2015, através do estudo realizado para o Contrato de Restauração e Manutenção de Rodovias (CREMA). O trecho considerado, onde foi realizada a contagem volumétrica, está representado na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Indicação do trecho onde foram coletados os dados de tráfego



Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

3.1.3.1 Volume diário médio (VDM)

A determinação do VDM foi realizada através da contagem de veículos da rodovia escolhida. A contagem bi-direcional utilizada no trabalho foi efetuada em três dias consecutivos: terça, quarta e quinta-feira, dias 11, 12 e 13 de agosto de 2015, respectivamente. Os veículos foram separados conforme a quantidade de eixos (passeio, ônibus, carga leve, carga média, carga pesada, carga ultra pesada e outros) e foram considerados 24 horas ininterruptas, conforme as recomendações do DNIT.

A seguir estão as Tabelas 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10 que apresentam os dados da contagem de veículos.

Tabela 3.5 – Dados da contagem no primeiro dia. Sentido VRS-804 – Camobi

SENTIDO: VRS-804 - Camobi								
DATA: 11/08/2015 DIA: terça-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	2	0	0	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	3	3
6	13	2	1	1	0	0	1	18
7	21	0	1	0	0	0	3	25
8	23	1	1	1	0	0	2	28
9	16	0	0	0	0	0	1	17
10	20	0	1	4	0	0	1	26
11	21	0	1	0	0	0	0	22
12	10	1	1	0	0	0	4	16
13	22	0	3	2	0	0	3	30
14	16	0	1	0	0	0	0	17
15	12	0	3	2	0	0	3	20
16	23	1	2	0	0	0	0	26
17	28	1	2	0	0	0	2	33
18	23	0	0	1	0	0	1	25
19	9	1	1	0	0	0	3	14
20	7	0	1	0	0	0	3	11
21	6	0	0	0	0	0	0	6
22	2	0	0	0	0	0	0	2
23	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	274	7	19	11	0	0	30	341

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Tabela 3.6 – Dados da contagem no primeiro dia. Sentido Camobi – VRS-804

SENTIDO: Camobi - VRS-804								
DATA: 11/08/2015 DIA: terça-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	2	0	0	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	1	0	0	0	0	0	3
7	35	2	0	1	0	0	2	40
8	16	0	1	1	0	0	1	19
9	21	0	1	0	0	0	3	25
10	18	0	3	1	0	0	1	23
11	14	1	2	0	0	0	2	19
12	12	2	1	0	0	0	2	17
13	16	0	0	0	0	0	0	16
14	14	0	0	0	0	0	1	15
15	10	0	6	0	0	0	3	19
16	16	0	2	0	0	0	3	21
17	22	1	0	0	0	0	6	29
18	30	0	1	0	0	0	2	33
19	13	2	1	0	0	1	2	19
20	18	0	0	0	0	0	1	19
21	11	0	0	0	0	0	0	11
22	6	0	0	0	0	0	0	6
23	5	1	0	0	0	0	1	7
Total	281	10	18	3	0	1	30	343

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Tabela 3.7 – Dados da contagem no segundo dia. Sentido VRS-804 – Camobi

SENTIDO: VRS-804 - Camobi								
DATA: 12/08/2015 DIA: quarta-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	2	1	0	0	0	0	0	3
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	1	0	0	1	3
6	7	2	0	0	0	0	0	9
7	14	0	5	0	0	0	4	23
8	11	0	2	0	0	0	0	13
9	7	0	2	0	0	0	4	13
10	18	0	2	1	0	0	3	24
11	27	0	0	0	1	0	0	28
12	22	2	1	0	0	0	4	29
13	17	1	2	0	0	0	4	24
14	12	0	1	0	0	0	0	13
15	17	0	2	0	1	0	3	23
16	14	0	1	3	0	0	3	21
17	30	0	3	0	0	0	2	35
18	19	0	1	1	0	0	4	25
19	12	0	1	0	0	0	0	13
20	10	0	0	0	0	0	0	10
21	7	0	0	0	0	0	5	12
22	7	0	0	0	0	0	0	7
23	2	1	0	0	0	0	0	3
Total	256	7	23	6	2	0	37	331

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Tabela 3.8 – Dados da contagem no segundo dia. Sentido Camobi - VRS-804

SENTIDO: Camobi - VRS-804								
DATA: 12/08/2015 DIA: quarta-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	3	0	0	0	0	0	0	3
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	1
6	3	1	0	0	0	0	0	4
7	36	2	1	0	0	0	6	45
8	12	0	1	0	0	0	1	14
9	13	0	0	0	0	0	2	15
10	11	0	1	0	0	0	3	15
11	23	1	4	0	0	0	4	32
12	15	1	1	0	0	0	1	18
13	17	0	2	0	0	0	1	20
14	22	0	2	0	0	0	0	24
15	23	0	2	1	0	0	4	30
16	24	0	0	0	0	0	2	26
17	23	1	1	2	0	0	3	30
18	23	1	1	0	0	0	1	26
19	24	1	0	5	0	0	2	32
20	4	0	0	0	0	0	3	7
21	8	0	0	0	0	0	1	9
22	4	0	0	0	0	0	0	4
23	7	1	0	0	0	0	1	9
Total	296	9	16	8	0	0	35	364

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Tabela 3.9 – Dados da contagem no terceiro dia. Sentido VRS-804 – Camobi

SENTIDO: VRS-804 - Camobi								
DATA: 13/08/2015 DIA: quinta-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	3	0	1	0	0	0	0	4
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	1	0	0	0	0	3
6	6	2	2	0	0	0	4	14
7	21	0	0	0	0	0	3	24
8	16	1	0	0	0	0	1	18
9	9	0	0	0	0	0	4	13
10	17	0	3	0	0	0	1	21
11	30	0	1	0	0	0	1	32
12	14	1	1	0	0	0	2	18
13	15	2	2	0	0	0	5	24
14	16	0	2	0	0	0	1	19
15	20	0	4	0	0	0	0	24
16	23	0	2	0	0	0	2	27
17	28	0	0	0	0	0	0	28
18	21	1	1	0	0	0	3	26
19	8	1	1	0	0	0	3	13
20	6	0	0	0	0	0	0	6
21	4	0	0	0	0	0	0	4
22	7	0	1	0	0	0	1	9
23	0	0	0	1	0	0	0	1
Total	266	8	22	1	0	0	31	328

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Tabela 3.10 – Dados da contagem no terceiro dia. Sentido Camobi - VRS-804

SENTIDO: Camobi - VRS-804								
DATA: 13/08/2015 DIA: quinta-feira								
HORA	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
0	3	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	0	0	1
6	7	1	0	0	0	0	0	8
7	36	3	1	0	0	0	3	43
8	11	0	3	0	0	0	2	16
9	12	0	2	0	0	0	3	17
10	20	0	2	0	0	0	4	26
11	14	1	1	0	0	0	2	18
12	12	2	0	0	0	0	0	14
13	24	0	0	0	0	0	2	26
14	10	0	0	0	0	0	0	10
15	19	0	1	0	0	0	1	21
16	25	0	5	0	0	0	7	37
17	21	0	1	0	0	0	5	27
18	21	1	0	0	0	0	3	25
19	28	1	0	0	0	0	0	29
20	6	0	0	1	0	0	0	7
21	12	0	0	0	0	0	1	13
22	4	0	0	0	0	0	0	4
23	4	1	0	0	0	0	0	5
Total	291	10	16	1	0	0	33	351

Fonte: Relatório de projeto CREMA – DAER VRS 804, 2016.

Com os dados da contagem de veículos e o auxílio do software Excel, foi possível calcular o volume diário médio da rodovia no ano de 2015, que está representado na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Volume diário médio da rodovia em 2015

DIA DE CONTAGEM	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
1º dia terça-feira	555	17	37	14	0	1	60	684
2º dia quarta-feira	552	16	39	14	2	0	72	695
3º dia quinta-feira	557	18	38	2	0	0	64	679
Total	1664	51	114	30	2	1	196	2058
VDM 2015	555	17	38	10	1	1	66	686

Fonte: Autora.

Após conhecer o valor do VDM no ano de 2015, foi feita a progressão do volume diário médio para o ano de 2018, considerando o crescimento linear do tráfego e adotando taxa de crescimento de 3% ao ano. A partir disso, considerando o período de projeto e a taxa de crescimento adotados no estudo, fez-se a projeção do VDM para os anos seguintes até o final do período de projeto estipulado. Os valores corrigidos são apresentados na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Projeção do VDM

ANO	PASSEIO	ÔNIBUS	CAMINHÕES				OUTROS	TOTAL
			CARGA LEVE	CARGA MÉDIA	CARGA PESADA	CARGA ULTRA PESADA		
2015	555	17	38	10	1	1	66	686
2016	572	18	39	10	1	1	68	709
2017	589	18	40	11	2	2	70	732
2018	606	19	42	11	2	2	72	754
2019	625	19	43	11	2	2	74	776
2020	643	20	44	12	2	2	77	800
2021	663	20	45	12	2	2	79	824
2022	683	21	47	12	2	2	81	848
2023	703	22	48	13	2	2	84	874
2024	724	22	50	13	2	2	86	900
2025	746	23	51	13	3	3	89	927
2026	768	24	53	14	3	3	91	955
2027	791	24	54	14	3	3	94	983
2028	815	25	56	15	3	3	97	1013

Fonte: Autora.

3.1.3.2 Número de dimensionamento (N)

O valor do número “N” exprime a soma do potencial destrutivo de todos os eixos que passarão sobre o pavimento durante o período de projeto, incluindo as diferentes configurações de eixos e pesos, expresso em relação ao eixo padrão.

É denominado de eixo padrão o eixo simples de rodas duplas com 80 kN e pressão nos pneus de 0,55 MPa ou 80 lb/in².

O cálculo do número “N” pode ser determinado considerando o crescimento do tráfego como linear ou geométrico, como apresentam as Equações 3.2 e 3.3 abaixo:

a) Crescimento Linear do Tráfego:

$$N = 365 \times VDM \times \left[\frac{(1+P \times t)^2 - 1}{2t} \right] \times FV \times Ff \times Fs \times Fd \times Fr \quad (3.2)$$

b) Crescimento Geométrico do Tráfego:

$$N = 365 \times VDM \times \left[\frac{(1+t)^P - 1}{\ln(1+t)} \right] \times FV \times Ff \times Fs \times Fd \times Fr \quad (3.3)$$

Onde:

N = número de eixos equivalentes ao eixo padrão;

VDM = volume diário médio de tráfego;

P = período de projeto;

t = taxa de crescimento do tráfego;

FV = fator de veículo;

Ff = fator de frota;

Fs = fator de sentido;

Fd = fator de distribuição;

Fr = fator climático regional.

3.1.3.2.1 Taxa de crescimento do tráfego (t)

É considerada para realizar a projeção do VDM até o final do período de projeto. Para esse trabalho, foi considerada uma taxa de 3% ao ano, conforme recomendado pelo DNIT quando não há estudos socioeconômicos consistentes.

3.1.3.2.2 Período de projeto (P)

Período adotado para o dimensionamento da estrutura do pavimento, de tal forma a desempenhar sua função de proporcionar trafegabilidade, conforto e

segurança aos usuários durante este período. Para o estudo admitiu-se 10 anos como o período de projeto.

3.1.3.2.3 Fator de frota (Ff)

O fator de frota representa a porcentagem de veículos do VDM composto por veículos comerciais. Nesse trabalho foi considerado o fator de frota como 1,0, pois utilizou-se para o cálculo do N apenas os veículos comerciais.

3.1.3.2.4 Fator de sentido (Fs)

Caracteriza a porcentagem dos veículos do VDM que trafegam em um sentido. Foi adotado o valor de 50%, ou seja, fator de sentido de 0,5.

3.1.3.2.5 Fator de distribuição (Fd)

O fator de distribuição é determinado como a porcentagem de veículos comerciais que trafegam na faixa mais carregada que, normalmente, é a da direita. Como a rodovia de estudo possui apenas uma faixa por sentido adotou-se 1,0 para o fator de distribuição.

3.1.3.2.6 Fator climático regional (Fr)

Considera a variação da umidade dos materiais constituintes do pavimento durante o ano. Normalmente, adota-se $Fr=1,0$, face aos resultados de pesquisas desenvolvidas pelo IPR/DNER e foi o valor considerado no trabalho.

3.1.3.2.7 Fator de veículo (FV)

O fator de veículo é o índice representativo do potencial destrutivo médio dos veículos comerciais que trafegam na rodovia em relação ao eixo padrão. É determinado a partir de pesagens e o cálculo é realizado através da Equação 3.4.

$$FV = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \times FEC_{i,p})}{100} \quad (3.4)$$

Sendo:

p_i = frequência de ocorrência para cada tipo de eixo e sua respectiva carga (%);
 FEC = fator de equivalência de carga para cada tipo de eixo e sua respectiva carga, baseado no método do USACE, pois o método do DNER leva em conta os coeficientes de equivalência estrutural. As equações do USACE estão apresentadas na Tabela 3.13.

Neste trabalho foi considerado que os veículos trafegavam com a carga máxima legal em cada tipo de eixo. Com isso, o Fator de Veículo foi calculado como sendo a soma dos fatores de equivalência de cada eixo para cada veículo e, portanto, não foi feita a frequência de ocorrência.

Tabela 3.13 – Equações para o cálculo do FEC segundo o método 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	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,4720}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,4840}$
Tandem triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNIT, 2006.

Sendo:

P = peso bruto total sobre o eixo;

Todos os cálculos necessários para determinar o número N foram realizados no software Excel e os resultados estão representados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Determinação do N de projeto

Veículo	VDM por sentido	Nº de eixos	Tipo de eixo	Carga Máxima Legal (t)	FEC _{USACE}	FV _{USACE}	Taxa de cresc.	Período projeto	N
Ônibus	9	2	ESRS	6	0,278	3,567	0,03	10	139081,9
			ESRD	10	3,289				
CARGA LEVE	21	2	ESRS	6	0,278	3,567	0,03	10	310889
			ESRD	10	3,289				
CARGA MÉDIA	5	3	ESRS	6	0,278	8,827	0,03	10	202428,4
			ETD	17	8,549				
CARGA PESADA	1	3	ESRS	6	0,278	8,827	0,03	10	38161,64
			ETD	17	8,549				
CARGA ULTRA PESADA	1	4	ESRS	6	0,278	9,578	0,03	10	41408,57
			ETT	25,5	9,300				
Total =								731969,6	
NPROJETO =								7,32E+05	

Fonte: Autora.

3.1.3.3 Índice de suporte califórnia (CBR)

No presente trabalho foram adotados alguns valores para o CBR das camadas, porém não foram realizados ensaios para determiná-los por tratar-se de um estudo hipotético.

Os valores adotados para o CBR da camada de subleito e reforço do subleito do pavimento asfáltico foram retirados do projeto da Travessia Urbana de Santa Maria, enquanto o CBR da sub-base foi determinado conforme as especificações do Manual de Pavimentação do DNIT. Os valores utilizados estão apresentados a seguir:

- a) $CBR_{subleito} = 8 \%$;
- b) $CBR_{reforço\ do\ subleito} = 15 \%$;
- c) $CBR_{sub-base} = 20 \%$.

3.2 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER

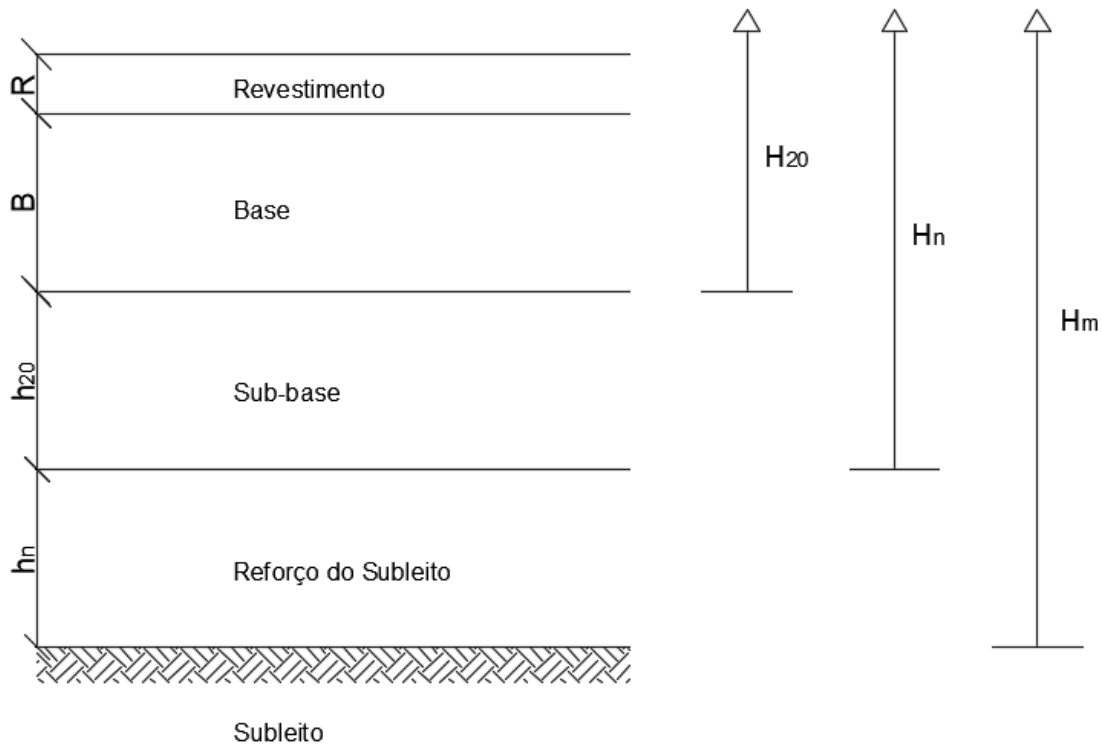
Para esse estudo fez-se o dimensionamento de duas estruturas distintas. Os materiais foram definidos de acordo com o que havia disponível no terreno e, então, as estruturas foram compostas por:

- a) revestimento, base e sub-base;

b) revestimento, base e reforço do subleito.

A Figura 3.5 mostra um pavimento genérico e o esquema das camadas em relação às camadas equivalentes.

Figura 3.5 – Camadas do pavimento em relação às camadas equivalentes



Fonte: Autora.

3.2.1 Espessura mínima de revestimento betuminoso

O Manual de Pavimentação do DNIT informa, como sugestão a ser adotada, as espessuras mínimas de revestimento betuminoso com base no estudo de tráfego. A espessura do revestimento tem o objetivo de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão, além de conferir mais conforto ao usuário. A Tabela 3.15 fornece as espessuras mínimas de revestimento conforme o tráfego da rodovia.

No caso de adotar a utilização de tratamentos superficiais, é necessário que as bases granulares possuam alguma coesão, devido à capilaridade ou ao entrosamento das partículas, sendo pelo menos aparente.

O método do DNER não é indicado para tráfegos com $N < 10^6$, pois pode

superdimensionar o pavimento. Porém, no caso desse trabalho, desconsiderou-se esse efeito. Para o tráfego calculado nesse estudo, deveria ser empregado tratamento superficial, porém, foi definido utilizar concreto asfáltico, por ser o material mais empregado no revestimento das rodovias pavimentadas. Adotou-se a espessura do revestimento de 5,0 cm.

Posteriormente a definição da espessura e do tipo de revestimento, deve-se determinar a espessura total do pavimento e, por fim, a espessura das demais camadas constituintes.

Tabela 3.15 – Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso

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

Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT, 2006.

3.2.2 Espessura total sobre o subleito (H_m)

A espessura total sobre o subleito determina qual é a espessura necessária para proteger o subleito contra a ruptura por cisalhamento.

Para determinar o H_m pode ser usado um Ábaco de Dimensionamento, construído por Souza (1981), exibido na Figura 3.6, ou a Equação 3.5 que apresenta a solução das retas contidas no ábaco.

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR_{subleito}^{-0,598} \quad (3.5)$$

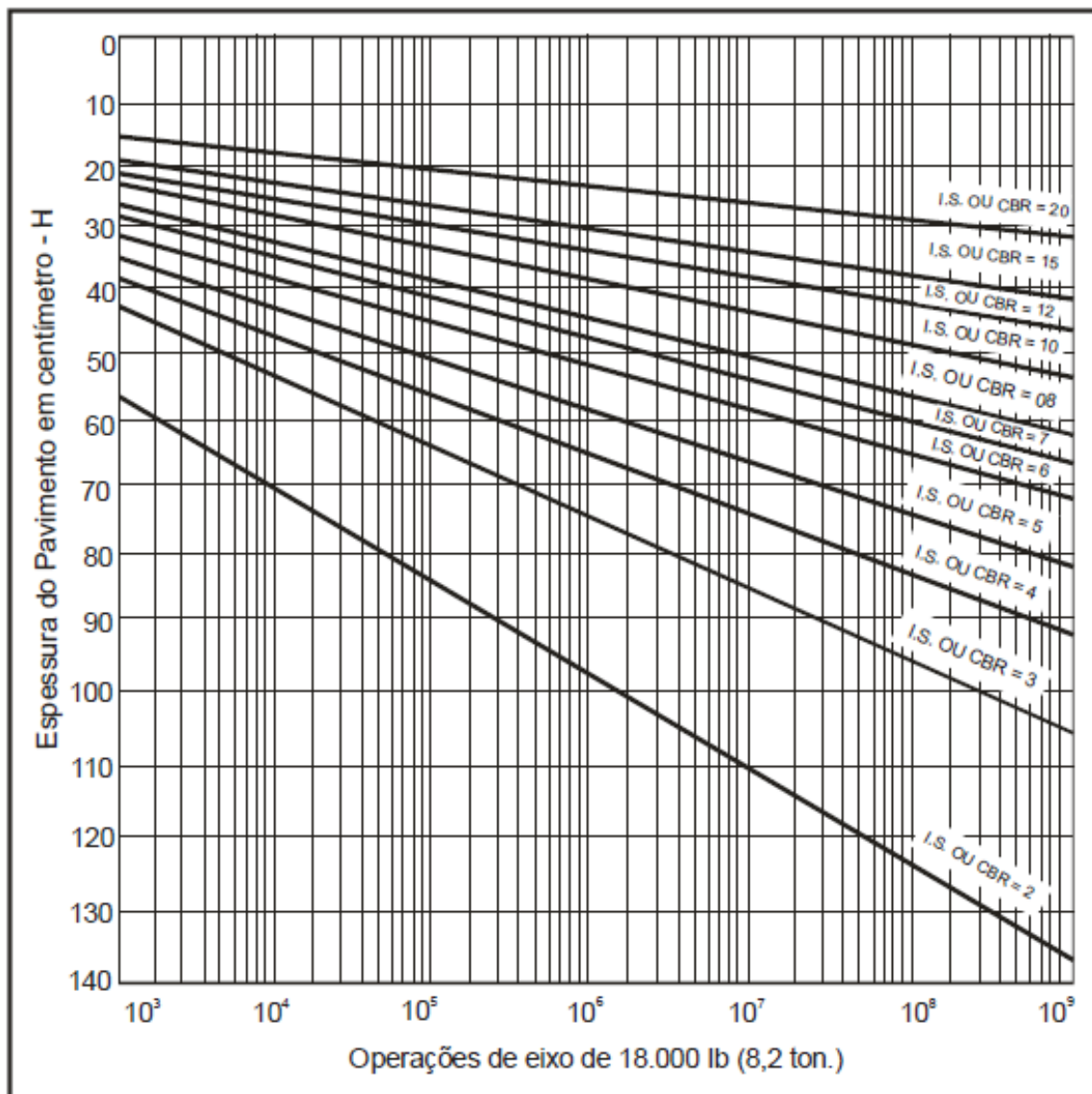
Onde:

H_m = espessura equivalente em cm;

N = número de repetições de carga;

CBR = valor da camada a ser “protegida”, no caso o subleito.

Figura 3.6 – Ábaco para determinar a espessura do pavimento



Fonte: Souza, 1981.

3.2.3 Espessura total sobre a sub-base (H_{20})

Tal qual ao H_m , a espessura total sobre a sub-base é a espessura necessária para a proteção da sub-base.

A Equação 3.6 utilizada para determinar H_{20} foi a mesma empregada para o cálculo de H_m , porém agora considerando o CBR da sub-base.

$$H_{20} = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR_{sub-base}^{-0,598} \quad (3.6)$$

Onde:

H_{20} = espessura equivalente em cm;
 N = número de repetições de carga;
 CBR = valor da camada a ser “protegida”, no caso a sub-base.

3.2.4 Espessura total sobre o reforço do subleito (H_n)

É a espessura de pavimento necessária para proteger o reforço do subleito contra o cisalhamento.

A Equação 3.7 foi utilizada para determinar H_n e é a mesma empregada para o cálculo do H_m e do H_{20} .

$$H_n = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR_{reforço}^{-0,598} \quad (3.7)$$

Onde:

H_n = espessura equivalente em cm;
 N = número de repetições de carga;
 CBR = valor da camada a ser “protegida”, no caso o reforço do subleito.

3.2.5 Espessura da base, da sub-base e do reforço do subleito

Com as espessuras H_m , H_n , H_{20} e R determinadas, o cálculo das demais camadas do pavimento foi obtido por meio da resolução sucessiva das Inequações 3.8, 3.9 e 3.10:

$$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20} \quad (3.8)$$

$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{20} \geq H_n \quad (3.9)$$

$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{20} + h_n \times K_n \geq H_m \quad (3.10)$$

Onde:

K_r, K_b, K_{20} e K_n = coeficientes de equivalência estrutural dos materiais da camada de revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente;
 R, B, h_{20} e h_n = são as espessuras das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço do subleito;
 H_{20}, H_n e H_m = são os valores das espessuras das camadas equivalentes, em termos de brita graduada, sobre a sub-base, o reforço do subleito e o subleito.

Os coeficientes de equivalência estrutural são números empíricos que relacionam a capacidade de propagação das tensões sobre o subleito que um material qualquer possui em relação ao material padrão, ou seja, a brita graduada. São obtidos por meio da Tabela 3.16, que correlaciona o coeficiente com o tipo de material empregado na camada.

Tabela 3.16 – Coeficiente de equivalência estrutural do DNIT

Componentes do pavimento	Materiais Típicos	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso usinado a quente	CBUQ	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	PMQ	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	PMF	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	PMAF, MB, TSS, TSD, TST	1,20
Camadas granulares	BGS, MH, BC, SB	1,00
Sub-base granular		0,77
Reforço do Subleito de qualquer natureza		0,71
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	BGTC, SC	1,70
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	SC	1,40
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	SMC	1,20
Material estabilizado com cal	Solo-cal	1,20

Fonte: Adaptado do Manual de Pavimentação do DNIT, 2006.

Porém, após determinar as espessuras das camadas, deve-se respeitar os limites de espessuras construtivas para garantir o bom funcionamento do pavimento. Tais limites estão apresentados nas especificações de serviço que são normas que regulamentam a construção das camadas conforme o tipo de material. Na Tabela 3.17 estão as espessuras máximas e mínimas de acordo com as especificações, assim como, as espessuras usuais utilizadas nos projetos rodoviários.

Tabela 3.17 – Espessuras construtivas conforme o material do pavimento

Material	Especificação de Serviço	Espessura Recomendada		Espessura Usual	
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
BGS	DNIT 141/2010	10 cm	20 cm	12 cm	20 cm
MS	DAER 07/1991	16 cm	21 cm	16 cm	21 cm
SOLOS	DNIT 138/2010	10 cm	20 cm	15 cm	20 cm
CA	DNIT 031/2006	-	-	2,5 cm	7,5 cm

Fonte: Autora.

3.3 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL

O software MeDiNa trata-se de um programa que verifica e dimensiona estruturas de pavimentos através do método empírico-mecanicista. É uma ferramenta de fácil utilização, com processo simples de entrada dos dados e geração de relatórios para resultados das verificações.

O intuito do trabalho com a utilização do software foi executar o dimensionamento de duas estruturas, as mesmas dimensionadas através do Método do DNER, uma composta por revestimento, base e sub-base; e uma segunda composta por revestimento, base e reforço do subleito, para posterior comparação de orçamentos.

3.3.1 Funcionamento do software MeDiNa v1.0.2.1

Para iniciar o dimensionamento com o auxílio do MeDiNa, primeiramente devem ser inseridos no software os dados do tráfego. Como mostra a Figura 3.7, devemos determinar o tipo de via, o volume diário médio de veículos (VDM), o fator de veículo (FV), o número de eixos equivalente anual total (N), a porcentagem de veículos na faixa de projeto (Fd), a taxa de crescimento do tráfego (t) e o período de projeto (P). No caso deste trabalho, como o número N já estava calculado, definiu-se que esse seria transferido para o MeDiNa e não seria calculado novamente pela ferramenta. Com isso, o número N foi dividido pelo período de projeto de 10 anos e esse valor foi inserido no item “N anual total”. No programa também foi colocado o período de projeto estipulado, a taxa de crescimento, que ficou em zero, pois já estava considerada no cálculo do N, e o tipo de via que foi definido como Sistema Coletor Secundário.

Figura 3.7 – Dados iniciais inseridos no software

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Coletor Secundário
VMD (1º ano):	201
FV:	1.000
N anual total:	7.32e+04
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7.32e+04
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
NEq:	7.32e+05

Fonte: Autora.

Com os dados de tráfego no programa é necessário determinar a estrutura a ser dimensionada. O software aceita que, além das quatro camadas que já estão definidas quando abrimos um novo projeto, seja possível adicionar ou remover camadas de acordo com a estrutura definida pelo projetista, assim como mostra as informações mais importantes das camadas resumidas na tela principal, como apresenta a Figura 3.8.

Figura 3.8 – Dados da estrutura do pavimento

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA	MODELAGEM	RESULTADOS		
RESPONSÁVEL:	Mariana Modesto	EMPRESA: UFSM/TCC		
PROJETO:	Dimensionamento com sub-base			
Alterar Estrutura >>				
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	7,5	14614
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	12,0	381
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C1	16,0	259
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189

Fonte: Autora.

Para alterar o material constituinte da camada, como mostra a Figura 3.9, basta

que o projetista dê duplo clique no material e uma nova janela abre-se mostrando as sugestões de materiais já existentes no programa e com a opção de inserir um novo, que deve ser definido em “projeto”.

Figura 3.9 – Dados da camada

Propriedades da Camada 1

BASE DE DADOS	CONCRETO ASFÁLTICO
Projeto	Material
Classe 1	Classe 3
Classe 2	Parâmetros
Classe 3	Espessura (cm)
Classe 4	Coefficiente de Poisson
RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	Contato
RJ CAP 30/45 #12,5mm Sepetiba	Módulo (MPa)
RJ CAP 30/45 #19,1mm Sepetiba	Modelo Constituinte
RJ CAP 50/70 #19,1mm Sepetiba	Módulo (MPa)
	Características
	Tipo de CAP
	Massa específica (g/cm³)
	Norma ou Especificação
	Comentários
	Curva de Fadiga
	Modelo:
	Coefficiente de Regressão (k1):
	Coefficiente de Regressão (k2):
	Classe de Fadiga:
	FFM (100µ a 250µ):

Excluir Atualizar Salvar OK Cancel

Fonte: Autora.

O tipo de material das camadas granulares foi definido através do Módulo de Resiliência (MR). Para a base procurava-se um MR de 100 a 400MPa, já que é a média definida para bases de BGS, então adotou-se a brita graduada “tipo Gnaisse C5”, a qual possui um MR de 381MPa. Para a sub-base foi escolhida a brita graduada “tipo Gnaisse C1”, que possui MR de 259MPa e está próximo ao valor médio de

235MPa. Entre os tipos de concreto asfáltico presentes no MeDiNa, foi escolhido usar o Classe 3, por ser o de melhor qualidade dentre os sem polímero. Já para o subleito foi determinado não trocar o material e utilizar o padrão do programa. No caso da estrutura que possui reforço do subleito, devemos utilizar um solo com Módulo de Resiliência superior ao material do subleito, portanto o solo escolhido foi o “Solo Argiloso LG”, o qual possui $MR=250MPa$, enquanto o do subleito possui $MR=189MPa$.

Com relação às espessuras, foram utilizadas as mínimas recomendadas para a base e a sub-base. Para o revestimento foi solicitado o cálculo pelo programa e para o subleito foi considerada a camada como infinita, pois é a metodologia adotada pelo MeDiNa.

Com os dados de tráfego inseridos, as camadas, os materiais e as espessuras definidos, foi possível solicitar o dimensionamento. Para isso, basta clicar na aba “Análise” e depois em “Dimensionar”, ou simplesmente usar o atalho “F2”.

Para o dimensionamento, o software analisa a fadiga do pavimento e o critério de deformação permanente total. Como resultado, ele apresenta o valor da camada dimensionada, que no caso do trabalho foi o concreto asfáltico, indica a área trincada estimada no fim do período de projeto estipulado, a deformação permanente e um relatório que fornece os dados de todo o período de projeto.

Além de realizar o dimensionamento de estruturas, o MeDiNa também fornece análises de pavimentos já dimensionados. Para solicitar uma análise ao programa, deve-se da mesma forma que anteriormente, inserir os dados do tráfego, as camadas, os materiais e as espessuras do pavimento e então ir na aba “Análise” e “Avaliar a estrutura”, ou simplesmente digitar “F3”. A análise executada pelo MeDiNa consiste em, da mesma forma que o dimensionamento, determinar a área trincada estimada no fim do período de projeto estipulado e a deformação permanente total na estrutura de acordo com o nível de confiabilidade determinado ou seja, o tipo de via em estudo.

A análise auxilia para determinar se um dimensionamento calculado através de outro método irá, ou não, atender ao período de projeto estipulado considerando o tráfego da rodovia.

3.4 COMPOSIÇÕES DE CUSTOS PELO NOVO SICRO

Tendo em vista a orçamentação das estruturas dimensionadas anteriormente,

foram consultadas as composições de custos genéricas elaboradas pelo DNIT. Essa etapa do trabalho consistiu em abrir todas as composições de custos necessárias, assim como as atividades auxiliares e transportes para montar um orçamento e que, quando necessário alterar alguma quantidade de insumo, o orçamentista receba automaticamente o novo valor da obra. Foram produzidas planilhas com as composições no software Excel, no mesmo modelo apresentado pelo órgão, e, então, com base nos dados de projeto e algumas considerações feitas ao longo do trabalho, chegou-se à uma tabela resumo final, que determina o custo da obra conforme os serviços apresentados. O mês de referência utilizado para a elaboração dos custos foi maio do ano de 2018.

3.4.1 Composições de custos para os serviços de terraplenagem

O primeiro conjunto de composições realizado foi referente aos serviços de terraplenagem. O DNIT fornece os Manuais de Custos, com informações de cada serviço e os Relatórios Analíticos e Sintéticos, que são específicos para cada região do país. No relatório analítico, que são as planilhas que foram utilizadas para compor o orçamento, o SICRO apresenta a quantidade de equipamento necessária para uma equipe, a produção dessa equipe, os custos horários dos equipamentos, da mão de obra e, se necessário, de materiais, atividades auxiliares e tempo fixo, assim como, mostra no momento de transporte, a DMT.

Para os serviços de terraplenagem, foram colocadas no orçamento as composições:

- a) “Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria – DMT de 1.000 a 1.200 m – caminho de serviço em leito natural – com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³”, representada na Figura 3.10, código 5502114 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 7,13/m³;
- b) “Compactação de aterros a 100% do Proctor Intermediário”, representada na Figura 3.11, código 5503041 também do Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 5,14/m³.

Figura 3.10 – Composição código 5502114

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência		Rio Grande do Sul		FIC		0,03164		221,33 m³	
5502114 Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³		Maio/2018		Produção da equipe				Valores em reais (R\$)	
		Utilização		Custo Horário		Custo			
		Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total		
A - EQUIPAMENTOS									
E9667	Caminhão basculante com capacidade de 14 m³ - 323 kW	5,00000	0,93	0,07	282,7101	65,9815	1,337,6955		
E9515	Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba com capacidade de 1,5 m³ - 110 kW	1,00000	1,00	0,00	175,3323	76,8011	175,3323		
					Custo horário total de equipamentos		1,513,0278		
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824	Servente	1,00000	h		17,3618		17,3618		
					Custo horário total de mão de obra		17,3618		
					Custo horário total de execução		1,530,3896		
					Custo unitário de execução		6,9145		
					Custo do FIC		0,2188		
					Custo do FIT		-		
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário		
					Custo unitário total de material		-		
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário		
					Custo total de atividades auxiliares		-		
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
					Subtotal		7,1333		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P		
					Custo unitário total de transporte		Custo Unitário		
					Custo unitário direto total		7,13		

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

Figura 3.11 – Composição código 5503041

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		76,89 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
5503041 Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário							
A - EQUIPAMENTOS							
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produutivo	Improdutivo	Custo Horário Total
E9518	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,45	0,55	175,9480	49,2433	106,2604
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,24	0,76	2,3317	1,6208	1,7914
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropeido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	0,13	0,87	179,1610	79,4445	92,4076
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288
					81,0808	31,8084	43,6338
					Custo horário total de equipamentos		365,4221
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade			Custo Horário	Custo Horário Total
		1,00000	h			17,3618	17,3618
					Custo horário total de mão de obra		17,3618
					Custo horário total de execução		382,7839
					Custo unitário de execução		4,9783
					Custo do FIC		0,1575
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de material		-	
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo total de atividades auxiliares		-	
E - TEMPO FIXO							
		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Subtotal		5,1358	
				Custo unitário total de tempo fixo		-	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
		Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		5,14	
				Custo unitário direto total		5,14	

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

3.4.2 Composições de custos para os serviços de pavimentação

Nas composições referentes à pavimentação, além dos Manuais do SICRO, foi necessário consultar também a tabela de preços da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para determinar o preço do Asfalto Diluído, da Emulsão Asfáltica e do Cimento Asfáltico. Foi utilizado o valor de referência de agosto de 2018.

Para montar o orçamento foram consideradas tanto as composições empregando reforço do subleito na estrutura, quanto as necessárias para a utilização da sub-base. Logo, no resumo colocou-se equações nas quantidades dos insumos para que pudesse distinguir as estruturas e fornecer resumos distintos.

Das composições utilizadas, apenas duas foram apresentadas como exemplo e as restantes estarão nos apêndices.

As composições empregadas para definir o custo da pavimentação foram:

- a) “Regularização do subleito”, representada na Figura 3.12, código 4011209 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,73/m³;
- b) “Reforço do subleito com material de jazida”, representada na Figura 3.13, código 4011211 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 8,68/m³;
- c) “Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica”, que trata-se de uma composição auxiliar, código 4816096 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,90/m³;
- d) “Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida”, código 4011280 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 74,47/m³;
- e) “Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h”, uma composição auxiliar de serviço, código 4816012 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 47,29/m³;
- f) “Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira”, composição auxiliar da

- brita, código 4816010 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 49,16/m³;
- g) “Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida”, código 4011275 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 89,50/m³;
- h) “Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h”, que é uma atividade auxiliar, código 6416039 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 78,65/m³;
- i) “Imprimação com asfalto diluído”, código 4011351 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 4,26/m²;
- j) “Pintura de ligação”, código 4011353 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,86/m²;
- k) “Concreto asfáltico – faixa C – areia extraída, brita produzida”, código 4011462 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 211,33/t;
- l) “Usinagem de concreto asfáltico – faixa C – areia extraída e brita produzida”, atividade auxiliar do concreto asfáltico, código 6416077 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 193,16/t;
- m) “Areia extraída com draga de sucção tipo bomba”, também atividade auxiliar, código 4816020 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 13,25/m³;
- n) “Tratamento Superficial duplo com banho diluído – brita produzida”, código 4011371 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 6,04/m².

Figura 3.12 – Composição código 4011209

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		841,00 m ²	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011209 Regularização do subleito							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtiva	Improdutiva	Horário Total	Horário Total
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,76	0,24	175,9480	49,2433	145,5389	145,5389
E9518 Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,52	0,48	2,3317	1,6208	1,9905	1,9905
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,55	0,45	179,1610	79,4445	134,2886	134,2886
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,72	0,28	139,7708	64,6300	118,7314	118,7314
E9685 Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288	121,3288
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,52	0,48	81,0808	31,8084	57,4300	57,4300
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo horário total de equipamentos		Custo Horário Total	Custo Horário Total
P9824 Servente	1,00000	h		17,3618		17,3618	17,3618
				Custo horário total de mão de obra		Custo horário total de execução	596,6699
						Custo unitário de execução	0,7095
						Custo do FIC	0,0224
						Custo do FIT	-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de material		Custo Unitário	-
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		Custo Unitário	-
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Subtotal		Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		Custo Unitário	0,7319
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário	Custo Unitário
				RP		Custo Unitário	-
				LN		Custo Unitário	-
				P		Custo Unitário	-
				Custo unitário total de transporte		Custo Unitário	0,73
				Custo unitário direto total		Custo Unitário	0,73

Figura 3.13 – Composição código 4011211

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		168,20 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011211 Reforço do subleito com material de jazida							
A - EQUIPAMENTOS							
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo Horário	Custo Horário Total
E9518	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,93	Improdutiva	175,9480	49,2433	167,0787
E9524	Motoneveladora - 93 kW	1,00000	0,52	0,48	2,3317	1,6208	1,9905
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,78	0,22	179,1610	79,4445	157,2234
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	0,72	0,28	139,7708	64,6300	118,7314
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288
			0,52	0,48	81,0808	31,8084	57,4300
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo horário total de equipamentos		Custo Horário Total	
P9824	Servente	1,00000	h	17,3618		17,3618	
				Custo horário total de mão de obra		17,3618	
				Custo horário total de execução		641,1445	
				Custo unitário de execução		3,8118	
				Custo do FIC		0,1206	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	Quantidade	Unidade	Custo Unitário total de material		Custo Unitário	
		1,10000	m³	0,8982		0,9880	
				Custo total de atividades auxiliares		0,9880	
				Subtotal		4,9204	
E - TEMPO FIXO							
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
		5914354	2,06250	t	1,3200	2,7225	
				Custo unitário total de tempo fixo		2,7225	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	Quantidade	Unidade	DMT	RP	Custo Unitário	
		2,06250	tkm	1,09543	P	0,557480689	
				Custo unitário total de transporte		1,2595	
				Custo unitário direto total		8,90	

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

3.4.3 Composições de custos para os serviços de sinalização

A terceira etapa de composições de custos do trabalho foi referente à sinalização. Determinou-se os tipos de tinta, pintura, placa e tacha mais utilizados em projetos rodoviários e, com base nos Manuais de Custos, as composições necessárias foram montadas.

Da mesma forma que as composições de pavimentação, nesse item serão colocadas apenas duas composições para exemplificar, as outras estarão nos apêndices do trabalho.

Os serviços que foram utilizados no orçamento são:

- a) “Pintura de faixa – tinta base acrílica – espessura de 0,6 mm”, representada na Figura 3.14, código 5213401 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 21,84/m²;
- b) “Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m – película retrorrefletiva tipo I e SI”, como mostra na Figura 3.15, código 5213466 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 698,39/unidade;
- c) “Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI”, composição auxiliar código 5213414 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 657,81/m²;
- d) “Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço”, composição auxiliar da placa, código 5212552 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 12,76/m²;
- e) “Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m – película retrorrefletiva tipo I + SI”, código 5213449 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 222,68/unidade;
- f) “Tacha refletiva bidirecional – fornecimento e colocação”, código 5213360 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente

ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 17,32/unidade.

Figura 3.14 – Composição código 5213401

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		149,40 m ²	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm						
A - EQUIPAMENTOS							
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produtiva	Improdutiva	Custo Horário Total
		1,00000	0,50	0,50	113,8399	37,4379	75,6389
E9644	Caminhão para pintura a frio com demarcador de faixas - 28 kW/ 115 kW	1,00000	1,00	0,00	263,7311	126,5934	263,7311
		Custo horário total de equipamentos				339,3700	
B - MÃO DE OBRA							
P9853	Pré-marcador	Quantidade	Unidade			Custo Horário	Custo Horário Total
		1,00000	h			20,0014	20,0014
P9824	Servente	5,00000	h			17,3618	86,8090
		Custo horário total de mão de obra				106,8104	
		Custo horário total de execução				446,1804	
		Custo unitário de execução				2,9865	
		Custo do FIC				-	
		Custo do FIT				-	
C - MATERIAL							
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B	Quantidade	Unidade			Preço Unitário	Custo Unitário
		0,15000	kg			7,0800	1,0620
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	0,25000	kg			5,9400	1,4850
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica	0,03000	l			8,8020	0,2641
M2044	Tinta para pré-marcção	0,03000	l			18,2962	0,5489
M2027	Tinta refletiva acrílica	0,60000	l			25,1277	15,0766
		Custo unitário total de material				18,4366	
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade			Custo Unitário	Custo Unitário
						Custo total de atividades auxiliares	-
E - TEMPO FIXO							
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	Código	Quantidade	Unidade			Custo Unitário
		5915474	0,00015	t			19,6400
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00025	t			19,6400
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00003	t			19,6400
		Custo unitário total de tempo fixo				0,0277	
M2044	Tinta para pré-marcção - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00005	t			19,6400
M2027	Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00093	t			19,6400
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
		Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	0,00015	tkm			300	0,9144
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	0,00025	tkm			300	0,9144
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00003	tkm			300	0,9144
M2044	Tinta para pré-marcção - Caminhão carroceria 5 t	0,00005	tkm			300	0,9144
M2027	Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00093	tkm			300	0,9144
		Custo unitário total de transporte				0,3868	
		Custo unitário direto total				21,84	

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

Figura 3.15 – Composição código 5213466

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		3,00000 un	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
5213466 Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI							
		Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa		Produtivo		Horário Total	
		Improdutiva		Improdutivo			
		Quantidade	Operativa	Produtiva	Improdutivo		
		1,00000	0,30	113,8399	37,4379		
		Custo horário total de equipamentos				60,3585	
B - MÃO DE OBRA							
P9830	Montador	1,00000	h	25,8473			25,8473
P9824	Servente	2,00000	h	17,3618			34,7236
		Custo horário total de mão de obra					60,5709
		Custo horário total de execução					120,9294
		Custo unitário de execução					40,3098
		Custo do FIC					-
		Custo do FIT					-
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário			Custo Unitário
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário			Custo Unitário
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI		1,00000	m²	657,8088			657,8088
		Custo total de atividades auxiliares					657,8088
		Subtotal					698,1186
E - TEMPO FIXO							
		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t		5915474	0,01327	t	19,6400		0,2606
		Custo unitário total de tempo fixo					0,2606
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
		Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t		0,01327	tkm			1,20785	0,9144
		Custo unitário total de transporte					0,0147
		Custo unitário direto total					698,39

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

3.4.4 Composições de custos para os serviços de transporte

Para compor o orçamento são necessárias também as composições de custos para cada transporte pois elas entram em todas as composições que possuem momento de transporte, sejam elas auxiliares ou principais.

Após calcular o custo unitário de cada transporte é necessário considerar esse valor em cada composição que necessita de um transporte.

Os transportes variam de acordo com a capacidade do caminhão e o tipo de via que irá percorrer. Duas das composições utilizadas serão colocadas como exemplos e as restantes serão apresentadas nos apêndices.

Os transportes considerados no trabalho foram:

- a) “Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia com revestimento primário”, representado na Figura 3.16, código 5914374 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,56/tkm;
- b) “Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada”, como mostra na Figura 3.17, código 5914389 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,45/tkm;
- c) “Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada”, código 5914479 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,45/tkm;
- d) “Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada”, código 5915324 no Relatório Analítico de Composições de Custos de Maio de 2018, referente ao estado do Rio Grande do Sul, que possui um custo unitário direto total de R\$ 0,91/tkm.

Figura 3.16 – Composição código 5914374

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC	0,03164	311,25 tkm	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
5914374 Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia com revestimento primário							
		Utilização		Custo Horário		Custo	
		Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
A - EQUIPAMENTOS							
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	168,1942	44,9444	168,1942
					Custo horário total de equipamentos		168,1942
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
					Custo horário total de mão de obra		-
					Custo horário total de execução		168,1942
					Custo unitário de execução		0,5404
					Custo do FIC		0,0171
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
					Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
					Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal		0,5575
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
					Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P
					Custo unitário total de transporte		Custo Unitário
					Custo unitário direto total		0,56

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

Figura 3.17 – Composição código 5914389

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		373,50 tkm	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
5914389 Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada							
		Utilização		Custo Horário		Custo	
		Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
A - EQUIPAMENTOS							
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	168,1942	44,9444	168,1942
					Custo horário total de equipamentos		168,1942
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
					Custo horário total de mão de obra		-
					Custo horário total de execução		168,1942
					Custo unitário de execução		0,4503
					Custo do FIC		-
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
					Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
					Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal		0,4503
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
					Custo unitário total de tempo fixo		-
					DMT		
					RP		
					LN		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade				Custo Unitário
					Custo unitário total de transporte		-
					Custo unitário direto total		0,45

Fonte: Adaptado do Manual de Custos do DNIT, maio 2018.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados dos dimensionamentos realizados, tanto pelo Método do DNER como pelo MeDiNa, os orçamentos com base no Novo SICRO e, então, a comparação entre os métodos. Além disso, também será apresentada uma análise de sensibilidade, a qual visa conhecer o comportamento do pavimento quando há alteração nos dados de tráfego.

4.1 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER

Nesta etapa do estudo, realizou-se o dimensionamento pelo Método do DNER e, conforme descrito no Capítulo 3.

Como já comentado anteriormente, este estudo contempla o dimensionamento de duas hipóteses de estruturas que diferenciam-se pela escolha de uma camada. A primeira estrutura foi dimensionada composta por revestimento de concreto asfáltico, base de brita graduada simples e sub-base de macadame seco enquanto a segunda estrutura foi dimensionada considerando revestimento de concreto asfáltico, base de brita graduada simples e reforço do subleito de solo.

4.1.1 Dimensionamento da estrutura com sub-base

A primeira etapa do dimensionamento consistiu em determinar a espessura total do pavimento em termos de material granular, utilizando o CBR da camada na Equação 3.5. Após, foi determinada a espessura em termos de material granular para proteger a sub-base, calculada através da Equação 3.6. Na sequência, foram determinadas as espessuras da base e da sub-base através das Inequações 3.8 e 3.9, respectivamente.

Como o revestimento é de concreto betuminoso, a base de BGS e a sub-base de macadame seco, os coeficientes de equivalência estrutural, utilizados para determinar as espessuras das camadas, segundo a Tabela 3.16, são:

- a) $K_r = 2,0$;
- b) $K_b = 1,0$;
- c) $K_{20} = 0,77$.

Portanto, as espessuras das camadas que compõem o pavimento estão apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Determinação das espessuras das camadas do pavimento com sub-base pelo Método do DNER

Espessura Total sobre o Subleito (H_m)	
$CBR_{\text{subleito}} (\%) =$	8
$H_m (\text{cm}) =$	42,94
Espessura Total sobre a Sub-base (H_{20})	
$CBR_{\text{sub-base}} (\%) =$	20
$H_{20} (\text{cm}) =$	24,83
Espessura da Base (B)	
$R \cdot K_r + B \cdot K_b \geq H_{20}$	
$R (\text{cm}) =$	5,00
$B (\text{cm}) \geq$	14,83
B adotado (cm) =	15,00
Espessura da Sub-base (h_{20})	
$R \cdot K_r + B \cdot K_b + h_{20} \cdot K_{20} \geq H_m$	
$R (\text{cm}) =$	5,00
$h_{20} (\text{cm}) \geq$	23,30
h_{20} máximo (cm) =	21,00

Fonte: Autora.

Observa-se que a espessura mínima calculada para a base foi de 14,83 cm e, então, foi adotada uma camada de 15 cm, porém, utilizando esse valor para a base, encontrou-se como espessura mínima de sub-base 23,30 cm o que inviabiliza a execução da camada, visto que, de acordo com a Tabela 3.17, a máxima espessura construtiva usual para a sub-base de MS é de 21 cm.

Uma alternativa para a solução do problema seria aumentar a espessura do revestimento, entretanto, tornaria o projeto com um custo mais elevado. Outra solução seria aumentar a camada de base para então viabilizar a construção da camada de sub-base. Analisando as alternativas do ponto de vista econômico, percebeu-se que a menos onerosa seria aumentar a espessura de base, portanto, chega-se à conclusão que para solucionar o caso seria necessário aumentar a camada de base de 15 cm para 18 cm. Assim, a camada de sub-base calculada foi de 19,40 cm e a adotada de 20 cm.

Para verificar se as espessuras determinadas estão corretas, basta colocar os valores na equação que determina o H_m . Esse cálculo está apresentado na Tabela 4.2.

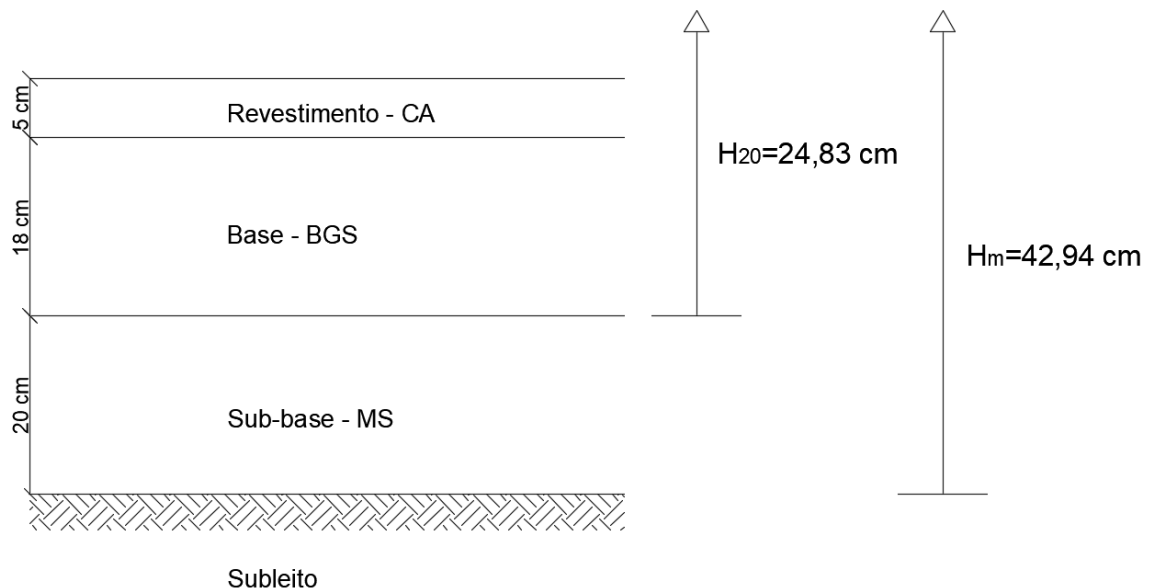
Tabela 4.2 – Verificação das espessuras das camadas do pavimento com sub-base pelo Método do DNER

$R \cdot K_r + B \cdot K_b + h_{20} \cdot K_{20} \geq H_m$	
Hm (cm) ≥	42,94
R (cm) =	5,00
B (cm) =	18,00
h ₂₀ (cm) =	20,00
	43,4
	Ok!

Fonte: Autora.

Portanto, considerando que deve-se ter, no mínimo, 42,94 cm de camadas acima do subleito e com as espessuras determinadas chega-se a 43,4 cm, a estrutura está corretamente dimensionada e o pavimento ficará conforme demonstrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Representação da estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER



Fonte: Autora.

4.1.2 Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito

A segunda estrutura a ser dimensionada conforme o Método do DNER é a composta por reforço do subleito. Os cálculos estão exibidos na Tabela 4.3.

O dimensionamento procedeu-se da mesma maneira que para a estrutura com sub-base. Primeiramente foi determinada a espessura necessária para proteger o subleito, utilizando a Equação 3.5. Logo após, com a Equação 3.7 e utilizando o CBR do reforço do subleito, determinou-se a espessura de pavimento, em termos de material granular, para proteger o reforço do subleito. Por fim, fez-se a determinação das camadas de base e reforço do subleito através das Inequações 3.8 e 3.10.

Os coeficientes estruturais das camadas para essa estrutura, sendo o revestimento de concreto asfáltico, a base de BGS e o reforço do subleito de solo, utilizados para determinar a espessura das camadas, são:

- a) $K_r = 2,0$;
- b) $K_b = 1,0$;
- c) $K_n = 0,71$.

Tabela 4.3 – Cálculo das espessuras das camadas do pavimento com reforço do subleito pelo Método do DNER

Espessura Total sobre o Subleito (H_m)	
CBR _{subleito} (%) =	8
H_m (cm) =	42,94
Espessura Total sobre o Ref. do Subleito (H_n)	
CBR _{reforço} (%) =	15
H_n (cm) =	29,49
Espessura da Base (B)	
$R \cdot K_r + B \cdot K_b \geq H_n$	
R (cm) =	5,00
B (cm) \geq	19,49
B adotado (cm) =	20,00
Espessura do Reforço do Subleito (h_n)	
$R \cdot K_r + B \cdot K_b + h_n \cdot K_n \geq H_m$	
R (cm) =	5,00
h_n (cm) \geq	18,23
h_n adotado (cm) =	19,00

Fonte: Autora.

Como pode-se perceber através dos cálculos para a estrutura composta com base e reforço do subleito, não foi necessário aumentar uma camada para viabilizar outra já que as espessuras calculadas estão de acordo com as máximas especificadas na Tabela 3.17.

É possível fazer a verificação do mesmo modo que para a primeira estrutura, conforme exposto na Tabela 4.4, para determinar se as camadas estão suficientes para proteger o subleito.

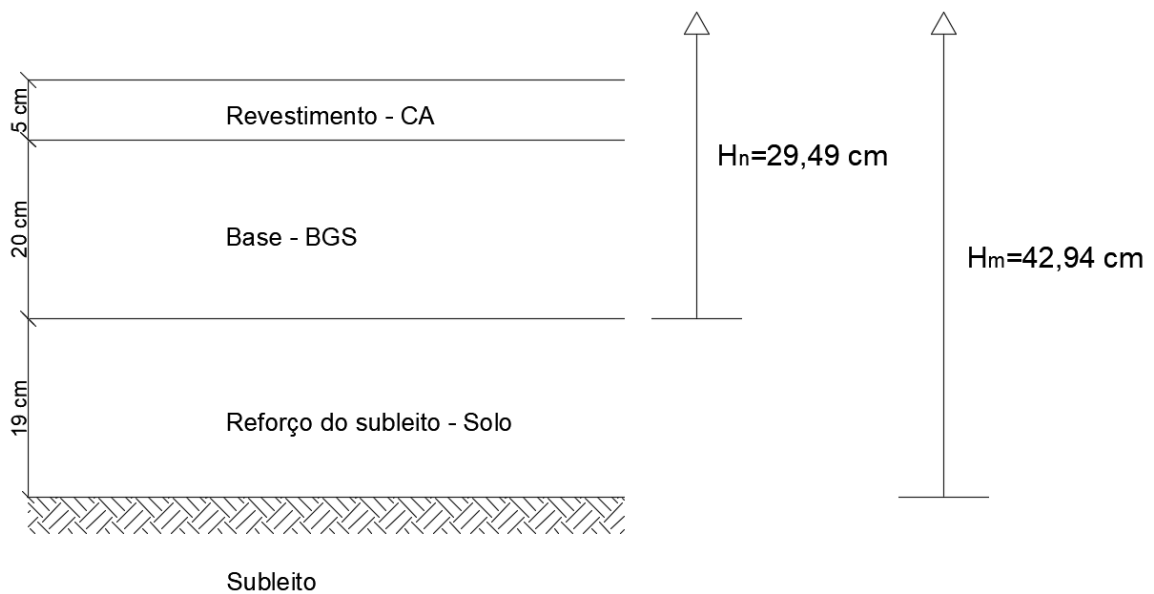
Tabela 4.4 – Verificação das espessuras definidas para o pavimento com reforço do subleito pelo Método do DNER

$R \cdot K_r + B \cdot K_b + h_n \cdot K_n \geq H_m$	
H_m (cm) \geq	42,94
R (cm) =	5,00
B (cm) =	20,00
h_{20} (cm) =	19,00
	43,49
	Ok!

Fonte: Autora.

Logo, confirma-se que o pavimento está dimensionado com espessuras adequadas para a proteção das camadas e a segunda hipótese para o pavimento ficará como esquematizada na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Representação da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER



Fonte: Autora.

4.2 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL


No presente trabalho, utilizou-se o Método de Dimensionamento Nacional através do software MeDiNa v1.0.2.1 como ferramenta para o dimensionamento de duas estruturas de configurações distintas. Da mesma forma como para o Método do DNER, a primeira estrutura sendo composta por revestimento, base e sub-base; e a segunda utilizando revestimento, base e reforço do subleito.

Com os dados de tráfego inseridos no software e a estrutura definida, conforme apresentado no item 3.3.1, foi requerido ao MeDiNa o auxílio no dimensionamento do pavimento. Os resultados, assim como alguns comentários, estão apresentados a seguir.

4.2.1 Dimensionamento da estrutura com sub-base

O dimensionamento consistiu em iniciar o programa, inserir os dados de tráfego, inserir as camadas com suas respectivas espessuras e materiais, conforme foi explicado no capítulo 3, e, então, definir a camada para o dimensionamento, que neste caso foi a camada de concreto asfáltico. O resultado adquirido encontra-se na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Resultado do dimensionamento através do MeDiNa

 MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM	RESULTADOS
RESPONSÁVEL:	Mariana Modesto	EMPRESA:	UFSM/TCC
PROJETO:	Dimensionamento com sub-base		
Alterar Estrutura >>			
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,0
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	12,0
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C1	16,0
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0

Fonte: Autora.

Portanto, através do novo método de dimensionamento, obtém-se o pavimento com 5 cm de concreto asfáltico e as camadas de base e sub-base ficaram com as espessuras mínimas, ou seja, conforme foram definidas. Após a conclusão do dimensionamento, o software fornece algumas informações, como a área trincada e a deformação permanente final no pavimento, as quais estão apresentadas na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Informações fornecidas pelo software com base no dimensionamento

```

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---
Seção do pavimento dimensionada 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: 3,5%
Análise encerrou por haver atingido a espessura mínima da camada.
Deformação Permanente Total: 4,2mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

```

Fonte: Autora.

O nível de confiabilidade refere-se ao tipo de via determinada, que no caso do trabalho foi Sistema Coletor Secundário. Para cada tipo de via há um nível de confiabilidade específico adotado pelo MeDiNa que é proporcional ao volume de tráfego e, conseqüentemente, ao papel que ela terá no desenvolvimento da região.

Por meio da análise do software, percebe-se que o dimensionamento foi encerrado pois a camada atingiu o mínimo aceito pelo MeDiNa, ou seja, 5 cm. Logo, a camada poderia ter uma espessura menor, o que já era esperado, visto que, através do número N o indicado era a utilização de Tratamento Superficial Betuminoso e foi definido empregar Concreto Betuminoso. Com isso, já pode-se prever que o pavimento irá suportar além do período de projeto, considerando os limites de área trincada e deformação permanente total, sendo que os limites máximos considerados são de 30,0% e 25,4 mm, respectivamente.

O MeDiNa fornece também um relatório completo dos danos mensais que o pavimento sofre ao longo do período de projeto, o qual será exibido nos apêndices. Está apresentado na Figura 4.5 um resumo da deformação permanente em cada camada ao fim do período de projeto.

Figura 4.5 – Deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM		RESULTADOS	
Danos Mensais		Def Permanente		Bacias de campo	
				Completo	
CAMADA				Deformação Permanente (mm)	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
MATERIAL GRANULAR				1,03	
MATERIAL GRANULAR				1,26	
SUBLEITO				1,90	
TOTAL				4,2	

Fonte: Autora.

Logo, a primeira hipótese de estrutura dimensionada com a colaboração do MeDiNa, que está representada através da Figura 4.6, é composta por: 5 cm de revestimento de Concreto Asfáltico, 12 cm de base de BGS e 16 cm de sub-base de Macadame Seco.

Figura 4.6 – Representação da estrutura com sub-base dimensionada com o MeDiNa



Fonte: Autora.

4.2.2 Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito

A segunda hipótese de estrutura para o pavimento foi constituída por revestimento, base e reforço do subleito.

Assim como para a primeira estrutura, foram realizados os mesmos procedimentos apresentados no Capítulo 3, no tópico “Funcionamento do Software”. Primeiramente foram inseridos todos os dados de tráfego. Após, definiu-se as camadas do pavimento, os materiais e suas respectivas espessuras e, então, foi escolhido o revestimento como a camada a ser dimensionada pela ferramenta.

Então, tem-se como resultado do dimensionamento a camada de revestimento também com 5 cm de espessura, como mostra a Figura 4.7.

Na Figura 4.8 estão exibidas as informações fornecidas pelo programa após o dimensionamento. Pode-se perceber que os valores da área trincada e da deformação permanente são bem próximos para as duas alternativas da estrutura. Do mesmo modo que na estrutura com sub-base a análise do dimensionamento encerrou pois a camada atingiu o mínimo admitido pelo software.

Em seguida, foram verificados os dados dos danos mensais sofridos pelo pavimento. O relatório completo irá constar nos apêndices do trabalho e na Figura 4.9 está o resumo da deformação permanente nas camadas do pavimento no fim do período de projeto.

Figura 4.7 – Resultado do dimensionamento para a estrutura com reforço do subleito

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM	RESULTADOS
RESPONSÁVEL:	Mariana Modesto	EMPRESA:	UFSM/TCC
PROJETO:	Dimensionamento com Reforço do Subleito		
Alterar Estrutura >>			
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,0
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	12,0
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG'(1)	15,0
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0

Fonte: Autora.

Figura 4.8 – Informações resultantes do dimensionamento

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento dimensionada 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: 3,4%
 Análise encerrou por haver atingido a espessura mínima da camada.
 Deformação Permanente Total: 4,3mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

Fonte: Autora.

Figura 4.9 – Deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM		RESULTADOS	
Danos Mensais		Def Permanente		Bacias de campo	
				Completo	
CAMADA				Deformação Permanente (mm)	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
MATERIAL GRANULAR				1,03	
SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO				1,35	
SUBLEITO				1,92	
TOTAL				4,3	

Fonte: Autora.

Assim, a segunda estrutura dimensionada através do auxílio do software MeDiNa conta com 5 cm de revestimento de Concreto Asfáltico, 12 cm de base de BGS e 15 cm de reforço do subleito de Solo. Um esquema representando-a está na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Representação da estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa



Fonte: Autora.

4.3 ORÇAMENTOS REALIZADOS PELO NOVO SICRO

Com as estruturas definidas pelo Método do DNER e pelo MeDiNa, as composições de custos pelo Novo SICRO e os dados retirados do projeto, foi possível orçar o pavimento com base nas alternativas de dimensionamentos apresentadas anteriormente.

Foram determinadas todas as composições necessárias para orçar as possibilidades para a estrutura. Através de cada composição obtém-se um custo unitário para cada insumo gerando, então, o custo unitário direto total do serviço.

Com as composições concluídas foi construída uma planilha resumo no software Excel para orçar cada alternativa do pavimento. Nesse resumo foram colocados todos os serviços necessários para a execução, assim como as respectivas unidades de medida, quantidades, valores unitários e valores finais.

O resumo também apresenta as características do projeto geométrico e do dimensionamento do pavimento além dos quantitativos de insumos, que foram inseridos em células vinculadas através de equações para automatizar o cálculo do orçamento caso ocorra a necessidade de uma alteração nas planilhas.

Em seguida, somou-se o valor total de cada serviço, gerando o custo direto total da obra.

4.3.1 Quantitativos dos insumos

Para determinar os quantitativos de cada insumo foram retirados os dados do dimensionamento e dos projetos geométrico, de terraplenagem e de sinalização. Assim, as quantidades de cada insumo foram definidas como:

4.3.1.1 *Serviços para a terraplenagem*

Para a terraplenagem os serviços foram quantificados da seguinte maneira:

- a) “Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria – DMT de 1.000 a 1.200 m – caminho de serviço em leito natural – com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³”: a quantidade é o volume total escavado retirado do Projeto de Terraplenagem, realizado na disciplina de Rodovias II.
- b) “Compactação de aterros a 100% do Proctor Intermediário”: a quantidade a ser compactada na terraplenagem é a mesma de escavação, ou seja, o volume total escavado da rodovia.

4.3.1.2 *Serviços para a pavimentação*

Para determinar o custo da pavimentação quantificou-se os serviços necessários como:

- a) “Regularização do subleito”: a quantidade é o comprimento da rodovia multiplicado pela largura, em metro quadrado e considerando os acostamentos.
- b) “Reforço do subleito com material de jazida”: é o volume de material de reforço que será colocado na pista e nos acostamentos, em metro cúbico, ou seja, o comprimento da via multiplicado pela largura da via e pela espessura do reforço somados com os mesmos dados referente aos acostamentos.
- c) “Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida”: a quantidade é o volume de material, nesse caso de sub-base, em metro cúbico, que será colocado na pista e nos acostamentos. Trata-se da espessura de sub-base multiplicada pelo comprimento e largura da via e somados com a espessura da base nos acostamentos multiplicada pelo comprimento e largura dos mesmos.

- d) “Imprimação com asfalto diluído”: a quantidade é dada pelo comprimento total da rodovia multiplicado pela largura total, considerando os acostamentos.
- e) “Pintura de ligação”: esse serviço depende da espessura do revestimento. Se o revestimento for maior que 2,5 cm e menor ou igual a 5 cm, tem-se uma pintura de ligação. Se o revestimento for maior que 5 cm e menor ou igual a 10 cm, necessita-se de duas pinturas e assim sucessivamente. No trabalho, como para todas as estruturas dimensionadas temos revestimento de 5 cm, em ambos os casos temos uma pintura. Portanto, a quantidade de pintura de ligação é a área da pista multiplicada pelo número de pinturas necessárias somada com os mesmos dados referente aos acostamentos.
- f) “Concreto asfáltico – faixa C – areia extraída, brita produzida”: a quantidade de concreto asfáltico, em toneladas, é o comprimento da via multiplicado pela largura da mesma e multiplicado pela espessura do revestimento, ficando em metros cúbicos. Esse resultado é multiplicado pela densidade do concreto asfáltico para transformar em toneladas.
- g) “Tratamento Superficial duplo com banho diluído – brita produzida”: utilizado como revestimento dos acostamentos, a quantidade de TSD é apenas o comprimento da via multiplicado pela largura dos acostamentos, em metro quadrado.

4.3.1.3 *Serviços para a sinalização*

Para a sinalização os serviços foram quantificados da seguinte maneira:

- a) “Pintura de faixa – tinta base acrílica – espessura de 0,6 mm”: para a pintura de faixa foi feita uma estimativa do total de tinta acrílica necessária, considerando o projeto de sinalização desenvolvido pelo DNIT para a rodovia BR-392/RS, entre o km 269,7 e o km 348,25. Foi determinada a quantidade de tinta nesse trecho e a extensão da via e, com isso, realizou-se uma comparação considerando a extensão da rodovia deste trabalho.
- b) “Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m – película retrorrefletiva tipo I e SI”: da mesma maneira que para a pintura de faixa, também foi realizada uma estimativa através da comparação com o projeto da rodovia BR-392/RS. Foi considerada a quantidade de placas de

advertência utilizadas para o trecho e, então, estimou-se através das extensões das vias qual a quantidade de placas de advertência necessárias para o presente trabalho.

- c) “Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m – película retrorrefletiva tipo I + SI”: o número de placas de regulamentação foi determinado do mesmo modo que para as placas de advertência.
- d) “Tacha refletiva bidirecional – fornecimento e colocação”: nas linhas de eixo de fluxos opostos as tachas são colocadas a cada 16 metros em tangente e a cada 4 metros nos trechos que antecedem obstáculos ou obras de arte numa extensão de 150 metros. Nas linhas de borda as tachas são colocadas a cada 16 metros. Como o trabalho não possui obras de arte foi considerado que as tachas refletivas estariam a cada 16 metros.

Portanto, os quantitativos das sinalizações que foram considerados para o trabalho estão apresentados a seguir na Figura 4.11.

Figura 4.11 – Quantitativos utilizados para o serviço de sinalização

Sinalização horizontal	
trecho:	total de tinta acrílica base de água (m ²) = 34.609,13
EXTENSÃO TOTAL DA VIA (km) 79,00	
Total de tinta acrílica a base de água (m ²) 581,144	

Sinalização vertical	
Tipos de placas	Quant. (unid)
Regulamentação	221
Advertência	132
Indicativa	87
Delineadores de tráfego	80
Marcos quilométricos	76
Parada de ônibus	90
Indicativas em pórticos (6 pórticos)	17
Turística	5
Marcadores de perigo	3
TOTAL =	711

Reg+Adv	353,00
% Reg	0,62606
% Adv	0,37394
Total Reg	445
Total Adv	266
Total Geral	711

Total Reg	7
Total Adv	4
Total Geral	12

Tachas	
Linhas de Borda – tachas monodirecionais ou bidirecionais brancas com elementos refletivos brancos, com espaçamento a cada 16m.	
Linhas de Eixo de Fluxos Opostos – tachas bidirecionais amarelas com elementos refletivos amarelos espaçados a cada 16m em tangente ou a cada 4m nos trechos que antecedem obstáculos ou obras de arte numa extensão de 150m.	
Total de tachas	249

Fonte: Autora.

4.3.2 Orçamento das estruturas dimensionadas pelo Método do DNER

Para o cálculo dos orçamentos, foi realizado um resumo dos dados da pista e do acostamento, tanto para a estrutura com sub-base quanto para a com subleito, onde as células em amarelo são as que necessitam que o projetista insira as informações, as demais são retiradas da planilha de dimensionamento e calculadas conforme está explicado no item 4.3.1. O resumo referente à estrutura com sub-base está apresentado na Figura 4.12 e o da estrutura com reforço do subleito na Figura 4.13.

Com o resultado dos dimensionamentos e com as composições montadas através do SICRO, foi possível orçar as duas hipóteses de estrutura para a rodovia que estão apresentadas nas Figuras 4.14 e 4.15.

Figura 4.12 – Resumo dos dados para a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER

Dados da pista		
Comprimento da via	1,33	km
Largura da via	5,00	m
Espessura do revestimento	5,00	cm
Espessura da base	18,00	cm
Espessura da sub-base	20,00	cm
Espessura reforço do subleito	0,00	cm
Número de pinturas de ligação	1	

Dados dos acostamentos		
Comprimento da via	1,33	km
Largura dos acostamentos	2,00	m
Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	15,50	cm
Espessura da sub-base	20,00	cm
Espessura reforço do subleito	0,00	cm

Fonte: Autora.

Figura 4.13 – Resumo dos dados para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o Método do DNER

Dados da pista		
Comprimento da via	1,33	km
Largura da via	5,00	m
Espessura do revestimento	5,00	cm
Espessura da base	20,00	cm
Espessura da sub-base	0,00	cm
Espessura reforço do subleito	19,00	cm
Número de pinturas de ligação	1	

Dados dos acostamentos		
Comprimento da via	1,33	km
Largura dos acostamentos	2,00	m
Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	17,50	cm
Espessura da sub-base	0,00	cm
Espessura reforço do subleito	19,00	cm

Fonte: Autora.

Figura 4.14 – Orçamento para a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER

1. Terraplenagem						R\$	249.607,12
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	20344,312	R\$ 145.421,88	
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	20344,3120	R\$ 104.485,24	
2. Pavimentação						R\$	521.425,72
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 0,73	9285,78	R\$ 6.796,49	
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,90	0	R\$ -	
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-	
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,70	1857,156	R\$ 138.722,98	
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,73	1605,1134	R\$ 144.029,39	
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-	
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	9285,78	R\$ 39.538,96	
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	9285,78	R\$ 8.021,77	
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,44	795,924	R\$ 168.292,34	
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-	
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-	
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	2653,08	R\$ 16.023,80	
3. Sinalização						R\$	21.782,17
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	581,1442	R\$ 12.690,75	
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - pellicula retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	4	R\$ 3.117,90	
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com pellicula retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.2.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - pellicula retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	7	R\$ 1.664,45	
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com pellicula retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.3.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	249	R\$ 4.309,07	
Total sem BDI						R\$	792.815,01

Fonte: Autora.

Figura 4.15 – Orçamento para a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER

1. Terraplenagem						R\$	249.607,12
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
1.1	<u>5502114</u>	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,43	20344,312	R\$ 145.121,88	
1.2	<u>5503041</u>	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	20344,3120	R\$ 104.485,24	
2. Pavimentação						R\$	415.073,82
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
2.1	<u>4011209</u>	Regularização do subleito	m²	R\$ 0,73	9285,78	R\$ 6.796,49	
2.2	<u>4011211</u>	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,90	1764,2982	R\$ 15.706,52	
2.2.1	<u>4816096</u>	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-	
2.3	<u>4011280</u>	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,70	0	R\$ -	
2.3.1	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.3.1.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.4	<u>4011275</u>	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,73	1790,829	R\$ 160.693,95	
2.4.1	<u>6416039</u>	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-	
2.4.1.1	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.4.1.1.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.5	<u>4011351</u>	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	9285,78	R\$ 39.538,96	
2.6	<u>4011353</u>	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	9285,78	R\$ 8.021,77	
2.7	<u>4011462</u>	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,44	795,924	R\$ 168.292,34	
2.7.1	<u>6416077</u>	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-	
2.7.1.1	<u>4816020</u>	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-	
2.7.1.2	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.7.1.2.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.8	<u>4011371</u>	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	2653,08	R\$ 16.023,80	
3. Sinalização						R\$	21.782,17
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
3.1	<u>5213401</u>	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	581,1442	R\$ 12.690,75	
3.2	<u>5213466</u>	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	4	R\$ 3.117,90	
3.2.1	<u>5213414</u>	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.2.1.1	<u>5212552</u>	Pintura eletrostática a pó com tinta políester em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.3	<u>5213449</u>	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	7	R\$ 1.664,45	
3.3.1	<u>5213414</u>	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.3.1.1	<u>5212552</u>	Pintura eletrostática a pó com tinta políester em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.4	<u>5213360</u>	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	249	R\$ 4.309,07	
Total sem BDI						R\$	686.463,10

Pode-se observar que o dimensionamento com sub-base resultou em um valor consideravelmente maior que o pavimento que possui reforço do subleito, com uma diferença de R\$ 106.351,91. Essa diferença de valores nos custos finais, ocorre devido ao custo do macadame seco, utilizado como material da sub-base, ser muito mais elevado que o do solo, material do reforço do subleito, por necessitar de mais atividades auxiliares e mão de obra.

Comparando o custo por quilômetro de cada estrutura temos que a estrutura com sub-base aponta um custo de aproximadamente R\$ 596.101,51 enquanto a com reforço do subleito custa aproximadamente R\$ 516.137,67, ou seja, quase R\$ 80.000,00 de diferença por quilômetro de rodovia implantada.

Com isso, para o dimensionamento pelo Método do DNER, considerando apenas o fator econômico, a melhor estrutura a ser implantada é que conta com revestimento, base e reforço do subleito.

4.3.3 Orçamento das estruturas dimensionadas pelo MeDiNa

Após a determinação das estruturas com a contribuição do software MeDiNa, o orçamento foi montado com as composições definidas anteriormente e foram calculados os orçamentos. Assim como para o orçamento anterior, também foi utilizado um resumo dos dados da pista e do acostamento, tanto para a estrutura com sub-base quanto para a com reforço do subleito. Porém, nesse caso, as informações oriundas dos resultados dos dimensionamentos também devem ser inseridas nas células em amarelo. O resumo referente à estrutura com sub-base está apresentado na Figura 4.16 e o da estrutura com reforço do subleito na Figura 4.17.

Os resultados dos orçamentos realizados através das composições de custos do SICRO, estão apresentados nas Figuras 4.18 e 4.19, para a estrutura com sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

Figura 4.16 – Resumo dos dados para a estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa

Dados da pista		
Comprimento da via	1,33	km
Largura da via	5,00	m
Espessura do revestimento	5,00	cm
Espessura da base	12,00	cm
Espessura da sub-base	16,00	cm
Espessura reforço do subleito	0,00	cm
Número de pinturas de ligação	1	

Dados dos acostamentos		
Comprimento da via	1,33	km
Largura dos acostamentos	2,00	m
Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	9,50	cm
Espessura da sub-base	16,00	cm
Espessura reforço do subleito	0,00	cm

Fonte: Autora.

Figura 4.17 – Resumo dos dados para a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa

Dados da pista		
Comprimento da via	1,33	km
Largura da via	5,00	m
Espessura do revestimento	5,00	cm
Espessura da base	12,00	cm
Espessura da sub-base	0,00	cm
Espessura reforço do subleito	15,00	cm
Número de pinturas de ligação	1	

Dados dos acostamentos		
Comprimento da via	1,33	km
Largura dos acostamentos	2,00	m
Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	9,50	cm
Espessura da sub-base	0,00	cm
Espessura reforço do subleito	15,00	cm

Fonte: Autora.

Figura 4.18 – Orçamento para a estrutura com sub-base dimensionada com o software MeDiNa

1. Terraplenagem						R\$	249.607,12
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	20344,312	R\$ 145.121,88	
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	20344,3120	R\$ 104.485,24	
						R\$	443.687,45
2. Pavimentação						R\$	443.687,45
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 9285,78	9285,78	R\$ 6.796,49	
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,90	0	R\$ -	
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-	
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,70	1485,7248	R\$ 110.978,38	
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,73	1047,9666	R\$ 94.035,72	
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-	
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	9285,78	R\$ 39.538,96	
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 9285,78	9285,78	R\$ 8.021,77	
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,44	795,924	R\$ 168.292,34	
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-	
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-	
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-	
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-	
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	2653,08	R\$ 16.023,80	
						R\$	21.782,17
3. Sinalização						R\$	21.782,17
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	581,1442	R\$ 12.690,75	
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	4	R\$ 3.117,90	
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.2.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	7	R\$ 1.664,45	
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-	
3.3.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-	
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	249	R\$ 4.309,07	
						R\$	715.076,74

Fonte: Autora.

Figura 4.19 – Orçamento para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o software MeDiNa

1. Terraplenagem						R\$	249.607,12
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$	Valor Total
1.1	<u>55021114</u>	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	20344,312	R\$	145.121,88
1.2	<u>5503041</u>	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	20344,3120	R\$	104.485,24
2. Pavimentação						R\$	345.108,95
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$	Valor Total
2.1	<u>4011209</u>	Regularização do subleito	m²	R\$ 9285,78	0,73	R\$	6.796,49
2.2	<u>4011211</u>	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,90	1392,867	R\$	12.399,88
2.2.1	<u>4816096</u>	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	R\$	-
2.3	<u>4011280</u>	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,70	0	R\$	-
2.3.1	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$	-
2.3.1.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$	-
2.4	<u>4011275</u>	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,73	1047,9666	R\$	94.035,72
2.4.1	<u>6416039</u>	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	R\$	-
2.4.1.1	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$	-
2.4.1.1.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$	-
2.5	<u>4011351</u>	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	9285,78	R\$	39.538,96
2.6	<u>4011353</u>	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	9285,78	R\$	8.021,77
2.7	<u>4011462</u>	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,44	795,924	R\$	168.292,34
2.7.1	<u>6416077</u>	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	R\$	-
2.7.1.1	<u>4816020</u>	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	R\$	-
2.7.1.2	<u>4816012</u>	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$	-
2.7.1.2.1	<u>4816010</u>	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$	-
2.8	<u>4011371</u>	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	2653,08	R\$	16.023,80
3. Sinalização						R\$	21.782,17
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$	Valor Total
3.1	<u>5213401</u>	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	581,1442	R\$	12.690,75
3.2	<u>5213466</u>	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	4	R\$	3.117,90
3.2.1	<u>5213414</u>	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	R\$	-
3.2.1.1	<u>5212552</u>	Pintura eletrostática a pó com tinta políester em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	R\$	-
3.3	<u>5213449</u>	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	7	R\$	1.664,45
3.3.1	<u>5213414</u>	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	R\$	-
3.3.1.1	<u>5212552</u>	Pintura eletrostática a pó com tinta políester em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	R\$	-
3.4	<u>5213360</u>	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	249	R\$	4.309,07
Total sem BDI						R\$	616.498,24

Fonte: Autora.

Com os orçamentos finalizados para as duas estruturas dimensionadas com a contribuição do software, percebe-se que novamente ocorre uma grande diferença de custos entre as possibilidades de estruturas. Nesse caso, a estrutura composta por sub-base tem um orçamento com o valor de R\$ 98.578,50 a mais que a estrutura com reforço do subleito.

Analisando o custo por quilômetro dos pavimentos observa-se que a estrutura com sub-base custará aproximadamente R\$ 537.651,68 o quilômetro, enquanto a estrutura com reforço do subleito terá um custo de R\$ 463.532,51 por quilômetro implantado, resultando em uma discrepância de R\$ 74.119,17.

Do mesmo modo que para o Método do DNER a defasagem dos custos entre as hipóteses de estruturas se dá pelo preço do solo do reforço do subleito ser inferior ao do macadame seco, material utilizado na sub-base.

Portanto, considerando apenas a vantagem econômica, constata-se que dentre as estruturas dimensionadas com colaboração do software MeDiNa, a mais vantajosa é a composta por revestimento, base e reforço do subleito.

4.4 VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS DIMENSIONADAS PELO MÉTODO DO DNER NO MeDiNa

Foi realizada uma análise das estruturas dimensionadas através do Método do DNER para determinar se elas possuem capacidade para suportar o tráfego no período de projeto estipulado. Para isso, as estruturas foram inseridas no MeDiNa e foi solicitado que ele realizasse as análises. O objetivo dessa verificação foi calcular o custo por N de cada possibilidade de estrutura.

Os dados de tráfegos inseridos foram os mesmos apresentados no dimensionamento pelo MeDiNa, conforme mostra a Figura 3.7.

Primeiramente foi inserida no software a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER, como mostra a Figura 4.20 e, logo após, na Figura 4.21, tem-se o resultado e informações provenientes da análise. O resumo que o programa apresenta com os dados mensais dos danos será apresentado nos apêndices.

Figura 4.20 – Estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER inserida no software MeDiNa

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA	MODELAGEM	RESULTADOS	
RESPONSÁVEL:	Mariana Modesto	EMPRESA: UFSM - TCC	
PROJETO:	ERS 511 - CAMOBI / VRS 804		
Alterar Estrutura >>			
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,0
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	18,0
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C1	20,0
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0

Fonte: Autora.

Figura 4.21 – Resultado da análise da estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER

--- 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: 3,3%
 Deformação Permanente Total: 4,5mm

Fonte: Autora.

Observa-se que a área trincada estimada pelo software no fim dos 10 anos do período de projeto foi de 3,3%, sendo que procura-se dimensionar o pavimento com menos de 30% da área trincada no fim do período. A deformação permanente total para essa estrutura resultou em 4,5 mm, enquanto o valor máximo é 25,4 mm. Portanto, a estrutura com sub-base dimensionada pelo Método do DNER está apta para o projeto e ainda pode-se interpretar que essa estrutura irá suportar mais do que o período de projeto determinado, considerando os parâmetros de área trincada e deformação permanente.

Em seguida, foi analisada a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER. A Figura 4.22 apresenta a estrutura que foi analisada e, a seguir, a Figura 4.23 mostra as informações oriundas da análise do software. O

relatório completo de evolução dos danos da estrutura será apresentado nos apêndices.

Figura 4.22 – Estrutura com reforço do subleito dimensionada através do Método do DNER para análise no software

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA	MODELAGEM	RESULTADOS	
RESPONSÁVEL:	Mariana Modesto	EMPRESA: UFSM - TCC	
PROJETO:	ERS 511 - CAMOBI / VRS 804		
Alterar Estrutura >>			
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,0
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	20,0
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG'(1)	19,0
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0

Fonte: Autora.

Figura 4.23 – Informações resultantes da análise da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método do DNER

--- 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: 3,2%
 Deformação Permanente Total: 4,5mm

Fonte: Autora.

Os resultados da análise para a estrutura com reforço do subleito foram aproximadamente iguais aos da estrutura com sub-base. Como os valores de área trincada e deformação permanente estão menores que os limites estabelecidos, a estrutura também tem capacidade para suportar o tráfego e os 10 anos de período de projeto.

Assim, podemos perceber que dimensionar o pavimento que tem um tráfego estimado menor que 10^6 , com o Método do DNER, é superdimensionar a estrutura. Isso possui uma importância maior quando escolhe-se como revestimento o concreto

betuminoso que possui boa capacidade de suporte. Porém, mesmo assim o método é válido, já que atende às condições propostas.

4.5 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO CUSTO POR N

Outra análise válida para o trabalho é referente ao custo por N. Ao comparar dois orçamentos, pode ocorrer um equívoco na determinação da estrutura mais vantajosa se realizada apenas a análise do custo final do orçamento. Para uma avaliação correta é preciso determinar se o pavimento irá suportar o tráfego e o período de projeto estipulados e, ainda, qual é o custo por N desse pavimento. Ao comparar esse custo realiza-se um estudo correto e pode-se definir qual é a estrutura que se adapta melhor ao projeto.

Como observado anteriormente, todas as estruturas estão suportando o tráfego calculado, ou seja, todas suportam um N de $7,32 \times 10^5$. Sabendo o custo por quilômetro de cada estrutura, calculados nos itens 4.3.2 e 4.3.3, é possível determinar o custo por N para implantação de um quilômetro de rodovia, conforme está apresentado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Determinação do custo por N para um quilômetro de rodovia

Método de Dimensionamento	Tipo de Estrutura	Custo/km	N	Custo/N
DNER	Com sub-base	R\$ 596.101,51	7,32E+05	R\$ 0,81
DNER	Com reforço	R\$ 516.137,67	7,32E+05	R\$ 0,71
MeDiNa	Com sub-base	R\$ 537.651,68	7,32E+05	R\$ 0,73
MeDiNa	Com reforço	R\$ 463.532,51	7,32E+05	R\$ 0,63

Fonte: Autora.

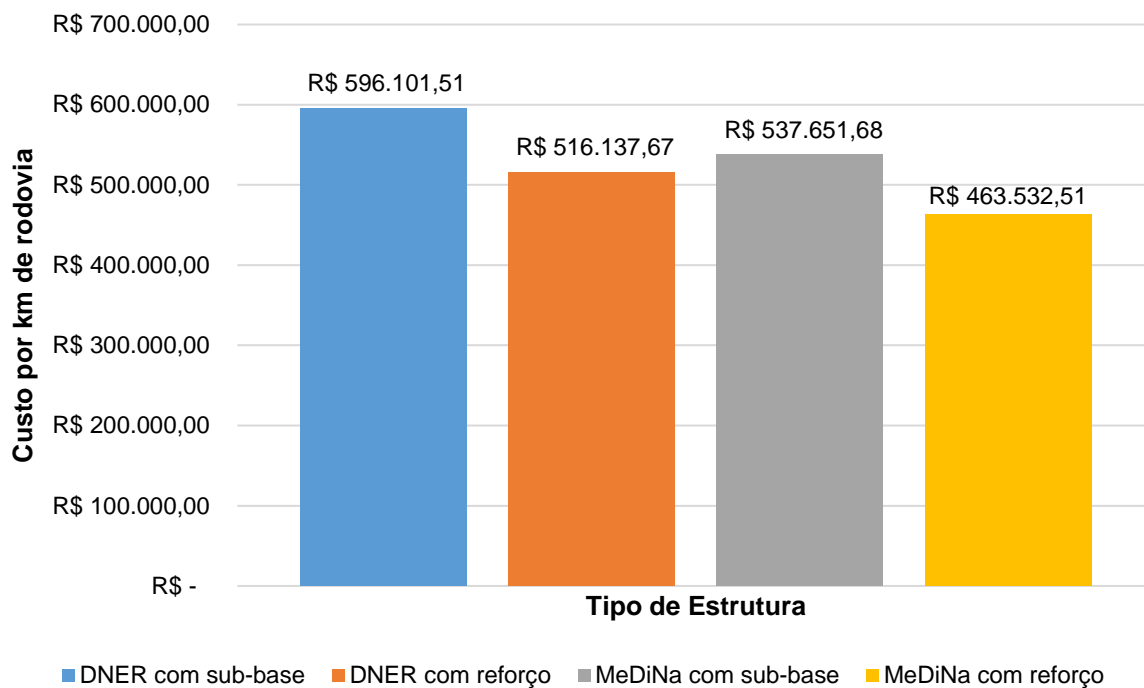
Através do custo por N pode-se visualizar que a estrutura mais vantajosa consiste na dimensionada pelo Método de Dimensionamento Nacional e composta por revestimento, base e reforço do subleito.

A Figura 4.24 apresenta a comparação dos custos para implantação de 1 km da estrutura conforme o método de dimensionamento e a Figura 4.25 ilustra a comparação do custo por N das mesmas.

A partir desses dados, percebe-se a importância do novo método de

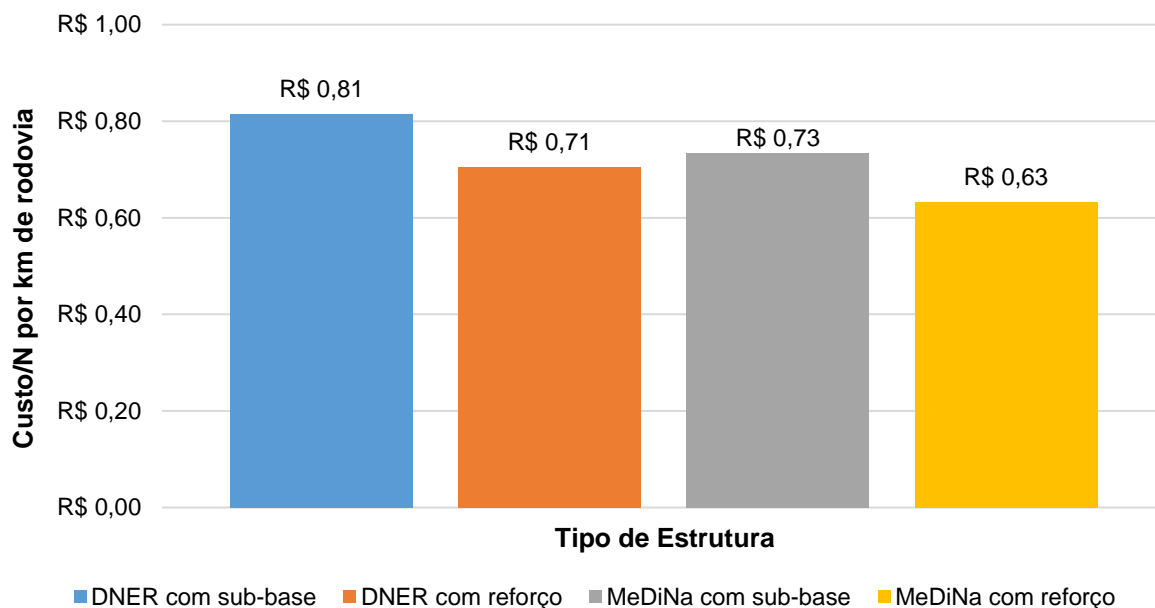
dimensionamento. Considerando apenas o fator econômico, nota-se que a estrutura com reforço do subleito, dimensionada pelo MeDiNa, é cerca de 11% mais vantajosa que a mesma estrutura dimensionada com o Método do DNER.

Figura 4.24 – Comparação do custo para um quilômetro de rodovia



Fonte: Autora.

Figura 4.25 – Comparação do custo por N para um quilômetro de rodovia



Fonte: Autora.

4.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Uma análise de sensibilidade é realizada visando identificar a importância de cada parâmetro de entrada e atribuir os efeitos decorrentes da variação de cada parâmetro.

Nesse trabalho a análise de sensibilidade foi feita para a estrutura com reforço do subleito dimensionada através do Método de Dimensionamento Nacional. A análise do pavimento consistiu em variar o período de projeto em 5, 10, 15 e 20 anos mantendo a estrutura originalmente dimensionada com o auxílio do software MeDiNa e, para cada período de projeto, a estrutura foi analisada em diferentes níveis de confiabilidade.

A finalidade dessa análise foi avaliar como o pavimento se comporta variando esses dois fatores, se o tráfego suportado seria alterado e, com isso, verificar a variação do custo por N para um quilômetro de rodovia. A Tabela 4.6 mostra os resultados extraídos do MeDiNa após as análises e a Figura 4.26 relaciona o período de projeto com a área trincada variando conforme a confiabilidade.

Buscou-se determinar como o pavimento responderia às mudanças no período de projeto para cada nível de confiabilidade. Através da Figura 4.26 pode-se concluir

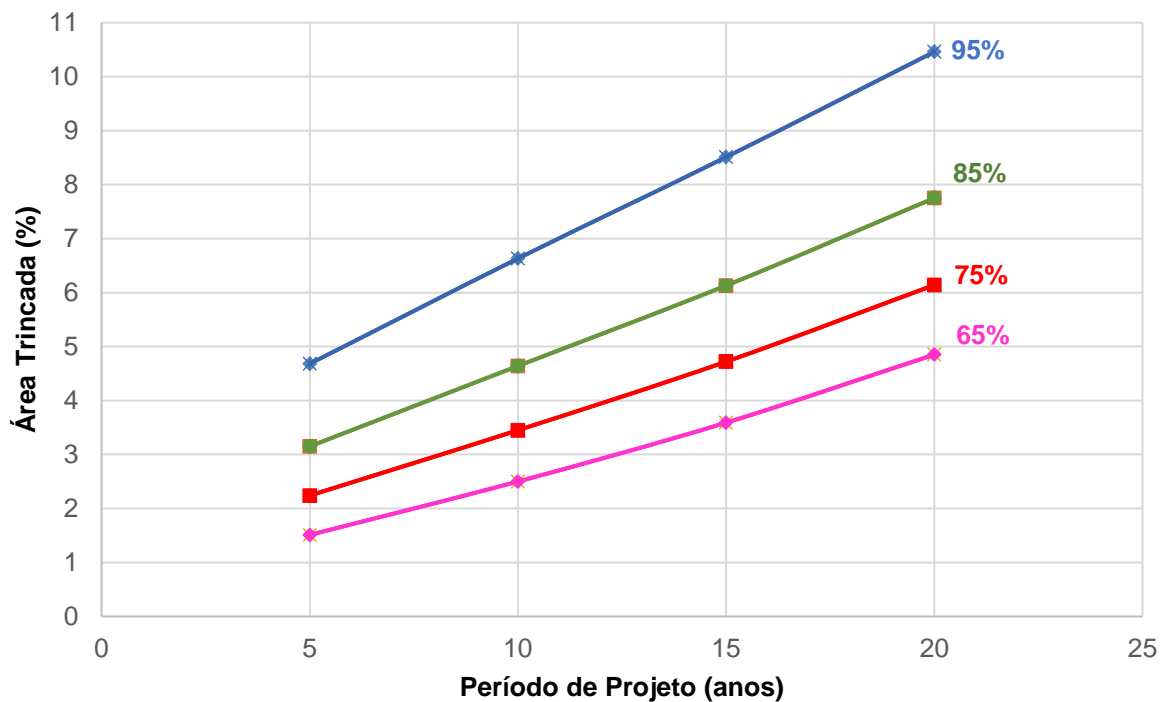
que, para um mesmo período de projeto, quando se aumenta a confiabilidade, a porcentagem de área trincada da estrutura também cresce. Para a estrutura dimensionada na situação mais crítica da análise, ou seja, quando o período de projeto é de 20 anos e a confiabilidade é de 95%, a estrutura tem uma área trincada de 10,46%, o que se entende como uma porcentagem relativamente pequena de área trincada, visto que a área trincada máxima admitida até a ruptura do pavimento é de 30%. Nessa análise o pavimento apresenta cerca de 34,9% do valor máximo admitido para a área trincada, sendo assim, o pavimento não rompe com as condições determinadas.

Tabela 4.6 – Resultado da variação da confiabilidade e do período de projeto na estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa

Período de projeto (anos)	Tipo de via	Confiabilidade (%)	Área Trincada (%)	Deformação Permanente (mm)	N equivalente	Custo/N por km
5	Arterial Principal	95	4,68	5,59	3,66E+05	R\$ 1,27
5	Arterial Primário	85	3,15	4,66	3,66E+05	R\$ 1,27
5	Arterial Secundário	75	2,24	4,10	3,66E+05	R\$ 1,27
5	Coletor Primário	85	3,15	4,66	3,66E+05	R\$ 1,27
5	Coletor Secundário	75	2,24	4,10	3,66E+05	R\$ 1,27
5	Local	65	1,51	3,66	3,66E+05	R\$ 1,27
10	Arterial Principal	95	6,63	5,85	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Arterial Primário	85	4,64	4,88	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Arterial Secundário	75	3,45	4,30	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Coletor Primário	85	4,64	4,88	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Coletor Secundário	75	3,45	4,30	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Local	65	2,50	3,83	7,32E+05	R\$ 0,63
15	Arterial Principal	95	8,51	6,01	1,10E+06	R\$ 0,42
15	Arterial Primário	85	6,13	5,01	1,10E+06	R\$ 0,42
15	Arterial Secundário	75	4,72	4,41	1,10E+06	R\$ 0,42
15	Coletor Primário	85	6,13	5,01	1,10E+06	R\$ 0,42
15	Coletor Secundário	75	4,72	4,41	1,10E+06	R\$ 0,42
15	Local	65	3,59	3,94	1,10E+06	R\$ 0,42
20	Arterial Principal	95	10,46	6,13	1,46E+06	R\$ 0,32
20	Arterial Primário	85	7,75	5,11	1,46E+06	R\$ 0,32
20	Arterial Secundário	75	6,14	4,50	1,46E+06	R\$ 0,32
20	Coletor Primário	85	7,75	5,11	1,46E+06	R\$ 0,32
20	Coletor Secundário	75	6,14	4,50	1,46E+06	R\$ 0,32
20	Local	65	4,85	4,01	1,46E+06	R\$ 0,32

Fonte: Autora.

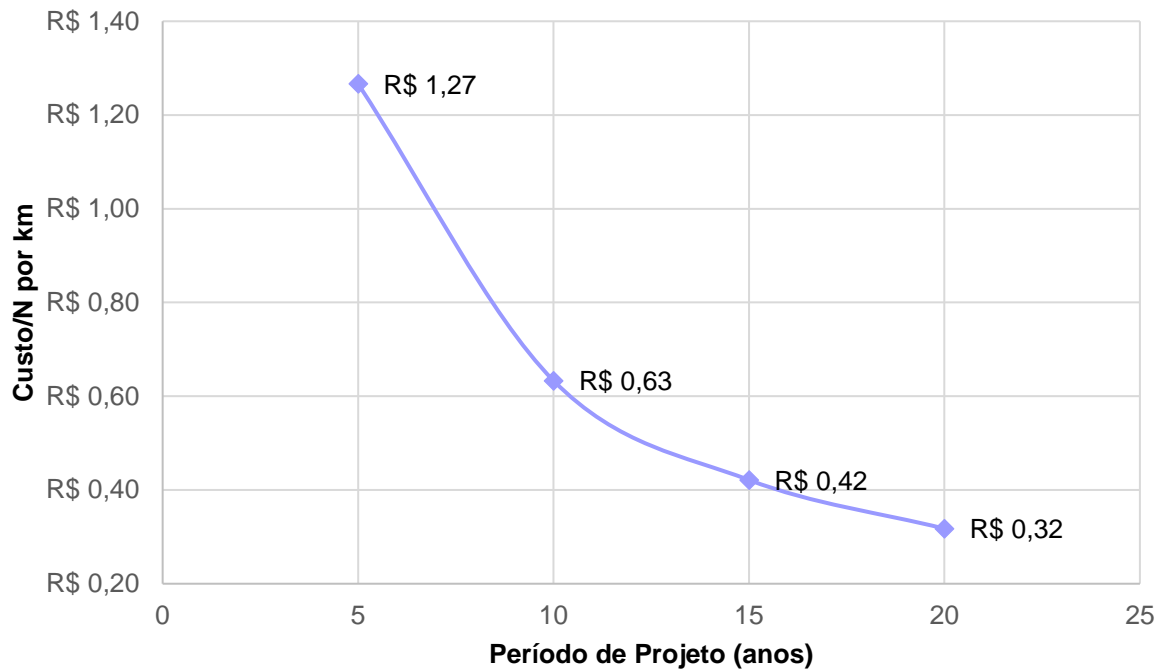
Figura 4.26 – Período de projeto e área trincada em função da confiabilidade estabelecida



Fonte: Autora.

A Figura 4.27 relaciona a variação do custo por N por quilômetro de rodovia com o período de projeto. Nessa análise foi possível concluir que o custo por N é inversamente proporcional ao período de projeto, ou seja, quanto maior o período de projeto menor é o custo por N para um quilômetro de rodovia implantada. Conforme dito anteriormente, a estrutura foi dimensionada adotando espessura de revestimento maior que a necessária, assim, o pavimento suporta o N estipulado tanto para o período de projeto de 5 anos, quanto para o período de projeto de 20 anos. Pelo fato do N no período de 20 anos ser maior e o custo das estruturas iguais, tem-se o custo por N para 20 anos inferior ao custo por N para os períodos menores.

Figura 4.27 – Comparação do Custo/N com período de projeto



Fonte: Autora.

Diante dos dados da primeira análise de sensibilidade, foi realizada uma nova tentativa para determinar com quanto tempo o pavimento iria romper, considerando o tráfego e período de projeto estipulados. Nesta etapa, a análise foi realizada considerando o VDM como o dobro do calculado para o tráfego em estudo. Isso foi admitido pois o software MeDiNa dimensiona para um período de projeto máximo de 20 anos e o objetivo é descobrir quanto tempo a mais o pavimento suportaria as solicitações do tráfego.

Assim como na primeira análise, a estrutura do pavimento composta por reforço do subleito e dimensionada com o auxílio do software foi analisada, variando o período de projeto a cada 5 anos e também o tipo de via, ou seja, a confiabilidade do dimensionamento. Manteve-se as espessuras das camadas da estrutura e modificou-se o N anual total que passou de $7,32 \times 10^5$ para $14,64 \times 10^5$. Diante disso, foi verificada a área trincada, a deformação permanente e o N equivalente para cada situação e os dados resultantes da análise estão apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Resultado da análise para a estrutura com reforço do subleito dimensionada com o MeDiNa considerando o dobro do tráfego

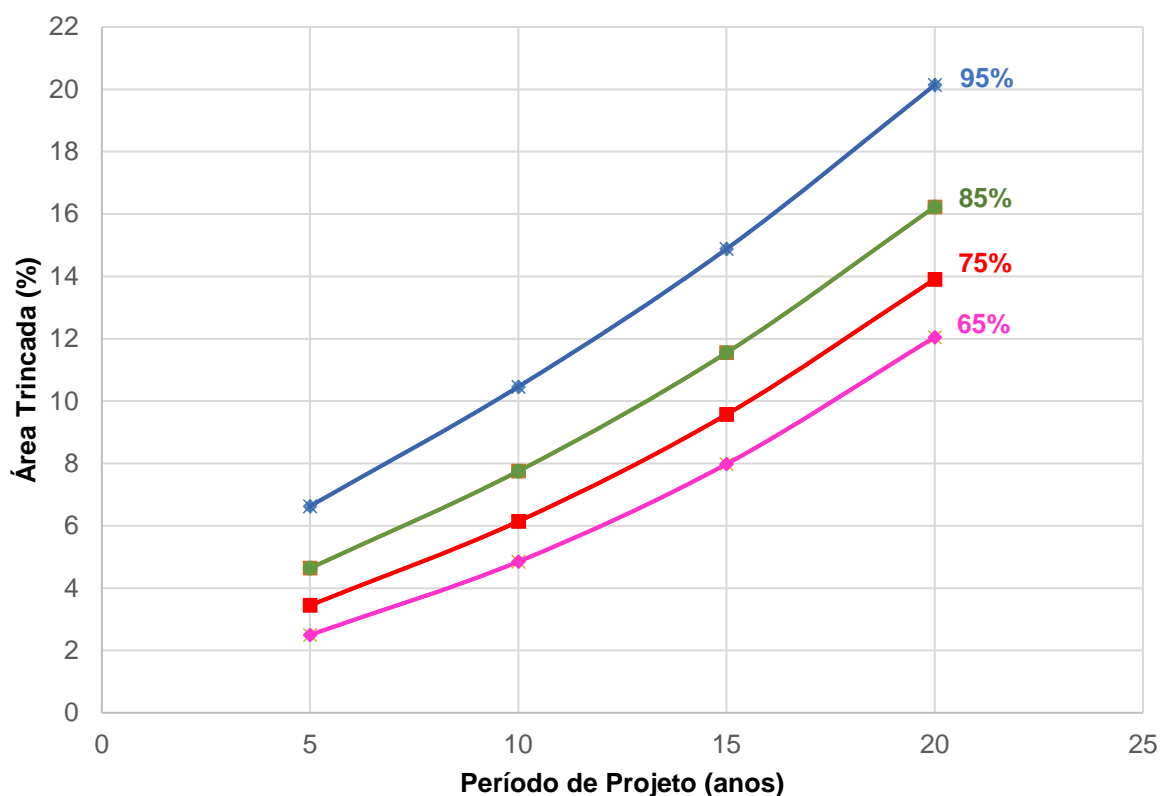
Período de projeto (anos)	Tipo de via	Confiabilidade (%)	Área Trincada (%)	Deformação Permanente (mm)	N equivalente	Custo/N por km
5	Arterial Principal	95	6,63	5,85	7,32E+05	R\$ 0,63
5	Arterial Primário	85	4,64	4,88	7,32E+05	R\$ 0,63
5	Arterial Secundário	75	3,45	4,30	7,32E+05	R\$ 0,63
5	Coletor Primário	85	4,64	4,88	7,32E+05	R\$ 0,63
5	Coletor Secundário	75	3,45	4,30	7,32E+05	R\$ 0,63
5	Local	65	2,50	3,83	7,32E+05	R\$ 0,63
10	Arterial Principal	95	10,46	6,13	1,46E+06	R\$ 0,32
10	Arterial Primário	85	7,75	5,11	1,46E+06	R\$ 0,32
10	Arterial Secundário	75	6,14	4,50	1,46E+06	R\$ 0,32
10	Coletor Primário	85	7,75	5,11	1,46E+06	R\$ 0,32
10	Coletor Secundário	75	6,14	4,50	1,46E+06	R\$ 0,32
10	Local	65	4,85	4,01	1,46E+06	R\$ 0,32
15	Arterial Principal	95	14,88	6,30	2,20E+06	R\$ 0,21
15	Arterial Primário	85	11,55	5,24	2,20E+06	R\$ 0,21
15	Arterial Secundário	75	9,57	4,62	2,20E+06	R\$ 0,21
15	Coletor Primário	85	11,55	5,24	2,20E+06	R\$ 0,21
15	Coletor Secundário	75	9,57	4,62	2,20E+06	R\$ 0,21
15	Local	65	7,98	4,12	2,20E+06	R\$ 0,21
20	Arterial Principal	95	20,14	6,42	2,93E+06	R\$ 0,16
20	Arterial Primário	85	16,23	5,35	2,93E+06	R\$ 0,16
20	Arterial Secundário	75	13,91	4,71	2,93E+06	R\$ 0,16
20	Coletor Primário	85	16,23	5,35	2,93E+06	R\$ 0,16
20	Coletor Secundário	75	13,91	4,71	2,93E+06	R\$ 0,16
20	Local	65	12,05	4,20	2,93E+06	R\$ 0,16

Fonte: Autora.

Através do resultado da análise percebe-se que novamente a estrutura não

rompeu, já que a área trincada máxima atingida foi de 20,14% e a respectiva deformação permanente de 6,42 mm, ou seja, a estrutura dimensionada suportaria no mínimo 40 anos sem atingir a ruptura, considerando apenas a área trincada e a deformação permanente. Conforme a Figura 4.28 percebe-se que, assim como para a primeira análise, para um mesmo período de projeto, ao aumentar a confiabilidade, a porcentagem de área trincada da estrutura também cresce e para o período de projeto de 20 anos e a confiabilidade de 95% tem-se a maior área trincada.

Figura 4.28 – Período de projeto e área trincada em função da confiabilidade

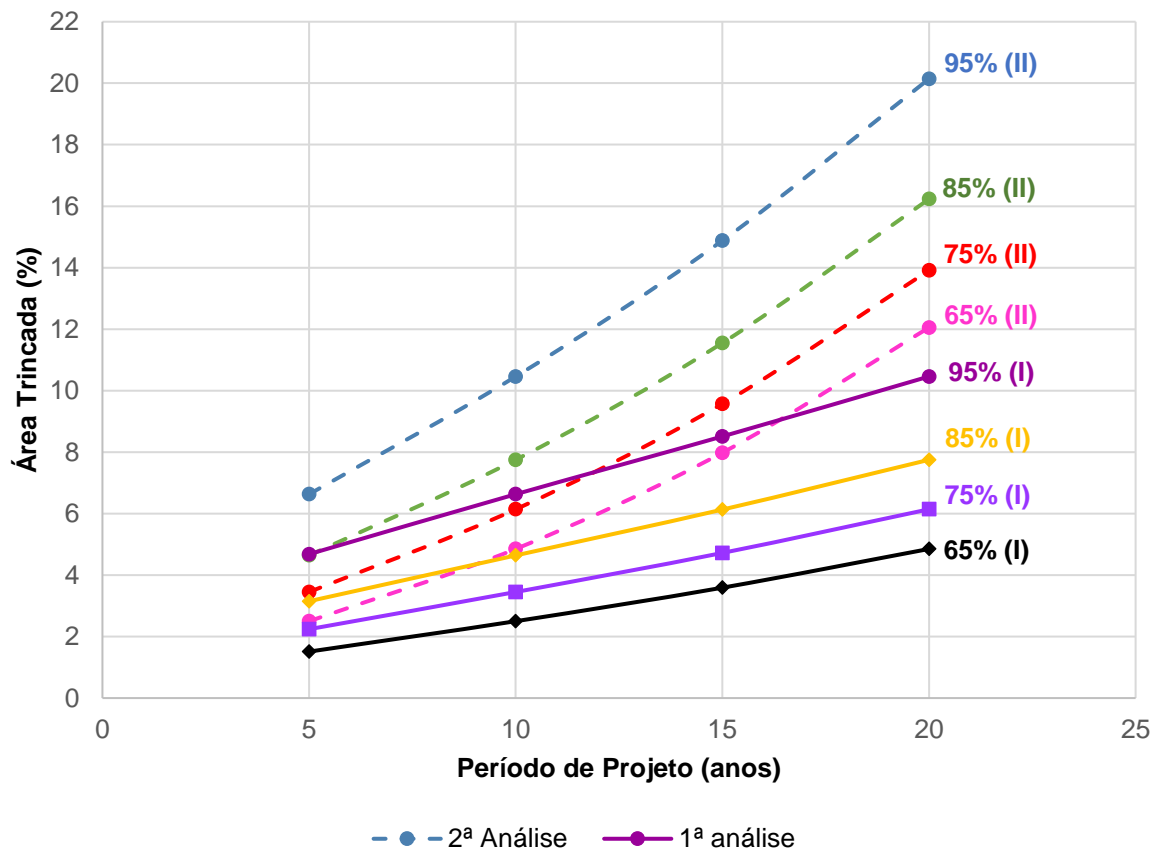


Fonte: Autora.

Conforme a Figura 4.29, ao comparar os gráficos das Figuras 4.26 e 4.28, percebe-se que os dados da primeira análise, ou seja, as linhas contínuas, aproximam-se à equações lineares, porém, já na segunda análise, no gráfico apresentada com linhas tracejadas, tendem à equações exponenciais. Também é possível visualizar que, para o período de projeto de 5 anos, para todos os níveis de confiabilidade, não há uma grande defasagem de valores entre a primeira e a segunda

análise, entretanto, isso corre quando o período de projeto é de 20 anos, onde a diferença entre valores é de pelo menos o dobro.

Figura 4.29 – Comparação entre a primeira e a segunda análise considerando a área trincada e o período de projeto

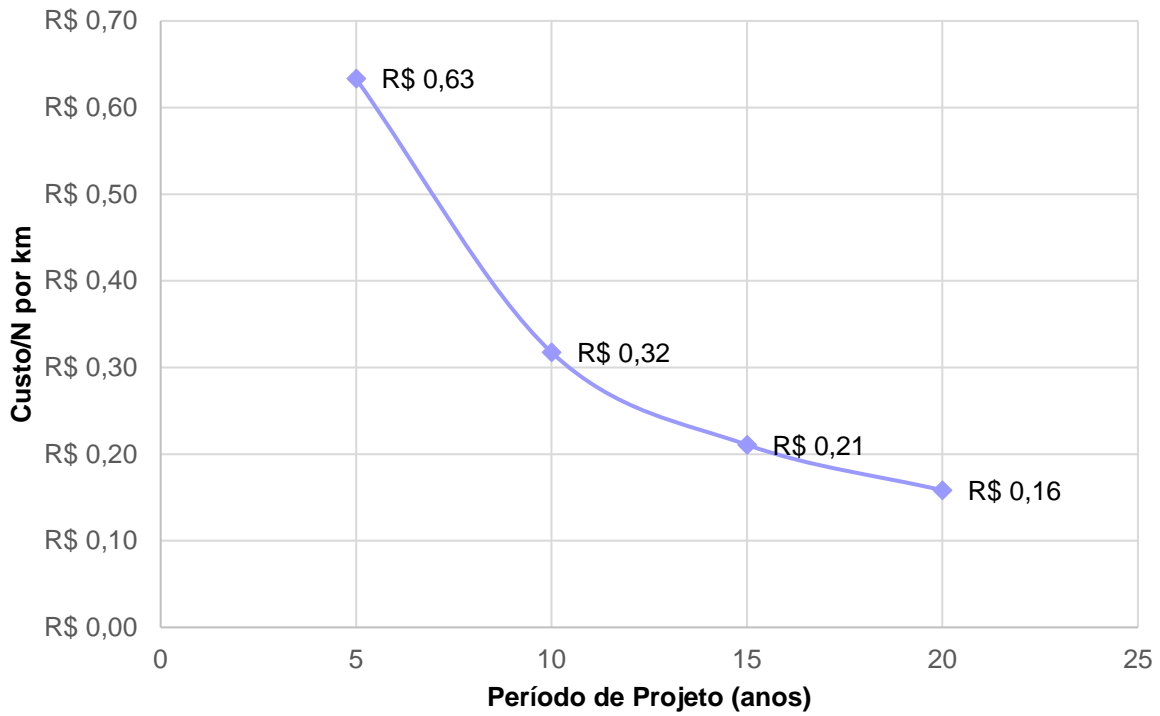


Fonte: Autora.

A Figura 4.30 relaciona a variação do custo por N por quilômetro de rodovia com o período de projeto para a segunda análise realizada. Da mesma maneira que anteriormente, conclui-se que o custo por N é inversamente proporcional ao período de projeto, isto é, quanto maior o período de projeto menor é o custo por N para um quilômetro de rodovia implantada. O menor custo por N ocorre quando o período de projeto é de 20 anos, isto ocorre devido ao N suportado no período de 20 anos ser maior que o equivalente para os demais períodos, já que o custo da estrutura não se altera. Ao comparar com a variação do custo por N resultante da primeira análise percebe-se que os valores diminuíram pela metade, o que pode ser explicado devido ao fato do N anual total ter sido considerado para essa análise como o dobro do valor

admitido na primeira verificação, logo, o pavimento suportou o dobro do tráfego, diminuindo o custo final da estrutura.

Figura 4.30 – Comparação do Custo/N com período de projeto



Fonte: Autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo principal comparar o atual método de dimensionamento de pavimentos asfálticos, o Método do DNER e o recente e pouco conhecido software MeDiNa v1.0.2.1, que apresenta o Novo Método de Dimensionamento Nacional através da análise técnico-econômica com a utilização de orçamentos realizados com o Novo SICRO.

Com os dimensionamentos realizados através do Método do DNER, um método empírico, foi possível observar que é uma ferramenta de fácil utilização, porém não fornece uma previsão de desempenho da estrutura e, então, através dele, não se pode determinar se a estrutura dimensionada irá suportar ou não o tráfego e o período de projeto estipulado, apenas sabe-se que os critérios para que não ocorra a ruptura foram atendidos.

No caso dos dimensionamentos executados com o Novo Método de Dimensionamento Nacional, um método mecanístico-empírico, é possível observar um dimensionamento mais criterioso, que leva em consideração o módulo de resiliência do material adotado para as camadas, a granulometria do material, o clima do local, permite conhecer o desempenho dos pavimentos ao longo do tempo e, como consequência, forneceu ao trabalho um dimensionamento mais eficiente. Nesse método é considerada a fadiga e a deformação permanente que são fatores determinantes para as condições de boa utilização do pavimento.

Em relação ao Sistema de Custos Referenciais de Obras, o SICRO, é possível perceber a importância de um manual em constante atualização, que possui os custos referenciados para cada estado e contribui para uma obra com orçamento melhor planejado. O SICRO conta com diversos manuais que explicam com clareza a grande variedade de composições de custos, o que facilita o entendimento do profissional, impactando diretamente no orçamento da obra.

Ao realizar as comparações entre os métodos por meio dos orçamentos ficou evidente a importância do método mecanístico-empírico. Foram desenvolvidas análises com base no custo por N para implantação de um quilômetro de rodovia e, para a estrutura composta por reforço do subleito, entre os dois métodos de dimensionamento foi observada uma diferença no custo de 11%. Com isso, percebe-

se que para uma rodovia onde o pavimento de menor custo suporta o tráfego no período de projeto estipulado, não se faz necessário o investimento de mais recursos pois causaria superdimensionamento do pavimento e maior custo de implantação ao contratante. Além disso, no caso de estudo do trabalho, a estrutura poderia ser executada com uma espessura menor de revestimento se o software admitisse o dimensionamento com um menor valor, o que causaria uma defasagem ainda maior quando comparado o custo com a estrutura dimensionada pelo método empírico.

Por meio do software MeDiNa foi possível analisar as estruturas dimensionadas pelo método do DNER e observou-se que ambas estruturas suportariam o tráfego calculado com uma área trincada e deformação permanente extremamente abaixo dos limites indicados e, com isso, ficou claro que o método gera um custo elevado para um pavimento que não necessita de tamanho investimento. Porém, mesmo considerando o custo mais elevado em relação ao MeDiNa, o método do DNER também é válido já que atende aos critérios do dimensionamento.

Na análise de sensibilidade procurou-se conhecer o comportamento da estrutura mediante algumas alterações nas características impostas para o dimensionamento. Foi analisada a influência da confiabilidade e do período de projeto na estrutura. Primeiramente optou-se por fixar o período de projeto e variar o tipo de via, ou seja, o nível de confiabilidade do dimensionamento. A estrutura foi avaliada com as confiabilidades de 65%, 75%, 85% e 95% e verificou-se que conforme o nível de confiabilidade aumenta a área trincada do pavimento aumenta, ou seja, diminui a durabilidade. Logo depois, o período de projeto também foi alterado e o pavimento foi investigado para os períodos de 5, 10, 15 e 20 anos concluindo-se que a medida que aumenta o período de projeto, para a estrutura estudada, diminui o custo por N para um quilômetro de rodovia implantada.

De acordo com a análise de sensibilidade foi possível concluir que o pavimento dimensionado com o auxílio do software MeDiNa poderia suportar pelo menos o dobro do período de projeto para o qual foi calculado, já que o tráfego imposto é pequeno para as características determinadas à estrutura.

Através do estudo apresentado neste trabalho, pode-se perceber a importância de inovações como o software MeDiNa e o novo SICRO. O MeDiNa, além de trazer dimensionamentos mais precisos, pode analisar os mesmos realizados pelo Método do DNER e determinar se a estrutura está apenas garantindo a proteção contra a ruptura ou se suporta também o tráfego e o período de projeto estipulados. O MeDiNa

aliado com o novo SICRO fornecem um grande avanço para a engenharia rodoviária, pois mediante essas ferramentas os projetistas e orçamentistas ganham exatidão e, conseqüentemente, maior qualidade em seus projetos, além de diminuir custos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se que em trabalhos futuros seja realizado um dimensionamento com o MeDiNa para uma rodovia de tráfego médio, utilizando outras ferramentas disponibilizadas pelo software como inserir materiais da região. Após, realizar o orçamento utilizando o Novo SICRO e, então, realizar uma análise de sensibilidade variando a espessura e o tipo de concreto asfáltico para verificar o impacto que essas mudanças causam no orçamento e no comportamento do pavimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Tabela de preços materiais asfálticos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao>>. Acesso em set.2018.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington, D.C., 1993.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, ABDEA, 2008.

BEZERRA NETO, R.S. **Análise Comparativa de Pavimentos Dimensionados através dos Métodos Empírico do DNER e Mecanístico e Proposta de um Catálogo Simplificado de Pavimentos para a Região de Campo Grande (MS)**. 2004. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia São Carlos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

CASSOL, V. **Fundamentos Básicos de Orçamentação Constante no Novo SICRO**. 2018. 85p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Plano CNT de Transporte e Logística 2018**. Disponível em: <<http://planotransporte.cnt.org.br/>>. Acesso em 07 mar. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Relatório Geral de Pesquisa CNT de Rodovias 2018**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>>. Acesso em 01 mar. 2018.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Projeto de Engenharia de Restauração e Manutenção de Rodovias Estaduais – CREMA RS (lote 2). ERS 511**. DAER 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Conservação Rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. 1. ed. Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT).

Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT).

Manual de Sinalização Rodoviária. 3. ed. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.** Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT).

Relatório Analítico das Composições de Custos – maio de 2018, versão Rio Grande do Sul. 1. ed. Brasília, 2017.

FERNANDES, W. D. **Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil e o método da AASHTO.** 2016. 169 p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FRANCO, F. A. C. de P. **Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SisPav.** 2007. 294p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MABONI, P. **Avaliação das soluções de restauração da RSC 287 a partir da análise mecanicista.** 2018. 81p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos.** Rio de Janeiro: Editora UFRJ, RJ, 1997.

MOTTA, L. M. G. **Noções de Mecânica dos Pavimentos.** Laboratório de Geotecnia – Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

NÚÑEZ, W. P. **Análise Experimental de Pavimentos Rodoviários com Basaltos Alterados.** 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

QUADROS, M.G. **Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos com o Método Mecanístico-Empírico: Uso do Novo Método de Dimensionamento Nacional.** 2018. 120p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

SÁNCHEZ, L. H.; FERNANDES JR, J. L. **Análise Estrutural de Pavimentos Flexíveis através do Conceito de Confiabilidade e do Método de Elementos Finitos.** CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTES DA ANPET, 29. Ouro Preto: ANPET, MG, 2015.

SANTOS, C. R. G. **Dimensionamento e Análise do Ciclo de Vida de Pavimentos Rodoviários: Uma Abordagem Probabilística.** Tese de Doutorado EP. USP. São Paulo, SP, 2011.

SENÇO, W. **Pavimentação.** São Paulo, Grêmio Politécnico, 1978.

**APÊNDICE A – DANOS NA ESTRUTURA DE SUB-BASE DIMENSIONADA PELO
MeDiNa**

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,100E+03	0,44	2,90
2	1,220E+04	0,55	3,05
3	1,830E+04	0,64	3,15
4	2,440E+04	0,71	3,22
5	3,050E+04	0,77	3,28
6	3,660E+04	0,82	3,32
7	4,270E+04	0,87	3,36
8	4,880E+04	0,91	3,40
9	5,490E+04	0,96	3,43
10	6,100E+04	1,00	3,46
11	6,710E+04	1,03	3,48
12	7,320E+04	1,07	3,51
13	7,930E+04	1,11	3,53
14	8,540E+04	1,14	3,55
15	9,150E+04	1,17	3,57
16	9,760E+04	1,20	3,59
17	1,037E+05	1,23	3,60
18	1,098E+05	1,26	3,62
19	1,159E+05	1,29	3,63
20	1,220E+05	1,32	3,65
21	1,281E+05	1,35	3,66
22	1,342E+05	1,38	3,67
23	1,403E+05	1,41	3,69
24	1,464E+05	1,43	3,70
25	1,525E+05	1,46	3,71
26	1,586E+05	1,48	3,72
27	1,647E+05	1,51	3,73
28	1,708E+05	1,53	3,74
29	1,769E+05	1,56	3,75
30	1,830E+05	1,58	3,76
31	1,891E+05	1,61	3,77
32	1,952E+05	1,63	3,78
33	2,013E+05	1,66	3,79
34	2,074E+05	1,68	3,80
35	2,135E+05	1,70	3,81
36	2,196E+05	1,73	3,82
37	2,257E+05	1,75	3,83
38	2,318E+05	1,77	3,83

(continuação)

39	2,379E+05	1,80	3,84
40	2,440E+05	1,82	3,85
41	2,501E+05	1,84	3,86
42	2,562E+05	1,86	3,86
43	2,623E+05	1,88	3,87
44	2,684E+05	1,91	3,88
45	2,745E+05	1,93	3,88
46	2,806E+05	1,95	3,89
47	2,867E+05	1,97	3,90
48	2,928E+05	1,99	3,90
49	2,989E+05	2,02	3,91
50	3,050E+05	2,04	3,92
51	3,111E+05	2,06	3,92
52	3,172E+05	2,08	3,93
53	3,233E+05	2,10	3,93
54	3,294E+05	2,12	3,94
55	3,355E+05	2,14	3,94
56	3,416E+05	2,16	3,95
57	3,477E+05	2,18	3,96
58	3,538E+05	2,21	3,96
59	3,599E+05	2,23	3,97
60	3,660E+05	2,25	3,97
61	3,721E+05	2,27	3,98
62	3,782E+05	2,29	3,98
63	3,843E+05	2,31	3,99
64	3,904E+05	2,33	3,99
65	3,965E+05	2,35	4,00
66	4,026E+05	2,37	4,00
67	4,087E+05	2,39	4,01
68	4,148E+05	2,41	4,01
69	4,209E+05	2,43	4,01
70	4,270E+05	2,45	4,02
71	4,331E+05	2,47	4,02
72	4,392E+05	2,49	4,03
73	4,453E+05	2,51	4,03
74	4,514E+05	2,53	4,04
75	4,575E+05	2,55	4,04
76	4,636E+05	2,57	4,04
77	4,697E+05	2,59	4,05
78	4,758E+05	2,61	4,05
79	4,819E+05	2,63	4,06
80	4,880E+05	2,65	4,06
81	4,941E+05	2,67	4,06
82	5,002E+05	2,69	4,07
83	5,063E+05	1,80	4,07

(conclusão)

84	5,124E+05	2,73	4,08
85	5,246E+05	2,75	4,08
86	5,307E+05	2,77	4,08
87	5,368E+05	2,79	4,09
88	5,429E+05	2,81	4,09
89	5,490E+05	2,83	4,09
90	5,551E+05	2,85	4,10
91	5,612E+05	2,87	4,10
92	5,673E+05	2,89	4,10
93	5,734E+05	2,92	4,11
94	5,795E+05	2,94	4,11
95	5,856E+05	2,96	4,12
96	5,917E+05	2,98	4,12
97	5,978E+05	3,00	4,12
98	6,039E+05	3,02	4,13
99	6,100E+05	3,04	4,13
100	6,161E+05	3,06	4,13
101	6,222E+05	3,08	4,13
102	6,283E+05	3,10	4,14
103	6,344E+05	3,12	4,14
104	6,405E+05	3,14	4,14
105	6,466E+05	3,16	4,15
106	6,527E+05	3,18	4,15
107	6,588E+05	3,20	4,15
108	6,649E+05	3,22	4,16
109	6,710E+05	3,24	4,16
110	6,771E+05	3,26	4,16
111	6,832E+05	3,28	4,17
112	6,893E+05	3,30	4,17
113	6,954E+05	3,32	4,17
114	7,015E+05	3,34	4,17
115	7,076E+05	3,36	4,18
116	7,137E+05	3,38	4,18
117	7,198E+05	3,40	4,18
118	7,259E+05	3,42	4,18
119	7,320E+05	3,44	4,19
120	5,246E+05	3,46	4,19

**APÊNDICE B – DANOS NA ESTRUTURA DE REFORÇO DO SUBLEITO
DIMENSIONADA PELO MeDiNa**

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,100E+03	0,44	3,15
2	1,220E+04	0,55	3,29
3	1,830E+04	0,64	3,38
4	2,440E+04	0,71	3,44
5	3,050E+04	0,77	3,49
6	3,660E+04	0,82	3,54
7	4,270E+04	0,87	3,57
8	4,880E+04	0,91	3,60
9	5,490E+04	0,95	3,63
10	6,100E+04	0,99	3,65
11	6,710E+04	1,03	3,68
12	7,320E+04	1,07	3,70
13	7,930E+04	1,10	3,72
14	8,540E+04	1,14	3,73
15	9,150E+04	1,17	3,75
16	9,760E+04	1,20	3,77
17	1,037E+05	1,23	3,78
18	1,098E+05	1,26	3,80
19	1,159E+05	1,29	3,81
20	1,220E+05	1,32	3,82
21	1,281E+05	1,35	3,83
22	1,342E+05	1,37	3,85
23	1,403E+05	1,40	3,86
24	1,464E+05	1,43	3,87
25	1,525E+05	1,45	3,88
26	1,586E+05	1,48	3,89
27	1,647E+05	1,51	3,90
28	1,708E+05	1,53	3,91
29	1,769E+05	1,56	3,91
30	1,830E+05	1,58	3,92
31	1,891E+05	1,60	3,93
32	1,952E+05	1,63	3,94
33	2,013E+05	1,65	3,95
34	2,074E+05	1,68	3,96
35	2,135E+05	1,70	3,96
36	2,196E+05	1,72	3,97
37	2,257E+05	1,74	3,98
38	2,318E+05	1,77	3,98
39	2,379E+05	1,79	3,99
40	2,440E+05	1,81	4,00

(continuação)

41	2,501E+05	1,83	4,00
42	2,562E+05	1,86	4,01
43	2,623E+05	1,88	4,02
44	2,684E+05	1,90	4,02
45	2,745E+05	1,92	4,03
46	2,806E+05	1,94	4,03
47	2,867E+05	1,97	4,04
48	2,928E+05	1,99	4,05
49	2,989E+05	2,01	4,05
50	3,050E+05	2,03	4,06
51	3,111E+05	2,05	4,06
52	3,172E+05	2,07	4,07
53	3,233E+05	2,09	4,07
54	3,294E+05	2,11	4,08
55	3,355E+05	2,14	4,08
56	3,416E+05	2,16	4,09
57	3,477E+05	2,18	4,09
58	3,538E+05	2,20	4,10
59	3,599E+05	2,22	4,10
60	3,660E+05	2,24	4,10
61	3,721E+05	2,26	4,11
62	3,782E+05	2,28	4,11
63	3,843E+05	2,30	4,12
64	3,904E+05	2,32	4,12
65	3,965E+05	2,34	4,13
66	4,026E+05	2,36	4,13
67	4,087E+05	2,38	4,13
68	4,148E+05	2,40	4,14
69	4,209E+05	2,42	4,14
70	4,270E+05	2,44	4,15
71	4,331E+05	2,46	4,15
72	4,392E+05	2,48	4,15
73	4,453E+05	2,50	4,16
74	4,514E+05	2,52	4,16
75	4,575E+05	2,54	4,17
76	4,636E+05	2,56	4,17
77	4,697E+05	2,58	4,17
78	4,758E+05	2,60	4,18
79	4,819E+05	2,62	4,18
80	4,880E+05	2,64	4,18
81	4,941E+05	2,66	4,19
82	5,002E+05	2,68	4,19
83	5,063E+05	2,70	4,19
84	5,124E+05	2,72	4,20

(conclusão)

85	5,185E+05	2,74	4,20
86	5,246E+05	2,76	4,20
87	5,307E+05	2,78	4,21
88	5,368E+05	2,80	4,21
89	5,429E+05	2,82	4,21
90	5,490E+05	2,84	4,22
91	5,551E+05	2,86	4,22
92	5,612E+05	2,88	4,22
93	5,673E+05	2,90	4,22
94	5,734E+05	2,92	4,23
95	5,795E+05	2,94	4,23
96	5,856E+05	2,96	4,23
97	5,917E+05	2,98	4,24
98	5,978E+05	3,00	4,24
99	6,039E+05	3,02	4,24
100	6,100E+05	3,04	4,24
101	6,161E+05	3,06	4,25
102	6,222E+05	3,08	4,25
103	6,283E+05	3,10	4,25
104	6,344E+05	3,12	4,26
105	6,405E+05	3,14	4,26
106	6,466E+05	3,16	4,26
107	6,527E+05	3,18	4,26
108	6,588E+05	3,20	4,27
109	6,649E+05	3,22	4,27
110	6,710E+05	3,24	4,27
111	6,771E+05	3,26	4,27
112	6,832E+05	3,28	4,28
113	6,893E+05	3,30	4,28
114	6,954E+05	3,32	4,28
115	7,015E+05	3,34	4,28
116	7,076E+05	3,37	4,29
117	7,137E+05	3,39	4,29
118	7,198E+05	3,41	4,29
119	7,259E+05	3,43	4,29
120	7,320E+05	3,45	4,30

**APÊNDICE C – DANOS NA ESTRUTURA DE SUB-BASE VERIFICADA PELO
MeDiNa**

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,100E+03	0,42	3,09
2	1,220E+04	0,54	3,27
3	1,830E+04	0,62	3,38
4	2,440E+04	0,69	3,46
5	3,050E+04	0,74	3,52
6	3,660E+04	0,80	3,57
7	4,270E+04	0,84	3,61
8	4,880E+04	0,89	3,65
9	5,490E+04	0,93	3,69
10	6,100E+04	0,96	3,72
11	6,710E+04	1,00	3,75
12	7,320E+04	1,03	3,77
13	7,930E+04	1,07	3,80
14	8,540E+04	1,10	3,82
15	9,150E+04	1,13	3,84
16	9,760E+04	1,16	3,86
17	1,037E+05	1,19	3,88
18	1,098E+05	1,22	3,90
19	1,159E+05	1,25	3,91
20	1,220E+05	1,27	3,93
21	1,281E+05	1,30	3,94
22	1,342E+05	1,33	3,96
23	1,403E+05	1,35	3,97
24	1,464E+05	1,38	3,99
25	1,525E+05	1,40	4,00
26	1,586E+05	1,43	4,01
27	1,647E+05	1,45	4,02
28	1,708E+05	1,48	4,04
29	1,769E+05	1,50	4,05
30	1,830E+05	1,52	4,06
31	1,891E+05	1,55	4,07
32	1,952E+05	1,57	4,08
33	2,013E+05	1,59	4,09
34	2,074E+05	1,61	4,10
35	2,135E+05	1,63	4,11
36	2,196E+05	1,66	4,12
37	2,257E+05	1,68	4,13
38	2,318E+05	1,70	4,14
39	2,379E+05	1,72	4,15
40	2,440E+05	1,74	4,15

(continuação)

41	2,501E+05	1,76	4,16
42	2,562E+05	1,78	4,17
43	2,623E+05	1,81	4,18
44	2,684E+05	1,83	4,19
45	2,745E+05	1,85	4,19
46	2,806E+05	1,87	4,20
47	2,867E+05	1,89	4,21
48	2,928E+05	1,91	4,21
49	2,989E+05	1,93	4,22
50	3,050E+05	1,95	4,23
51	3,111E+05	1,97	4,24
52	3,172E+05	1,99	4,24
53	3,233E+05	2,01	4,25
54	3,294E+05	2,03	4,25
55	3,355E+05	2,05	4,26
56	3,416E+05	2,07	4,27
57	3,477E+05	2,08	4,27
58	3,538E+05	2,10	4,28
59	3,599E+05	2,12	4,28
60	3,660E+05	2,14	4,29
61	3,721E+05	2,16	4,30
62	3,782E+05	2,18	4,30
63	3,843E+05	2,20	4,31
64	3,904E+05	2,22	4,31
65	3,965E+05	2,24	4,32
66	4,026E+05	2,26	4,32
67	4,087E+05	2,28	4,33
68	4,148E+05	2,30	4,33
69	4,209E+05	2,31	4,34
70	4,270E+05	2,33	4,34
71	4,331E+05	2,35	4,35
72	4,392E+05	2,37	4,35
73	4,453E+05	2,39	4,36
74	4,514E+05	2,41	4,36
75	4,575E+05	2,43	4,37
76	4,636E+05	2,45	4,37
77	4,697E+05	2,46	4,38
78	4,758E+05	2,48	4,38
79	4,819E+05	2,50	4,39
80	4,880E+05	2,52	4,39
81	4,941E+05	2,54	4,40
82	5,002E+05	2,56	4,40
83	5,063E+05	2,58	4,40
84	5,124E+05	2,59	4,41

(conclusão)

85	5,185E+05	2,61	4,41
86	5,246E+05	2,63	4,42
87	5,307E+05	2,65	4,42
88	5,368E+05	2,67	4,42
89	5,429E+05	2,69	4,43
90	5,490E+05	2,70	4,43
91	5,551E+05	2,72	4,44
92	5,612E+05	2,74	4,44
93	5,673E+05	2,76	4,44
94	5,734E+05	2,78	4,45
95	5,795E+05	2,80	4,45
96	5,856E+05	2,82	4,46
97	5,917E+05	2,83	4,46
98	5,978E+05	2,85	4,46
99	6,039E+05	2,87	4,47
100	6,100E+05	2,89	4,47
101	6,161E+05	2,91	4,47
102	6,222E+05	2,93	4,48
103	6,283E+05	2,94	4,48
104	6,344E+05	2,96	4,48
105	6,405E+05	2,98	4,49
106	6,466E+05	3,00	4,49
107	6,527E+05	3,02	4,49
108	6,588E+05	3,04	4,50
109	6,649E+05	3,05	4,50
110	6,710E+05	3,07	4,50
111	6,771E+05	3,09	4,51
112	6,832E+05	3,11	4,51
113	6,893E+05	3,13	4,51
114	6,954E+05	3,15	4,52
115	7,015E+05	3,17	4,52
116	7,076E+05	3,18	4,52
117	7,137E+05	3,20	4,53
118	7,198E+05	3,22	4,53
119	7,259E+05	3,24	4,53
120	7,320E+05	3,26	4,54

**APÊNDICE D – DANOS NA ESTRUTURA DE REFORÇO DO SUBLEITO
VERIFICADA PELO MeDiNa**

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,100E+03	0,44	2,90
2	1,220E+04	0,55	3,05
3	1,830E+04	0,64	3,15
4	2,440E+04	0,71	3,22
5	3,050E+04	0,77	3,28
6	3,660E+04	0,82	3,32
7	4,270E+04	0,87	3,36
8	4,880E+04	0,91	3,40
9	5,490E+04	0,96	3,43
10	6,100E+04	1,00	3,46
11	6,710E+04	1,03	3,48
12	7,320E+04	1,07	3,51
13	7,930E+04	1,11	3,53
14	8,540E+04	1,14	3,55
15	9,150E+04	1,17	3,57
16	9,760E+04	1,20	3,59
17	1,037E+05	1,23	3,60
18	1,098E+05	1,26	3,62
19	1,159E+05	1,29	3,63
20	1,220E+05	1,32	3,65
21	1,281E+05	1,35	3,66
22	1,342E+05	1,38	3,67
23	1,403E+05	1,41	3,69
24	1,464E+05	1,43	3,70
25	1,525E+05	1,46	3,71
26	1,586E+05	1,48	3,72
27	1,647E+05	1,51	3,73
28	1,708E+05	1,53	3,74
29	1,769E+05	1,56	3,75
30	1,830E+05	1,58	3,76
31	1,891E+05	1,61	3,77
32	1,952E+05	1,63	3,78
33	2,013E+05	1,66	3,79
34	2,074E+05	1,68	3,80
35	2,135E+05	1,70	3,81
36	2,196E+05	1,73	3,82
37	2,257E+05	1,75	3,83
38	2,318E+05	1,77	3,83
39	2,379E+05	1,80	3,84
40	2,440E+05	1,82	3,85

(continuação)

41	2,501E+05	1,84	3,86
42	2,562E+05	1,86	3,86
43	2,623E+05	1,88	3,87
44	2,684E+05	1,91	3,88
45	2,745E+05	1,93	3,88
46	2,806E+05	1,95	3,89
47	2,867E+05	1,97	3,90
48	2,928E+05	1,99	3,90
49	2,989E+05	2,02	3,91
50	3,050E+05	2,04	3,92
51	3,111E+05	2,06	3,92
52	3,172E+05	2,08	3,93
53	3,233E+05	2,10	3,93
54	3,294E+05	2,12	3,94
55	3,355E+05	2,14	3,94
56	3,416E+05	2,16	3,95
57	3,477E+05	2,18	3,96
58	3,538E+05	2,21	3,96
59	3,599E+05	2,23	3,97
60	3,660E+05	2,25	3,97
61	3,721E+05	2,27	3,98
62	3,782E+05	2,29	3,98
63	3,843E+05	2,31	3,99
64	3,904E+05	2,33	3,99
65	3,965E+05	2,35	4,00
66	4,026E+05	2,37	4,00
67	4,087E+05	2,39	4,01
68	4,148E+05	2,43	4,01
69	4,209E+05	2,45	4,02
70	4,270E+05	2,47	4,02
71	4,331E+05	2,49	4,03
72	4,392E+05	2,51	4,03
73	4,453E+05	2,53	4,04
74	4,514E+05	2,55	4,04
75	4,575E+05	2,57	4,04
76	4,636E+05	2,59	4,05
77	4,697E+05	2,61	4,05
78	4,758E+05	2,63	4,06
79	4,819E+05	2,65	4,06
80	4,880E+05	2,67	4,06
81	4,941E+05	2,69	4,07
82	5,002E+05	1,80	4,07
83	5,063E+05	2,73	4,08
84	5,124E+05	2,75	4,08

(conclusão)

85	5,185E+05	2,77	4,08
86	5,246E+05	2,79	4,09
87	5,307E+05	2,81	4,09
88	5,368E+05	2,83	4,09
89	5,429E+05	2,85	4,10
90	5,490E+05	2,87	4,10
91	5,551E+05	2,89	4,10
92	5,612E+05	2,92	4,11
93	5,673E+05	2,94	4,11
94	5,734E+05	2,96	4,12
95	5,795E+05	2,98	4,12
96	5,856E+05	3,00	4,12
97	5,917E+05	3,02	4,13
98	5,978E+05	3,04	4,13
99	6,039E+05	3,06	4,13
100	6,100E+05	3,08	4,13
101	6,161E+05	3,10	4,14
102	6,222E+05	3,12	4,14
103	6,283E+05	3,14	4,14
104	6,344E+05	3,16	4,15
105	6,405E+05	3,18	4,15
106	6,466E+05	3,20	4,15
107	6,527E+05	3,22	4,16
108	6,588E+05	3,24	4,16
109	6,649E+05	3,26	4,16
110	6,710E+05	3,28	4,17
111	6,771E+05	3,30	4,17
112	6,832E+05	3,32	4,17
113	6,893E+05	3,34	4,17
114	6,954E+05	3,36	4,18
115	7,015E+05	3,38	4,18
116	7,076E+05	3,40	4,18
117	7,137E+05	3,42	4,18
118	7,198E+05	3,44	4,19
119	7,259E+05	3,46	4,19
120	7,320E+05	2,89	4,10

APÊNDICE E – COMPOSIÇÕES DE CUSTOS

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul	FIC 0,03164	221,33 m³
Custo Unitário de Referência		Maio/2018	Produção da equipe	Valores em reais (R\$)
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica			
A - EQUIPAMENTOS				
E9515	Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba com capacidade de 1,5 m³ - 110 KW	1,00000	175,3323	175,3323
		Operativa	Improdutiva	Improdutivo
		1,00	0,00	76,8011
B - MÃO DE OBRA				
P9824	Servente	1,00000	17,3618	17,3618
		h		
		Custo horário total de equipamentos	Custo Horário	Custo Horário Total
			175,3323	175,3323
		Custo horário total de mão de obra	Custo Horário	Custo Horário Total
			17,3618	17,3618
		Custo horário total de execução	Custo Unitário de execução	Custo Unitário
			192,6941	192,6941
		Custo do FIC	Custo do FIT	Custo Unitário
			0,8706	0,8706
			0,0275	0,0275
			-	-
C - MATERIAL				
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário
				Custo Unitário
				-
D - ATIVIDADES AUXILIARES				
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário
				Custo Unitário
				-
		Custo total de atividades auxiliares	Subtotal	Custo Unitário
				0,8982
E - TEMPO FIXO				
		Código	Quantidade	Unidade
				Custo Unitário
				-
		Custo unitário total de tempo fixo	DMT	Custo Unitário
				-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE				
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário
			LN	P
				Custo Unitário
				-
		Custo unitário total de transporte	Custo unitário direto total	Custo Unitário
				0,90

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		66,40 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h							
A - EQUIPAMENTOS							
E9511	Carrigadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	1,00000	0,22	0,78	321,4648	127,0169	169,7954
E9611	Conjunto de britagem com capacidade de 80 m³/h	1,00000	1,00	0,00	621,9008	407,5523	621,9008
E9021	Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	213,4504	9,8583	213,4504
				Custo horário total de equipamentos		1.005,1466	
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	8,00000			17,3618		138,8944
				Custo horário total de mão de obra		138,8944	
				Custo horário total de execução		1.144,0410	
				Custo unitário de execução		17,2295	
				Custo do FIC		0,0908	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL							
M2114	Cunha lateral superior C96	0,00001			2,473,5802		0,0247
M2115	Cunha lateral inferior C96	0,00002			2,377,6737		0,0476
M2112	Manta HP200	0,00003			10,989,6339		0,3297
M2110	Mandíbula móvel C96 Std	0,00003			10,657,7047		0,3197
M2113	Revestimento bojo Std HP200	0,00004			11,637,9602		0,4655
M2111	Mandíbula fixa C96 Std	0,00006			12,630,8399		0,7579
				Custo unitário total de material		1,9451	
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	0,57000			49,1578		28,0199
				Custo total de atividades auxiliares		28,0199	
				Subtotal		47,2853	
E - TEMPO FIXO							
				Custo unitário total de tempo fixo		-	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
				DMT		-	
				RP		-	
				LN		-	
				P		-	
				Custo unitário total de transporte		47,29	
				Custo unitário direto total		47,29	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4816010 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

Rio Grande do Sul
Maio/2018FIC 0,00527
Produção da equipe

36,62 m³

Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9672 Caminhão basculante para rocha com capacidade de 12 m³ - 323 kW	1,00000	0,82	0,18	290,6999	70,1646	251,0035
E9117 Carregadeira de pneus para rocha com capacidade de 2,9 m³ - 96 kW	1,00000	0,38	0,62	186,4355	85,8433	124,0683
E9517 Compressor de ar portátil de 912 PCM - 184 kW	1,00000	1,00	0,00	148,5249	27,0834	148,5249
E9527 Martelete perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg	1,00000	1,00	0,00	23,1140	22,2040	23,1140
E9574 Perfuratriz sobre esteiras - 145 kW	1,00000	1,00	0,00	304,5743	138,3981	304,5743
E9540 Trator de esteiras com lâmina - 112 kW	1,00000	0,10	0,90	182,6327	74,9251	85,6959
				Custo horário total de equipamentos		936,9809
B - MÃO DE OBRA						
P9892 Auxiliar de blaster	2,00000	h		27,0844		54,1688
P9852 Blaster	1,00000	h		31,1091		31,1091
				Custo horário total de mão de obra		85,2779
				Custo horário total de execução		1.022,2588
				Custo unitário de execução		27,9153
				Custo do FIC		0,1471
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
M2062 Coroa para perfuratriz T38 - D = 2 1/2"	0,00042	un		483,4640		0,2031
M2042 Emulsão explosiva encartuchada	0,56000	kg		10,2000		5,7120
M2065 Haste para perfuratriz de esteira T38 de 1 1/2" x 3 m	0,00033	un		853,2758		0,2816
M2066 Luva para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00033	un		188,0604		0,0621
M2138 Nonel de coluna com 12 m	0,02000	un		16,8734		0,3375
M2141 Nonel de iniciação para fogacho com 6 m	0,30000	un		12,7454		3,8236
M2143 Nonel de ligação	0,00786	un		18,1000		0,1423
M2146 Nonel iniciador com 150 m	0,00071	un		299,8194		0,2129
M2067 Punho para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00027	un		734,0234		0,1992
M2145 Série de brocas S-12 - D = 22 mm	0,01923	un		526,3762		10,1222
				Custo unitário total de material		21,0953
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
E - TEMPO FIXO						
				Subtotal		49,1578
				Custo Unitário		Custo Unitário
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
				Custo unitário total de tempo fixo		-
				DMT		Custo Unitário
				RP		Custo Unitário
				P		Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		49,16
				Custo unitário direto total		49,16

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência			Rio Grande do Sul			FIC 0,01054		113,18 m³	
4011275 Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida			Maio/2018			Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Utilização			Custo Horário		Custo		Horário Total	
	Operativa	Improdutiva	Produtiva	Produtivo	Improdutivo				
E9571	1,00000	0,34	0,66	175,9480	49,2433			92,3229	
E9514	1,00000	0,80	0,20	202,0816	89,8568			179,6366	
E9524	1,00000	0,52	0,48	179,1610	79,4445			131,2971	
E9762	1,00000	0,65	0,35	139,7708	64,6300			113,4715	
E9530	1,00000	0,52	0,48	136,8864	59,3817			99,6841	
				Custo horário total de equipamentos		616,4123			
B - MÁO DE OBRA									
P9824	1,00000	h		17,3618		Custo Horário Total		17,3618	
				Custo horário total de mão de obra		17,3618			
				Custo horário total de execução		633,7741			
				Custo unitário de execução		5,5997			
				Custo do FIC		0,0590			
				Custo do FIT		-			
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		Custo Unitário		Custo Unitário		
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
6416039	1,00000	m³	78,6478	Custo unitário total de material		78,6478		Custo Unitário	
				Custo total de atividades auxiliares		78,6478			
				Subtotal		84,3066			
E - TEMPO FIXO									
6416039	5914652	t	1,9100	Custo Unitário		4,0110		Custo Unitário	
				Custo unitário total de tempo fixo		4,0110			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
6416039	2,10000	tkm	1,20785	DMIT		0,5575		Custo Unitário	
				RP					
				LN					
				P					
				Custo unitário total de transporte		1,4140			
				Custo unitário direto total		89,73			

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		113,18 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h							
A - EQUIPAMENTOS							
E9511	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo Horário	Custo Horário Total
E9779	Grupo gerador - 100/110 kVA	1,00000	0,79	Improdutiva	321,4648	127,0169	280,6307
E9615	Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h	1,00000	1,00	0,00	54,2127	5,5913	54,2127
		1,00000	1,00	0,00	135,2635	92,1439	135,2635
					Custo horário total de equipamentos		470,1069
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade			Custo Horário	Custo Horário Total
		5,00000	h			17,3618	86,8090
						Custo horário total de mão de obra	86,8090
						Custo horário total de execução	556,9159
						Custo unitário de execução	4,9206
						Custo do FIC	-
						Custo do FIT	-
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade			Preço Unitário	Custo Unitário
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	Quantidade	Unidade			Custo unitário total de material	Custo Unitário
		1,46667	m³			47,2853	69,3520
						Custo total de atividades auxiliares	69,3520
						Subtotal	74,2726
E - TEMPO FIXO							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
		5915407	2,20001	t		1,7100	3,7620
						Custo unitário total de tempo fixo	3,7620
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	Quantidade	Unidade			DMT	Custo Unitário
		2,20001	t	LN		RP	
						0,5	0,5575
						Custo unitário total de transporte	0,6132
						Custo unitário direto total	78,65

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe 1125,00 m²		
4011351 Imprimação com asfalto diluído				Valores em reais (R\$)		
A - EQUIPAMENTOS						
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produção	Improdutiva
		1,00000	1,00	0,00	144,1513	45,7611
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	1,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,35	0,65	81,0808	31,8084
E9544	Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,35	0,65	5,4370	3,4952
Custo horário total de equipamentos					216,3267	
B - MÃO DE OBRA						
P9824	Servente	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Unitário	Custo Horário Total
		2,00000	h	17,3618	34,7236	34,7236
Custo horário total de mão de obra					34,7236	
Custo horário total de execução					251,0503	
Custo unitário de execução					0,2232	
Custo do FIC					0,0012	
Custo do FIT					-	
C - MATERIAL						
M0104	Asfalto diluído CM 30	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
		0,00120	t	3,361,4000	4,0337	4,0337
Custo unitário total de material					4,0337	
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
Custo unitário					Custo Unitário	Custo Unitário
Custo total de atividades auxiliares					-	
Subtotal					4,2580	
E - TEMPO FIXO						
Custo Unitário					Custo Unitário	Custo Unitário
Custo unitário total de tempo fixo					-	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
DMT					Custo Unitário	Custo Unitário
RP					P	
Custo unitário total de transporte					-	
Custo unitário direto total					4,26	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

[4011353](#) Pintura de ligaçãoRio Grande do Sul
Maio/2018

FIC 0,00527

Produção da equipe

1500,00 m²

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	1,00	0,00	144,1513	45,7611	144,1513
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128	37,8936
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,47	0,53	81,0808	31,8084	54,9664
E9544 Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,47	0,53	5,4370	3,4952	4,4078
				Custo horário total de equipamentos		241,4192
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	2,00000	h		17,3618		34,7236
				Custo horário total de mão de obra		34,7236
				Custo horário total de execução		276,1428
				Custo unitário de execução		0,1841
				Custo do FIC		0,0010
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M1946 Emulsão asfáltica RR-1C	0,00045	t		1.508,4700		0,6788
				Custo unitário total de material		0,6788
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade		Subtotal	0,8639
				Custo unitário total de tempo fixo	Custo Unitário	Custo Unitário
				DMT		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		0,86
				Custo unitário direto total		0,86

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe 83,00 t		
4011462 Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida				Valores em reais (R\$)		
A - EQUIPAMENTOS						
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo
E9530	Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,59	Improdutiva	139,7708	Improdutivo
E9545	Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	0,51	0,41	64,6300	108,9631
		1,00000	0,89	0,49	136,8864	59,3817
				0,11	200,5938	97,3287
					Custo horário total de equipamentos	397,1068
B - MÃO DE OBRA						
P9824	Servente	Quantidade	Unidade		Custo Horário	Custo Horário Total
		8,00000	h		17,3618	138,8944
					Custo horário total de mão de obra	138,8944
					Custo horário total de execução	536,0012
					Custo unitário de execução	6,4578
					Custo do FIC	0,0340
					Custo do FIT	-
C - MATERIAL						
		Quantidade	Unidade		Preço Unitário	Custo Unitário
					Custo unitário total de material	-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
		1,02000	t		193,1588	197,0220
					Custo total de atividades auxiliares	197,0220
E - TEMPO FIXO						
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	Código	Quantidade	Unidade	Subtotal	Custo Unitário
		5914649	1,02000	t	7,1000	7,2420
					Custo unitário total de tempo fixo	7,2420
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
		Quantidade	Unidade	LN	RP	P
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	1,02000	tkm		1,20785	0,5575
					Custo unitário total de transporte	0,6868
					Custo unitário direto total	211,44

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		20,00 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba							
A - EQUIPAMENTOS							
E9584	Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produtivo	Custo Horário	Custo
E9609	Draga de sucção para extração de areia com tubo de descarga de 150 mm - 100 kW	1,00000	0,15	Improdutiva	136,6822	Improdutivo	Horário Total
		1,00000	1,00	0,00	117,0859	47,5142	68,5147
							117,0859
		Custo horário total de equipamentos				185,6006	
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total		
		4,00000	h	17,3618	69,4472		
		Custo horário total de mão de obra		69,4472			
		Custo horário total de execução		255,0478			
		Custo unitário de execução		12,7524			
		Custo do FIC		0,4035			
		Custo do FIT		-			
C - MATERIAL							
M0067	Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		
		0,00100	m	94,7763	0,0948		
		Custo unitário total de material		0,0948			
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
				Custo total de atividades auxiliares	-		
		Subtotal		13,2507			
E - TEMPO FIXO							
M0067	Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
		5914655	0,00001	t	22,9800	0,0001	
		Custo unitário total de tempo fixo		0,0001			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
M0067	Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t	Quantidade	Unidade	DMT	RP	P	Custo Unitário
		0,00001	tkm			300	0,4544
		Custo unitário total de transporte		0,0007			
		Custo unitário direto total		13,25			

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		459,70 m ²	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011371 Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida							
		Quantidade		Utilização		Custo Horário	
		Operativa		Improdutiva		Improdutivo	
		1,00		0,00		45,7611	
		1,00000				144,1513	
		1,00000				144,1513	
A - EQUIPAMENTOS							
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	Operativa	0,00	Improdutiva	45,7611	Custo Horário Total
E9583	Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m ³	1,00000	Operativa	0,45	Improdutiva	4,2155	5,5035
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	Operativa	0,61	Improdutiva	64,6300	93,9349
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	Operativa	0,00	Improdutiva	12,9128	37,8936
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	Operativa	0,72	Improdutiva	31,8084	45,6047
E9544	Vassoura mecânica rebocável	1,00000	Operativa	0,72	Improdutiva	3,4952	4,0389
	Custo horário total de equipamentos						331,1269
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	8,00000	h			17,3618	Custo Horário Total
	Custo horário total de mão de obra						138,8944
	Custo horário total de execução						470,0213
	Custo unitário de execução						1,0225
	Custo do FIC						0,0054
	Custo do FIT						-
C - MATERIAL							
M2097	Emulsão asfáltica RR-2C	0,00250	t			1,544,5624	Custo Unitário
	Custo unitário total de material						3,8614
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	0,02233	m ³			47,2853	Custo Unitário
	Custo total de atividades auxiliares						1,0559
	Subtotal						1,0559
E - TEMPO FIXO							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	5915411	t			2,1500	Custo Unitário
	Custo unitário total de tempo fixo						0,0720
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	0,03350	tkm			1,20785	Custo Unitário
	Custo unitário total de transporte						0,0226
	Custo unitário direto total						6,04

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO Rio Grande do Sul Maio/2018 Produção da equipe 4,00000 m ² Valores em reais (R\$)									
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO Custo Unitário de Referência 5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI									
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo				
	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total			
E9568	0,15060	0,00	1,00	0,1184	0,0784	0,0178			
E9066	0,48193	0,00	1,00	8,8930	1,9031	4,2858			
E9623	0,20080	0,00	1,00	6,1473	3,8983	1,2344			
E9622	0,48193	0,00	1,00	4,5715	2,8990	2,2031			
Custo horário total de equipamentos					7,7412				
B - MÃO DE OBRA									
Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total					
P9801	2,00000	h	20,1399	40,2798					
P9830	1,00000	h	25,8473	25,8473					
P9823	1,00000	h	21,1948	21,1948					
P9824	2,00000	h	17,3618	34,7236					
Custo horário total de mão de obra					122,0455				
Custo horário total de execução					129,7867				
Custo unitário de execução					32,4467				
Custo do FIC					-				
Custo do FIT					-				
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		Custo Unitário				
M1367	11,77500	kg	4,7179	55,5533					
M3229	1,00000	m ²	555,0768	555,0768					
Custo unitário total de material			610,6301						
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		Custo Unitário				
5212552	1,00000	m ²	12,7579	12,7579					
Custo total de atividades auxiliares			12,7579						
Subtotal			655,8346						
E - TEMPO FIXO									
Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário				
M1367	5914333	t	18,1200	0,2134					
M3229	5915474	t	19,6400	0,0104					
Custo unitário total de tempo fixo			0,2238						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário				
M1367	0,01178	tkm	300		0,4544				
M3229	0,00053	tkm	300		0,9144				
Custo unitário total de transporte			1,7504						
Custo unitário direto total			657,81						

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência					Rio Grande do Sul				
5213449 Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI					Maio/2018				
Produção da equipe					3,00000 un				
Valores em reais (R\$)									
A - EQUIPAMENTOS									
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	Quantidade	Utilização	Custo Horário	Custo	Horário Total			
		1,00000	Operativa 0,30	Improdutivo 37,4379	113,8399	60,3585			
					Custo horário total de equipamentos	60,3585			
B - MÃO DE OBRA									
P9830	Montador	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total				
P9824	Servente	1,00000	h	25,8473	25,8473				
		2,00000	h	17,3618	34,7236				
					Custo horário total de mão de obra	60,5709			
					Custo horário total de execução	120,9294			
					Custo unitário de execução	40,3098			
					Custo do FIC	-			
					Custo do FIT	-			
C - MATERIAL									
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário			
					Custo unitário total de material	-			
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário			
		0,27713	m²	657,8088	182,2986	182,2986			
					Custo total de atividades auxiliares	182,2986			
					Subtotal	222,6084			
E - TEMPO FIXO									
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário			
		5915474	0,00368	t	19,6400	0,0722			
					Custo unitário total de tempo fixo	0,0722			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	Quantidade	Unidade	DMT	RP	P	Custo Unitário		
		0,00368	tkm			1,20785	0,9144		
							Custo unitário total de transporte	0,0041	
							Custo unitário direto total	222,68	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

5213360 Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação

Rio Grande do Sul

Maio/2018

Produção da equipe

80,32 un

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	1,00	0,00	113,8399	37,4379	113,8399
E9521 Grupo gerador - 2,5/3 kVA	1,00000	1,00	0,00	2,2904	0,2107	2,2904
E9675 Martelete perfurador/rompedor elétrico - 1,5 kW	1,00000	1,00	0,00	0,5033	0,2771	0,5033
				Custo horário total de equipamentos		116,6336
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9830 Montador	2,00000	h		25,8473		51,6946
P9824 Servente	4,00000	h		17,3618		69,4472
				Custo horário total de mão de obra		121,1418
				Custo horário total de execução		237,7754
				Custo unitário de execução		2,9604
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M2041 Cola poliester	0,08000	kg		17,2000		1,3760
M2084 Tacha refletiva bidirecional	1,00000	un		12,9000		12,9000
				Custo unitário total de material		14,2760
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		17,2364
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00030	t		19,6400	0,0059
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0059
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	0,00030	tkm			300	0,9144
					Custo unitário total de transporte	0,0823
					Custo unitário direto total	17,32

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		373,50 tkm	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
5914479 Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada							
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização	Custo Horário	Custo	Horário Total	
E9592	Caminhão carroceria com capacidade de 15 t - 188 kW	1,00000	Operativa 1,00 Improdutiva 0,00	169,7040 45,7697	169,7040	169,7040	169,7040
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total		
				Custo horário total de mão de obra	169,7040		
				Custo horário total de execução	0,4544		
				Custo do FIC	-		
				Custo do FIT	-		
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		
				Custo unitário total de material	-		
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
				Custo total de atividades auxiliares	-		
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Subtotal	Custo Unitário	
					0,4544		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	Custo unitário total de tempo fixo	Custo Unitário		
				DMT			
				RP			
				P			
				Custo unitário total de transporte			
				Custo unitário direto total	0,45		

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		124,50 tkm
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)
5915324 Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada						
A - EQUIPAMENTOS						
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	Quantidade	Utilização	Produtivo	Improdutivo	Custo Horário Total
		1,00000	Operativa 1,00 Improdutiva 0,00	113.8399	37.4379	113.8399
				Custo horário total de equipamentos		113.8399
B - MÃO DE OBRA						
		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total
				Custo horário total de mão de obra		-
				Custo horário total de execução		113.8399
				Custo unitário de execução		0,9144
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
E - TEMPO FIXO						
		Código	Quantidade	Unidade		Subtotal
					Custo Unitário	0,9144
					Custo unitário total de tempo fixo	-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
		Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário
			LN	RP	P	
						Custo Unitário total de transporte
						Custo unitário direto total
						0,91