

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DNER81 E MEDINA COM BASE NA RODOVIA PEDRO MANOEL PEREIRA.

Eduardo Debortoli Fiera¹
Bruno Pereira Mariano²
Graziela Olivo Fermo³

Resumo

O sistema rodoviário nacional desempenha um papel crucial no Brasil, sendo um dos principais impulsionadores do desenvolvimento econômico e o principal meio de transporte de cargas e pessoas. A falta de pavimentação e vias de qualidade surge como um problema significativo, gerando a necessidade de estradas mais duradouras e com melhor qualidade. Diante desse contexto, o artigo visa analisar uma rodovia já executada no município de Criciúma, propondo novas abordagens de execução baseadas no método de dimensionamento de pavimentos MeDiNa, e assim comparar seus custos. As diferentes opções de pavimento desenvolvida buscam, a partir dos mesmos e diferentes materiais, oferecer propostas distintas para garantir a qualidade do pavimento ao longo de sua vida útil e um melhor custo de execução. Constatou-se, de maneira geral, a inadequação do método de dimensionamento do DNER 81, prevendo um futuro gasto adicional, enquanto o método MeDiNa apresentou um custo inicial um pouco mais elevado, porém sem futuros investimentos de restauração.

Palavras-Chave: Dimensionamento. Custos. DNER. MeDiNa. Pavimentação.

COMPARATIVE PAVEMENT DESIGN METHODS ANALYSIS BETWEEN DNER81 AND MEDINA BASED ON PEDRO MANOEL PEREIRA HIGHWAY

Abstract:

The national road system plays a crucial role in Brazil, serving as one of the main drivers of economic development and the primary means of transportation for goods and people. The lack of pavement and quality roads arises as a significant problem, creating the need for more durable and higher-quality roads. Given this context, the article aims to analyze a highway that has already been built in the city of Criciúma, proposing new approaches based on the MeDiNa pavement design method, and thus comparing their costs. The different pavement options developed aim, using both similar and different materials, to provide distinct proposals to ensure the quality of the pavement throughout its useful life and a better execution cost. In general, the DNER 81 sizing method was found to be inadequate, predicting additional costs in the future, while the MeDiNa method had a slightly higher initial cost, it does not entail future restoration investments..

Keywords: Sizing. Costs. DNER. MeDiNa. Paving

¹ Acadêmico do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Santa Catarina. eduardo.d05@aluno.ifsc.edu.br

² Professor do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Santa Catarina. bruno.mariano@ifsc.edu.br

³ Professora do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Santa Catarina. graziela.olivo@ifsc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Em 2023, o sistema rodoviário é o principal meio de locomoção e de transporte no Brasil. A Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2022b, p. 12) aponta que “o modo rodoviário é responsável pela movimentação de aproximadamente 65,0% de toda a carga e por 95,0% do total de passageiros transportados no país”. Desta forma “o sistema de estradas assume especial importância como catalisador econômico e também como fator de coesão nacional, fomentando as trocas comerciais, culturais e sociais” (MARTINS et al., 2016, p. 05).

Segundo a CNT (2022b, p.87) cerca de 99% das rodovias brasileiras são de pavimento flexível, que, de acordo com o manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), é uma estrutura destinada a “melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e conforto” (DNIT, 2006, p.106). Ademais “uma boa condição do pavimento garante a trafegabilidade, o conforto e a segurança do condutor durante todo seu percurso” (CNT, 2022b, p.87).

No entanto, dados extraídos de pesquisas da Confederação Nacional do Transporte (2022b, p. 91), acerca das rodovias brasileiras apontam que em mais da metade da extensão (50,5%) predomina o desgaste, e estima-se que apenas 12,4% da extensão rodoviária brasileira está pavimentada (CNT, 2022a, p.11). Somado a isso Bernucci et al. (2010) apontam como as principais patologias encontradas nas rodovias brasileiras as trincas causadas por fadiga e as deformações permanentes. Ocasionalmente, assim, uma necessidade de investimentos estimados pela CNT (2022b, p. 221) de aproximadamente 95 bilhões de reais apenas para a manutenção e reparos rodoviários.

Junto a este fator, no ano de 2017, a Confederação Nacional do Transporte (CNT), em sua publicação “Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?”, elencou 4 motivos para a falta de durabilidade dos pavimentos, sendo eles o método de dimensionamento, as tecnologias e processos construtivos, a manutenção e gerenciamento e as fiscalizações.

É crucial considerar o crescente e contínuo aumento da demanda e da agressividade do tráfego brasileiro. Essa realidade ocasiona ao pavimento construído uma antecipação na aparição de patologias no revestimento, e, junto a isso, um adiantamento da necessidade de restauração da via, bem como a necessidade de

questionamentos sobre o atual método de dimensionamento desses pavimentos. (Melo, 2014).

Desta forma, em 2023, as normas acerca dos dimensionamentos de pavimentos asfálticos apresentam uma certa defasagem de confiabilidade, tendo em vista que se baseiam em métodos empíricos que são “provenientes da observação da evolução das condições do pavimento” (CNT, 2017, p.36). Ademais, o atual método do DNER 81 é pautado em padrões e normas americanas que não levam em consideração certos fatores importantes para o território nacional.

Com estes dados em mente, esta pesquisa vem com o objetivo de analisar o pavimento executado de uma rodovia no município de Criciúma dimensionada pelo atual método DNER 81, e a partir destes dados realizar diferentes opções de dimensionamentos utilizando, agora, o novo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), e, por fim, comparar seus custos de realização e seu comportamento ao longo de um determinado período.

Em síntese, os resultados da pesquisa tendem a auxiliar como base para possíveis novos projetos, e atualizações e revisões de licitações públicas, proporcionando uma melhor compreensão e conhecimento sobre os métodos de dimensionamentos, suas vantagens e desvantagens, e potencialmente levando a uma nova padronização dos dimensionamentos de pavimentos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão

2.1.1 Método DNER 81

Conforme citam Medina e Motta (2015, p.335) “As estruturas de pavimentos asfálticos de rodovias têm sido dimensionadas pelo método do DNER”, descrito pelo DNIT (2006, p.150), no manual de pavimentação, como um “método empírico, com base experimental referente a condições climáticas e de solos nos EUA”

No estudo da CNT (2017), “Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?”, o método empírico é definido como “provenientes da observação da evolução das condições do pavimento”, que, em síntese, são um

acúmulo de experiências já adquiridas na área. Porém é dito que este dimensionamento só pode ser replicado em locais que apresentam características climáticas semelhantes ao local de estudo original (CNT, 2017).

Desta forma a CNT (2017, p.38) apresenta o método do DNER 81 como:

O método de dimensionamento empírico adotado pelo DNIT é uma variante do método CBR, utilizando um eixo-padrão de 18.000 libras (8,2 t). Concebido pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), o modelo utiliza como base um trabalho publicado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (U. S. Army Corps of Engineers - USACE), juntamente com conclusões obtidas na pista experimental da Associação Americana de Rodovias e Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO).

O CBR ou índice de suporte Califórnia (ISC), o qual é base para diversos métodos de dimensionamento de pavimentos incluso o DNER 81, “foi desenvolvido por O. J. Porter em 1929 para avaliar a capacidade de suporte relativa dos subleitos, comparada à de uma brita” (MEDINA; MOTTA, 2015, p.338). Entretanto, este método foi “criado sobre bases estritamente empíricas” (CNT, 2017, p.37), o tornando bastante limitado em seu campo de atuação.

Com a utilização dos valores de CBR de diferentes tipos de materiais, o DNIT (2006, p.142) estabelece alguns parâmetros a serem utilizados para as camadas da estrutura do pavimento, conforme apresentado no Quadro 01.

Quadro 01: Condições para dimensionamento

Camada	Condição
Subleito	C.B.R $\geq 2\%$ e expansão $\leq 2\%$
Reforço do Subleito	C.B.R maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$
Sub-base	C.B.R $\geq 20\%$, Índice de grupo = 0 e expansão $\leq 1\%$
Base	C.B.R $\geq 80\%$, expansão $\leq 0,5\%$, Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$

Fonte: Elaboração do autor com base na norma do DNIT (2006).

Outro fator importante para o dimensionamento é o tráfego que virá a passar pelo pavimento executado. Este valor é calculado através do número equivalente N, “que expressa o volume do tráfego real da rodovia, durante o período de projeto escolhido em termos do volume de veículos com eixo-padrão de 8,2

toneladas” (CNT, 2017, p.38). O cálculo é realizado utilizando o volume médio (V_m) (Equação 1) de tráfego ao longo de um período (P) definido de anos com uma adição de taxa de crescimento anual. Desta forma, obtendo o Volume total (V_t) (Equação 2), o cálculo do N (Equação 4) se dá através da multiplicação do valor de V_t pelo Fator de veículo ($F.V$) (Equação 3), sendo este o produto do fator de eixos correspondentes ($F.E$) com o fator de carga ($F.C$). (DNIT, 2006)

$$V_m = \frac{V_1 \cdot [2 + (P - 1) \cdot \frac{t}{100}]}{2} \quad (1)$$

$$V_t = 365 \times P \times V_m \quad (2)$$

$$F.V = F.E \times F.C \quad (3)$$

$$N = V_t \times F.V \quad (4)$$

Com estes dois principais valores, o método do DNER81 permite calcular as espessuras de cada camada da estrutura do pavimento, através das equações 5, 6 e 7. Desta forma, o manual de pavimentação do DNIT estipula os valores dos coeficientes de equivalência estrutural, conforme apresenta o Quadro 02, e o valor da espessura mínima de revestimento betuminoso, Quadro 03, e os valores para a determinação da espessura do pavimento conforme apresenta a fórmula 8. E, por fim, a estrutura fica dimensionada como é apresentado na Figura 1.

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20} \quad (5)$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_n \quad (6)$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{Ref} \geq H_m \quad (7)$$

Sendo:

- R = Revestimento
- B = Base
- h_{20} = Sub-base
- h_n = Reforço do subleito

$$H_t = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598} \quad (8)$$

Quadro 02: Coeficiente de equivalência estrutural

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 18 kg/cm	1,20

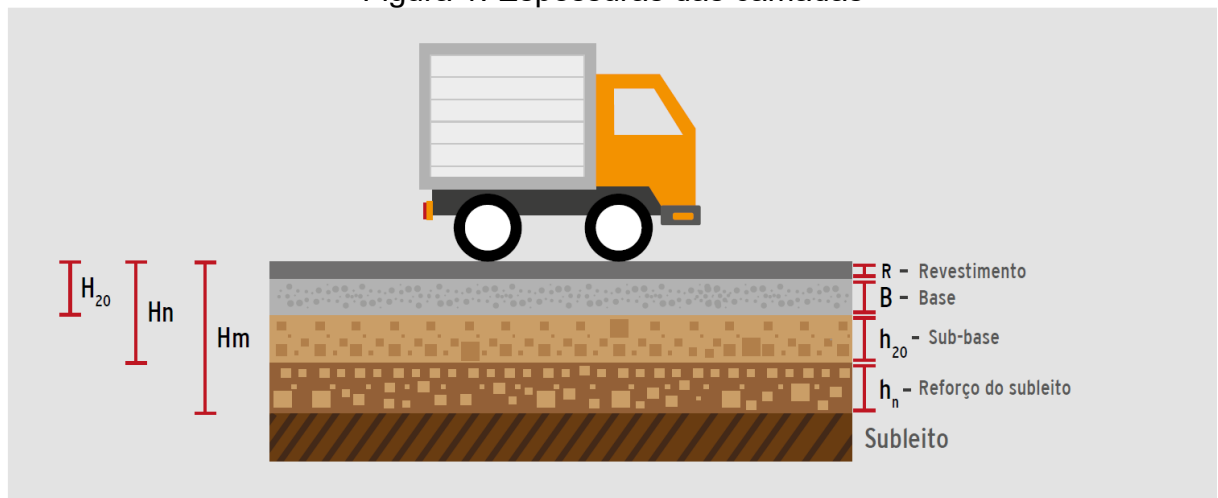
Fonte: DNIT (2006, p.146) adaptado pelo autor.

Quadro 03: Espessura mínima de revestimento betuminoso

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

Fonte: DNIT (2006, p.147) adaptado pelo autor.

Figura 1: Espessuras das camadas



Fonte: CNT (2017, p. 43)

2.1.2 Método MeDiNa

Franco (2007, p. 226), em sua tese de doutorado, desenvolveu o programa SisPav que tinha o “objetivo de realizar análises e dimensionamentos de estruturas de pavimentos segundo os conceitos relativos ao estado da arte da mecânica dos pavimentos”. Desta forma foi concebido um programa baseado em um método de dimensionamento mecanístico-empírico, que, segundo a CNT (2017, p.37) são aqueles

que adotam modelos teóricos sobre o comportamento estrutural das camadas do pavimento, utilizando conceitos da mecânica dos pavimentos, e calibram ou parametrizam as características mecânicas dos materiais por meio do conhecimento empírico, laboratorial ou de pista.

Após isso, com o Termo de Execução Descentralizada, celebrado de 2015 a 2018, o programa foi rebatizado como MeDiNa, como uma homenagem ao professor Jacques de Medina. Desta forma ficou definido como um software computacional para a realização de dimensionamentos e verificações de pavimentos com um método mecanístico-empírico. (FRANCO E MOTTA, 2020)

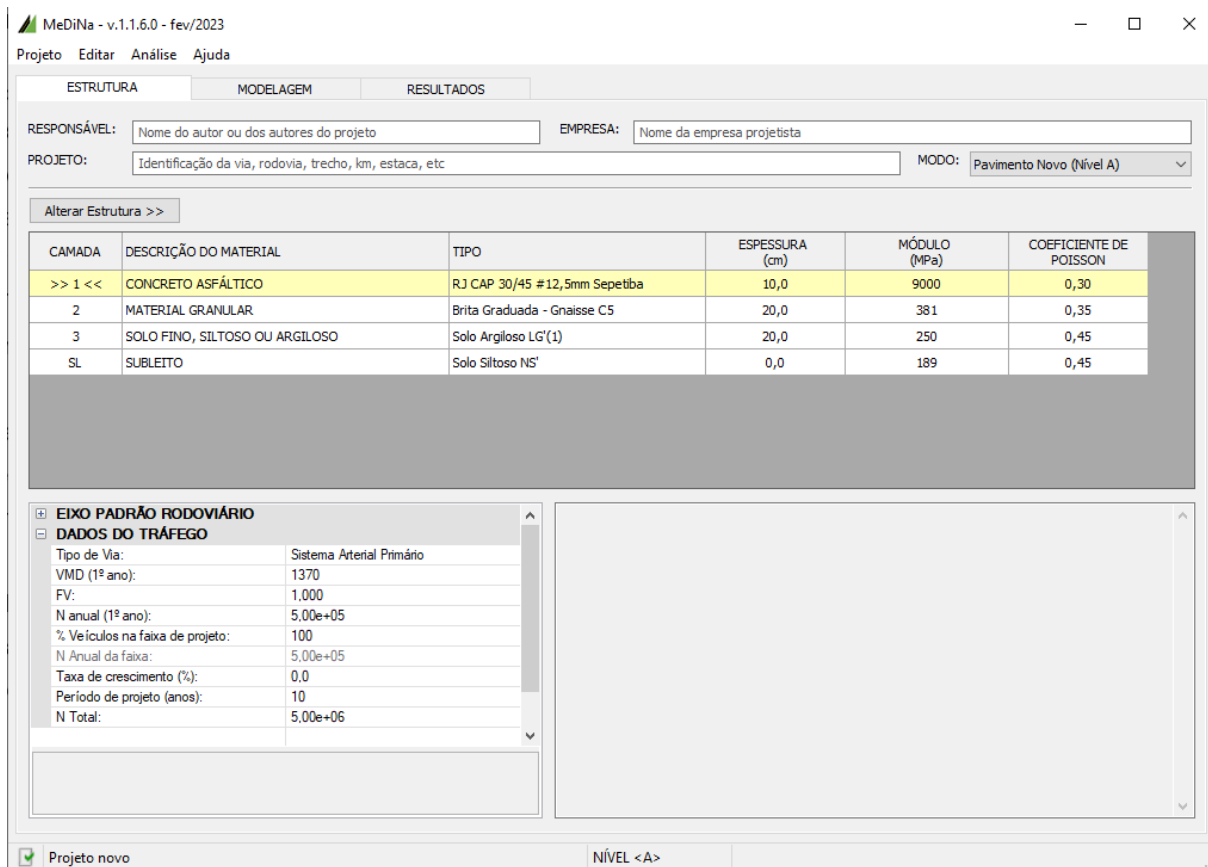
A execução de um dimensionamento, feito pelo software MeDiNa, requer uma série de dados, e principalmente a confiança nestes, de cada camada da futura camada do pavimento que será executado. Os valores de módulo de resiliência, curva de deformação permanente, número N e fadiga por compressão diametral são, em resumo, os valores mais significativos e necessários para o bom dimensionamento. (FRANCO E MOTTA, 2020)

Desta forma, o programa, ao ser iniciado, apresenta uma interface padrão com uma estrutura já previamente dimensionada (Figura 2). Nesta interface, serão definidas as camadas exatas do projeto a ser realizado, de forma que o projetista tem a liberdade de desenvolver e especificar livremente as particularidades de cada material e camada que virá a utilizar. Ademais, o MeDiNa permite ao projetista adicionar novos materiais em seu projeto, bem como já inclui alguns materiais em seu banco de dados para apoio do usuário. (FRANCO E MOTTA, 2020)

Além destes, o MeDiNa solicita, bem como o método do DNER 81, o número de tráfego equivalente N, aqui calculado como já descrito anteriormente, necessitando apenas que seja inserido as informações no programa. Entretanto, o software requer do projetista a identificação do tipo de via do projeto, a fim de definir

o máximo de área trincada e deformação permanente admissível para o dimensionamento, conforme apresenta o Quadro 04.

Figura 2: Interface Software MeDiNa



Fonte: Software MeDiNa

Quadro 04: Tipos de vias

Tipo de Via	Confiabilidade	Área trincada	Def. Permanente
Sistema Arterial Principal	95%	30%	10mm
Sistema Arterial Primário	85%	30%	13mm
Sistema Arterial Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Coletor Primário	85%	30%	13mm
Sistema Coletor Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Local	65%	30%	20mm

Fonte: FRANCO E MOTTA, 2020, p.73

Tendo todos os dados de entrada inseridos no MeDiNa, o programa oferece ao projetista a opção de analisar a estrutura conforme foi inserida no software, realizando uma verificação comportamento do pavimento ao longo do período de

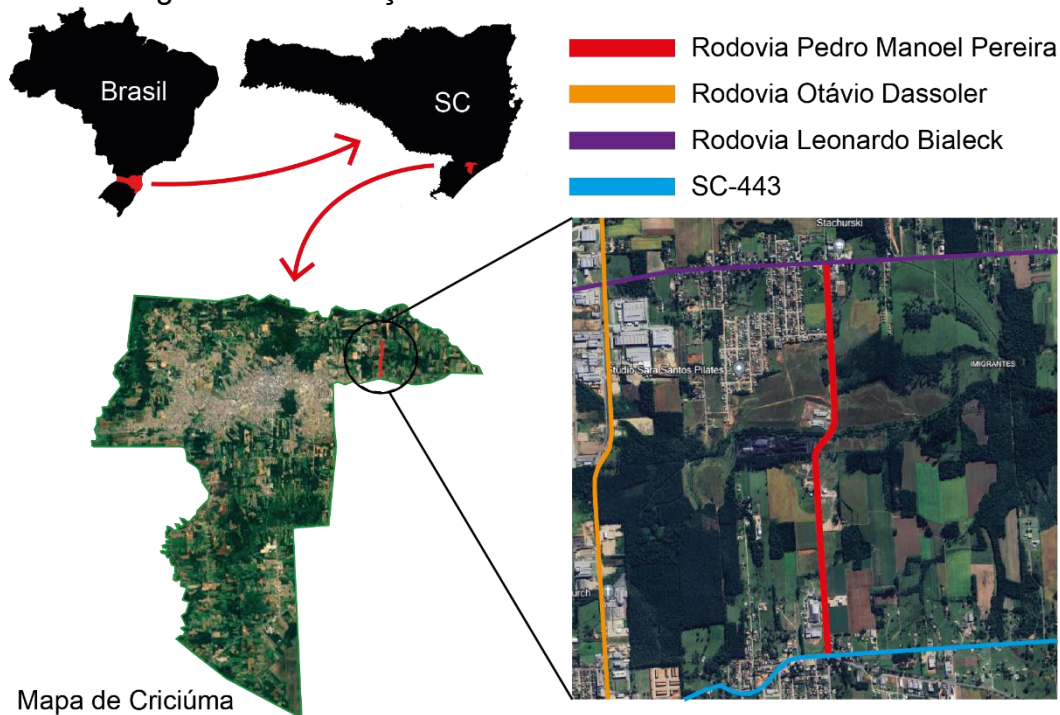
projeto, em termos de área trincada e deformação permanente, sem que altere a estrutura como foi arranjada. Ou então, é possível dimensionar uma das camadas selecionadas da estrutura para que o software nos de a espessura da camada selecionada que permitirá que a pavimentação suporte os esforços ao longo da vida útil do projeto.

2.2 Metodologia

2.2.1 Objeto de estudo

O presente artigo será desenvolvido com base em um trecho da Rodovia Pedro Manoel Pereira, localizada no município de Criciúma, Santa Catarina, entre o bairro Demboski, também em Criciúma, e a rodovia SC-443, do município de Morro da Fumaça, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Localização da Rodovia Pedro Manoel Pereira



Fonte: Google Earth (2023) adaptado pelo Autor

A Rodovia Pedro Manoel Pereira teve sua obra realizada entre os anos de 2022 e 2023, e sua inauguração oficial em agosto de 2023. Seu projeto, disponível no site da prefeitura de Criciúma, e execução foram desenvolvidos através de processos

licitatórios com um orçamento inicial total de R\$ 4.168.787,43 (Quatro milhões, cento e sessenta e oito mil e setecentos e sete reais, com quarenta e três centavos).

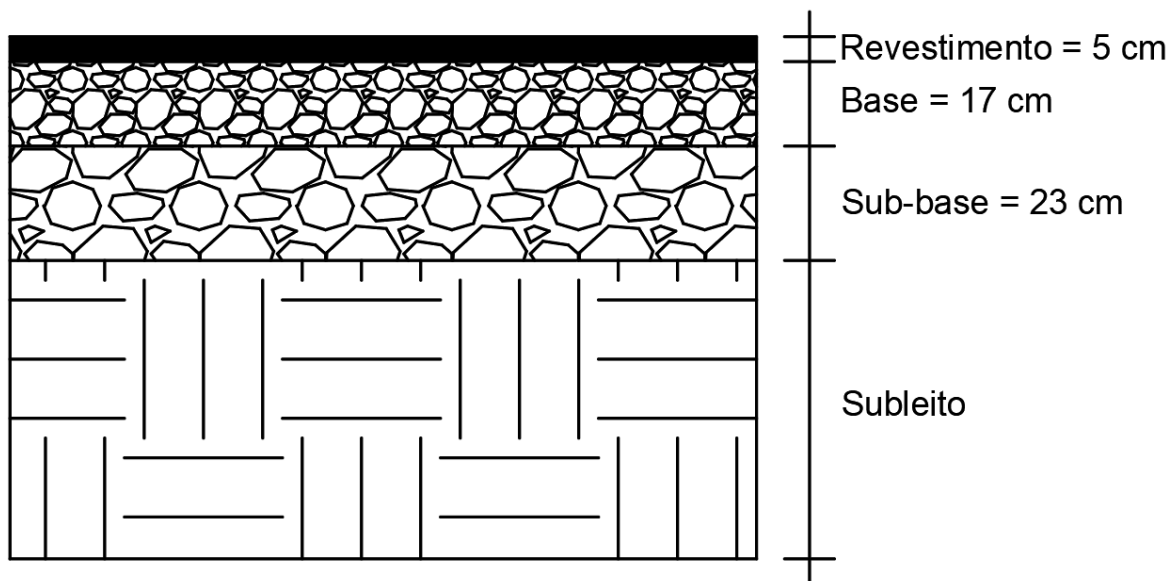
O dimensionamento da rodovia foi feito utilizando o método do DNER 81, sendo seus dados de entrada um solo de CBR médio utilizado de 6,9%, não sendo o CBR original do local, mas sim o CBR do material de substituição, número N equivalente de $3,0 \times 10^6$ e um período de projeto de 10 anos. Os materiais utilizados na composição da estrutura do pavimento são uma camada de sub-base de macadame seco, uma camada de base de brita graduada, uma pintura de imprimação utilizando emulsão asfáltica de imprimação (EAI), uma pintura de ligação com Emulsão Asfáltica RR-2C, e, por fim, uma camada de revestimento asfáltico com CAP 50/70.

A rodovia foi licitada para receber um novo pavimento por uma extensão de 2,2 quilômetros, sendo deste total 1,9 quilômetros de pavimento novo e o restante apenas de restauração com reperfilagem. A pavimentação executada possui, conforme projeto, uma largura de pista de 7,0 metros por toda sua extensão, com trechos apresentando acostamento de 3,0 metros. Entretanto a análise das estruturas se dará exclusivamente para a largura de pista de 7,0 metros, sendo desconsiderado os trechos de acostamento.

O projeto de terraplenagem da rodovia permite à empresa executante do serviço a possibilidade de substituir o material do subleito, quando for verificado a impossibilidade de utilização dos materiais de trechos escavados em trechos aterrados. É definida areia paleoduna – ou material com CBR superior a 10% – como o solo de aterro nestes casos, sendo sua compactação em camadas de no máximo 30 centímetros.

Por fim, tendo estes fatores definidos, o dimensionamento final da estrutura do pavimento executado ficou conforme Figura 4.

Figura 4: Estrutura do pavimento executado



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.2.2 Planilha orçamentária licitada

O projeto licitado pela prefeitura do município de criciúma consta com um orçamento totalizado em R\$ 4.168.787,43 (Quatro milhões, cento e sessenta e oito mil e setecentos e sete reais, com quarenta e três centavos) (Anexo A). Este valor foi obtido através de uma planilha orçamentaria com composições baseadas nas tabelas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obras), com suas datas base equivalentes de outubro de 2021 e abril de 2021, respectivamente.

O orçamento original apresenta um valor para reajustes de benefícios e despesas indiretas (BDI) de 23,01%, calculado conforme os a Fórmula do Acórdão 266/2013 – TCU (Fórmula 9).

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + R + G) \cdot (1 + DF) \cdot (1 + L)}{(1 - I)} - 1 \quad (9)$$

Desta forma, o projeto licitado deixa especificado os seguintes valores de taxas para a composição do BDI, conforme apresenta o quadro 05.

Quadro 05: Taxas BDI

Item	Descrição	Taxa (%)
1	Administração central	4,67
2	Seguro e Garantia	0,71
3	Riscos	0,94
4	Despesas Financeiras	1,21
5	Lucro	7,86
6	Impostos	5,65
6.1	Programa de Integração Social	0,65
6.2	Contribuição para Financiamento de Seguridade Social	3,00
6.3	Imposto Sobre Serviço (conforme legislação de cada município)	2,00
6.4	Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta	0,00

Fonte: Projeto Licitado adaptado pelo autor

2.2.3 Dados de entrada

Para a realização dos diferentes dimensionamentos, uma série de valores específicos de cada material se fez necessária. Desta forma, os dados que não foram encontrados no projeto original foram adquiridos através de revisões bibliográficas em pesquisas de outros autores. Fica, assim, estabelecido os valores de módulo de resiliência, coeficiente de Poisson para todos os materiais utilizados, e curva de fadiga para os materiais betuminosos, conforme apresentam os quadros 06, 07 e 08.

Quadro 06: Dados de entrada para os materiais de subleito

Material	Módulo de Resiliência (Mpa)	Coeficiente de Poisson	Fonte
Subleito Local	70	0,40	Projeto adaptado
Areia Paleoduna	180	0,35	Melo (2014)

Quadro 07: Dados de entrada para os materiais granulares

Material	Módulo de Resiliência	Coeficiente de Poisson	Fonte
Macadame Seco	300 MPa	0,35	Santos <i>et al.</i> (2019)

BGS	K ₁ : 1329	K ₂ : 0,58	0,35	Lima (2016)
-----	-----------------------	-----------------------	------	-------------

Quadro 08: Dados de entrada para os materiais de revestimento

Material	Módulo de Resiliência (Mpa)	Coefficiente de Poisson	Curva de Fadiga		Fonte
CAP 50/70	9588	0,30	K ₁ : 1x10 ⁻¹²	K ₂ : -3,599	Fritzen (2016)

Para valor do módulo de resiliência para o subleito local, foi utilizado uma relação da instrução de projetos do DER (2006) com o CBR, conforme apresentada na fórmula 10. Sendo o CBR utilizado igual a 4,286%, valor, este, adquirido através dos dados coletados nos ensaios realizados no projeto original.

$$MR = 22,0 \cdot CBR^{0,8} \quad (10)$$

Também será utilizado uma camada de base com Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), e um revestimento betuminoso com CAP modificado por borracha de pneu, com seus valores presentes no banco de dados do programa MeDiNa.

Os valores referentes ao tráfego da rodovia ficaram classificados com um N de 3 x 10⁶, assim como descrito no projeto original, e a via classificada como Sistema Arterial Secundário.

2.2.4 Dimensionamento 01

Para o primeiro dimensionamento será utilizado os mesmos materiais do pavimento executado e com o solo natural do local. As espessuras de base e sub-base serão mantidas a mesma da estrutura original, com alteração, somente, na espessura do revestimento asfáltico, determinada pelo software MeDiNa.

Através do software MeDiNa, será realizado uma análise do comportamento do pavimento em relação a sua porcentagem de área trincada e seu afundamento de trilha de rodas, para futura análise de desempenho e custos.

2.2.5 Dimensionamento 02

Para o segundo dimensionamento será utilizado os mesmos materiais do pavimento executado e com o solo de substituição por areia paleoduna. As espessuras de base e sub-base serão mantidas a mesma da estrutura original, com alteração, somente, na espessura do revestimento asfáltico, determinada pelo software MeDiNa.

Através do software MeDiNa, será realizado uma análise do comportamento do pavimento em relação a sua porcentagem de área trincada e seu afundamento de trilha de rodas, para futura análise de desempenho e custos.

2.2.6 Dimensionamento 03

Para o terceiro dimensionamento será substituído o revestimento de CAP 50/70 por CAP modificado por borracha de pneu, para as demais camadas serão utilizados os mesmos materiais do pavimento executado e com o solo de substituição por areia paleoduna. As espessuras de base e sub-base irão permanecer a mesma da estrutura original, com alteração, somente, na espessura do revestimento asfáltico, determinada pelo software MeDiNa.

Através do software MeDiNa, será realizado uma análise do comportamento do pavimento em relação a sua porcentagem de área trincada e seu afundamento de trilha de rodas, para futura análise de desempenho e custos.

2.2.7 Dimensionamento 04

Para o quarto dimensionamento realizado será substituída a brita graduada simples por brita graduada tratada com cimento, para as demais camadas serão utilizados os mesmos materiais do pavimento executado e com o solo de substituição por areia paleoduna. As espessuras de base e sub-base foram mantidas a mesma da estrutura original, com alteração, somente, na espessura do revestimento asfáltico, determinada pelo software MeDiNa.

Através do software MeDiNa, será realizado uma análise do comportamento do pavimento em relação a sua porcentagem de área trincada e seu

afundamento de trilha de rodas, para futura análise de desempenho e custos.

2.2.8 Comparação de custos

Para fins de uma comparação mais justa dos valores, dos diferentes dimensionamentos a serem realizados, o orçamento irá levar em consideração apenas os itens referentes a estrutura do pavimento e atualizando os custos utilizando a base de valores do SICRO de abril de 2023, com exceção dos materiais betuminosos que serão atribuídos os valores diretamente da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) referentes a abril de 2023. Os demais itens do orçamento, como terraplenagem, drenagem, sinalização e outros, não serão levados em consideração por não fazerem parte do objeto principal da pesquisa.

Os valores apresentados irão representar o custo total da execução dos novos trechos de pavimentação, totalizados em 1,9 quilômetros.

Todos os custos unitários serão reajustados conforme o BDI da obra, sendo este valor o mesmo utilizado na execução do orçamento do projeto para licitação.

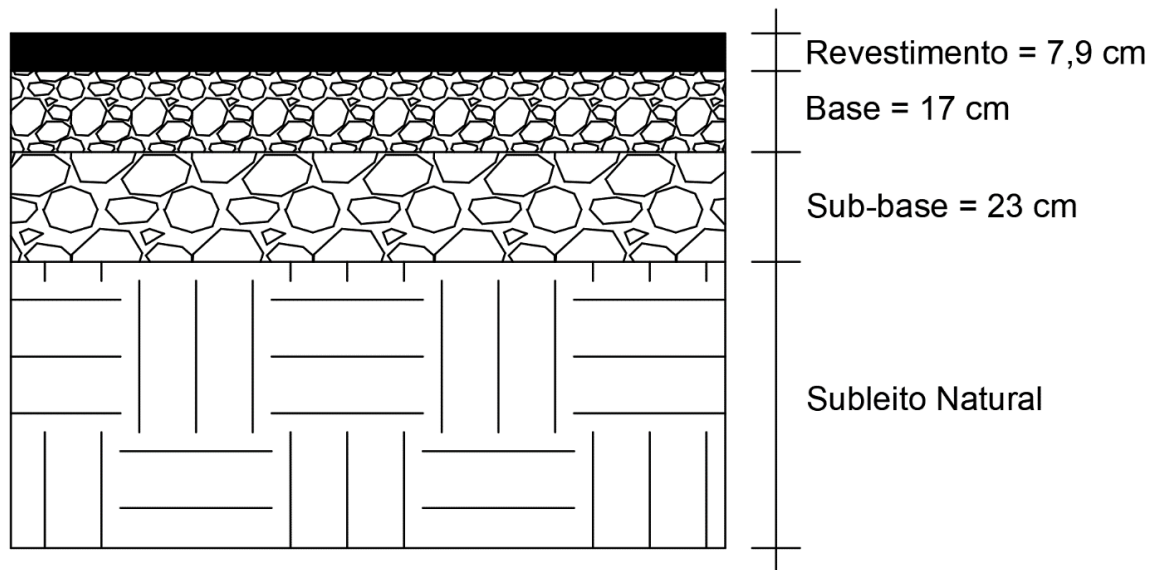
O orçamento final para a execução da estrutura do pavimento ficou conforme APÊNDICE A.

2.3 Resultados

2.3.1 Dimensionamento 01

O resultado do dimensionamento ficou conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5: Estrutura do dimensionamento 01



Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor para a execução desse pavimento ficou totalizado em R\$ 2.412.865,05 (dois milhões, quatrocentos e doze mil e oitocentos e sessenta e cinco reais com cinco centavos). Quantitativos e preços apresentados no Apêndice B.

O comportamento da estrutura ao longo do período de 10 anos fica estimado conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1: Evolução dos danos para o dimensionamento 01

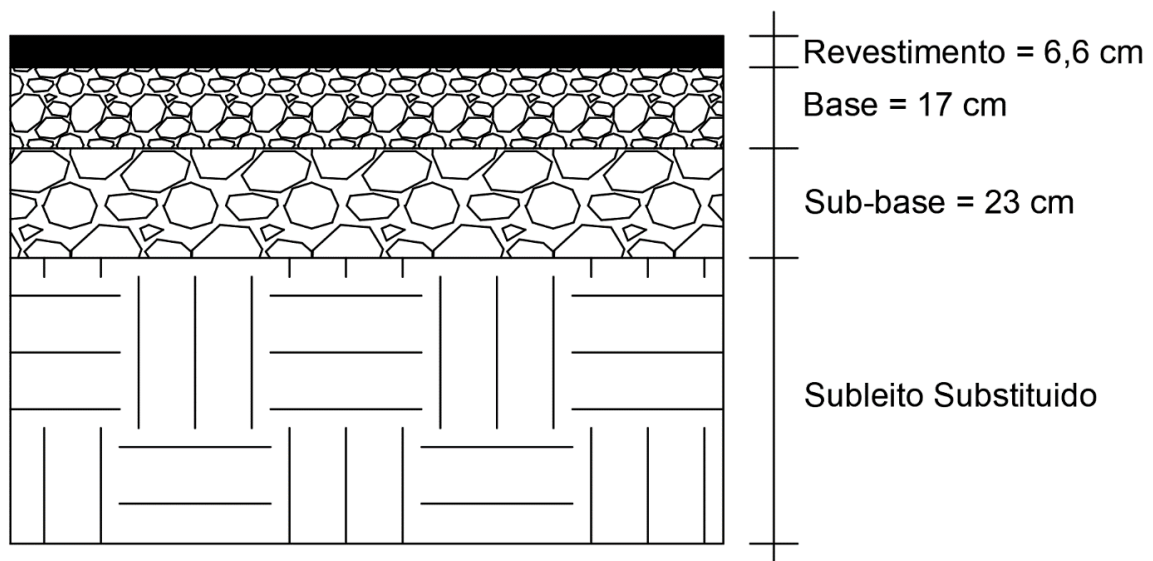
Dimensionamento 01			
Mês	N. equiv.	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,50E+04	0,84%	0
6	1,50E+05	1,77%	0
12	3,00E+05	2,58%	0
18	4,50E+05	3,34%	0
24	6,00E+05	4,14%	0
30	7,50E+05	4,98%	0
36	9,00E+05	5,89%	0
42	1,05E+06	6,87%	0
48	1,20E+06	7,93%	0
54	1,35E+06	9,08%	0
60	1,50E+06	10,32%	0
66	1,65E+06	11,67%	0
72	1,80E+06	13,10%	0
78	1,95E+06	14,64%	0
84	2,10E+06	16,28%	0
90	2,25E+06	18,02%	0
96	2,40E+06	19,86%	0
102	2,55E+06	21,80%	0
108	2,70E+06	23,82%	0
114	2,85E+06	25,94%	0
120	3,00E+06	28,13%	0

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.2 Dimensionamento 02

O resultado do dimensionamento ficou conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6: Estrutura do dimensionamento 02



Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor para a execução desse pavimento ficou totalizado em R\$ 2.260.499,37 (dois milhões, duzentos e sessenta mil e quatrocentos e noventa e nove reais com trinta e sete centavos). Quantitativos e preços apresentados no Apêndice B.

O comportamento da estrutura ao longo do período de 10 anos fica estimado conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2: Evolução dos danos para o dimensionamento 02

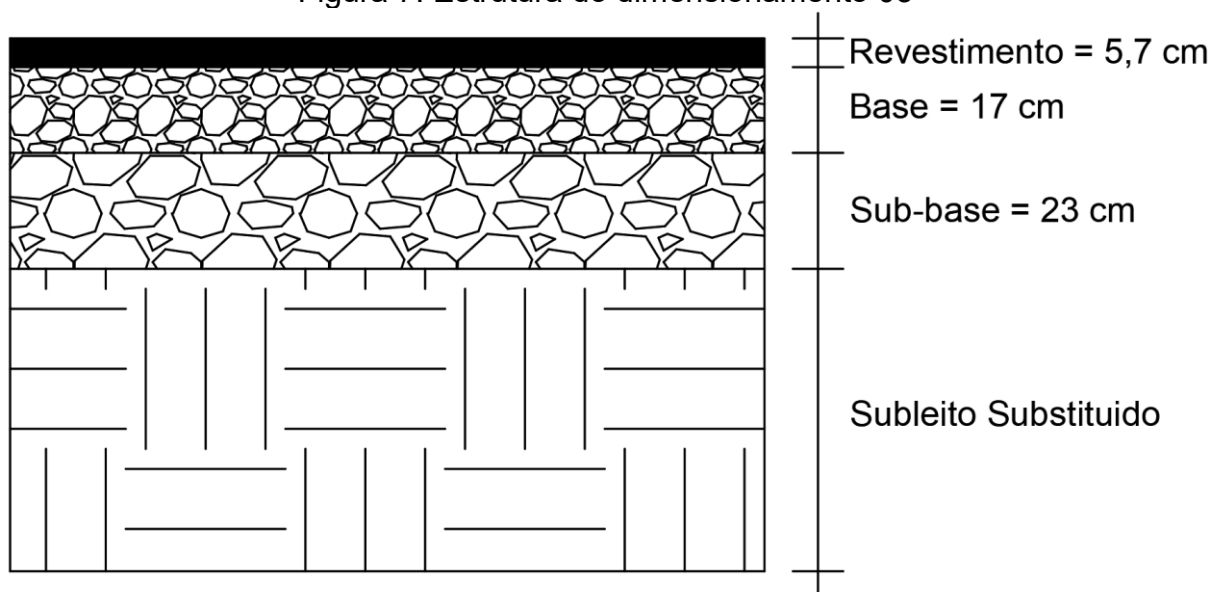
Dimensionamento 02			
Mês	N. equiv.	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,50E+04	0,85%	0
6	1,50E+05	1,80%	0
12	3,00E+05	2,62%	0
18	4,50E+05	3,41%	0
24	6,00E+05	4,24%	0
30	7,50E+05	5,11%	0
36	9,00E+05	6,06%	0
42	1,05E+06	7,09%	0
48	1,20E+06	8,21%	0
54	1,35E+06	9,42%	0
60	1,50E+06	10,73%	0
66	1,65E+06	12,14%	0
72	1,80E+06	13,66%	0
78	1,95E+06	15,29%	0
84	2,10E+06	17,02%	0
90	2,25E+06	18,86%	0
96	2,40E+06	20,80%	0
102	2,55E+06	22,85%	0
108	2,70E+06	24,98%	0
114	2,85E+06	27,21%	0
120	3,00E+06	29,52%	0

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.3 Dimensionamento 03

O resultado do dimensionamento ficou conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7: Estrutura do dimensionamento 03



Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor para a execução desse pavimento ficou totalizado em R\$ 2.288.015,48 (dois milhões, duzentos e oitenta e oito mil e quinze reais com quarenta e oito centavos). Quantitativos e preços apresentados no Apêndice B.

O comportamento da estrutura ao longo do período de 10 anos fica estimado conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3: Evolução dos danos para o dimensionamento 03

Mês	N. equiv.	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,50E+04	1,23%	0
6	1,50E+05	2,47%	0
12	3,00E+05	3,44%	0
18	4,50E+05	4,33%	0
24	6,00E+05	5,20%	0
30	7,50E+05	6,10%	0
36	9,00E+05	7,04%	0
42	1,05E+06	8,05%	0
48	1,20E+06	9,11%	0
54	1,35E+06	10,25%	0
60	1,50E+06	11,46%	0
66	1,65E+06	12,75%	0
72	1,80E+06	14,12%	0
78	1,95E+06	15,58%	0
84	2,10E+06	17,13%	0
90	2,25E+06	18,76%	0
96	2,40E+06	20,48%	0
102	2,55E+06	22,28%	0
108	2,70E+06	24,16%	0
114	2,85E+06	26,13%	0
120	3,00E+06	28,16%	0

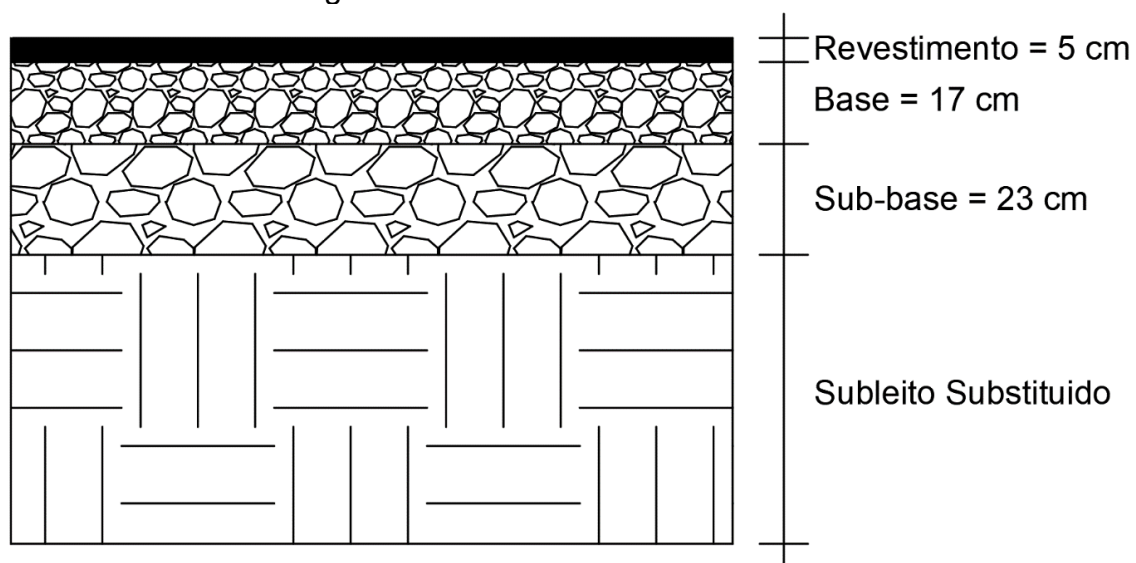
Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.4 Dimensionamento 04

Para este pavimento o solo natural do local e, também, o solo de substituição não suportaram a BGTC pois apresentariam uma deflexão acima do limite permitido por norma, desta forma, para fins de cálculos, o material do subleito foi substituído por um solo, presente no banco de dados do software MeDiNa, de maior resistência.

O resultado do dimensionamento ficou conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8: Estrutura do dimensionamento 04



Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor para a execução desse pavimento ficou totalizado em R\$ 2.207.508,25 (dois milhões, duzentos e sete mil e quinhentos e oito reais com vinte e cinco centavos). Quantitativos e preços apresentados no Apêndice B.

O comportamento da estrutura ao longo do período de 10 anos fica estimado conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4: Evolução dos danos para o dimensionamento 04

Dimensionamento 04			
Mês	N. equiv.	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,50E+04	0,32%	1,40
6	1,50E+05	0,60%	1,58
12	3,00E+05	0,78%	1,65
18	4,50E+05	0,91%	1,70
24	6,00E+05	1,03%	1,74
30	7,50E+05	1,13%	1,77
36	9,00E+05	1,23%	1,79
42	1,05E+06	1,33%	1,82
48	1,20E+06	1,43%	1,84
54	1,35E+06	1,52%	1,86
60	1,50E+06	1,62%	1,88
66	1,65E+06	1,72%	1,90
72	1,80E+06	1,81%	1,92
78	1,95E+06	1,91%	1,94
84	2,10E+06	2,01%	1,95
90	2,25E+06	2,11%	1,97
96	2,40E+06	2,21%	1,99
102	2,55E+06	2,31%	2,00
108	2,70E+06	2,41%	2,02
114	2,85E+06	2,51%	2,03
120	3,00E+06	2,62%	2,05

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.5 Dimensionamento Executado

O valor corrigido, do pavimento executado, para o SICRO atual (abril de 2023) ficou totalizado em R\$ 2.072.972,37 (dois milhões, setenta e dois mil e novecentos e setenta e dois mil reais com trinta e sete centavos). Quantitativos e preços apresentados no Apêndice B.

O comportamento da estrutura ao longo do período de 10 anos fica estimado conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Evolução dos danos para o dimensionamento executado

Dimensionamento Executado			
Mês	N. equiv.	Área Trincada	ATR (mm)
1	2,50E+04	0,98%	0
6	1,50E+05	2,18%	0
12	3,00E+05	3,33%	0
18	4,50E+05	4,53%	0
24	6,00E+05	5,86%	0
30	7,50E+05	7,35%	0
36	9,00E+05	9,03%	0
42	1,05E+06	10,91%	0
48	1,20E+06	13,02%	0
54	1,35E+06	15,34%	0
60	1,50E+06	17,89%	0
66	1,65E+06	20,66%	0
72	1,80E+06	23,64%	0
78	1,95E+06	26,81%	0
84	2,10E+06	30,16%	0
90	2,25E+06	33,67%	0
96	2,40E+06	37,30%	0
102	2,55E+06	41,03%	0
108	2,70E+06	44,83%	0
114	2,85E+06	48,67%	0
120	3,00E+06	52,52%	0

Fonte: Elaborado pelo autor

2.4 Análise dos Resultados

Conforme apresentados anteriormente, o quadro 09 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 09: Resumo de resultados

Estrutura	Camada	Material	Espessura (cm)	Preço (R\$)
Dim. Executado	Revestimento	CAP 50/70	5,00	2.072.972,37
	Base	BGS	17,00	
	Sub-base	Macadame Seco	23,00	
Dim. 01 (Solo Natural)	Revestimento	CAP 50/70	7,90	2.412.865,05
	Base	BGS	17,00	
	Sub-base	Macadame Seco	23,00	
Dim. 02 (Solo Substituído)	Revestimento	CAP 50/70	6,60	2.260.499,37
	Base	BGS	17,00	
	Sub-base	Macadame Seco	23,00	

Dim. 03 (Solo Substituído)	Revestimento	CAP Borracha	5,70	2.288.015,48
	Base	BGS	17,00	
	Sub-base	Macadame Seco	23,00	
Dim. 04 (Solo Substituído)	Revestimento	CAP 50/70	5,00	2.207.508,25
	Base	BGTC	17,00	
	Sub-base	Macadame Seco	23,00	

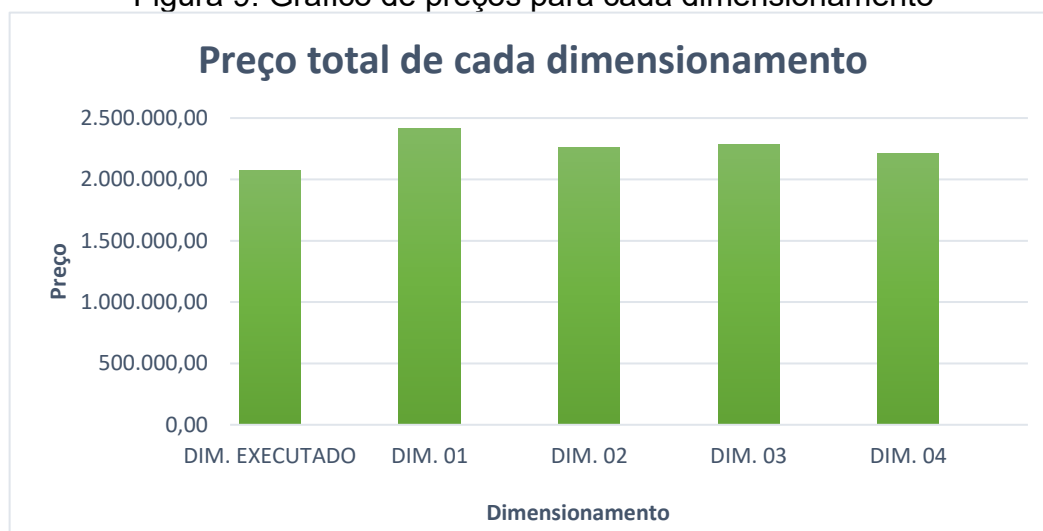
Fonte: Elaborado pelo autor

É possível observar pelos resultados, em relação ao dimensionamento 1 e 2, que, a espessura do revestimento foi maior quando para o solo natural em relação ao solo substituído. Fato esse, pode ser atrelado ao valor de módulo de resiliência do subleito do projeto, como descrito no item 2.2.1. O solo natural apresenta um valor consideravelmente menor desse parâmetro, exigindo, portanto, uma camada mais espessa para mitigar a força do carregamento que atinge o subleito.

Em relação ao dimensionamento utilizando o CAP borracha, foi possível observar uma espessura de revestimento levemente mais fina que o dimensionamento 02, porém com um custo um pouco maior. Este valor superior fica atrelado ao fato de o CAP borracha possui um custo unitário superior ao CAP 50/70. Desta forma quando analisados os orçamentos de cada dimensionamento, foi possível perceber uma proximidade nos preços de cada solução.

A Figura 9 apresenta um comparativo entre o preço total de cada dimensionamento.

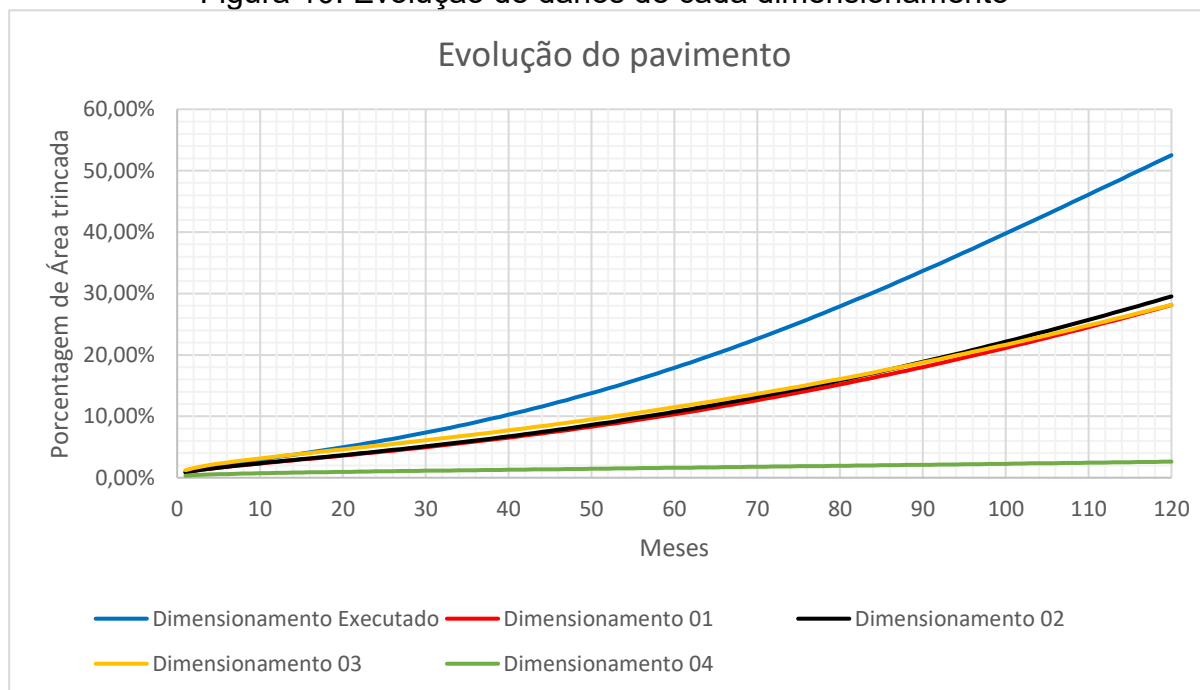
Figura 9: Gráfico de preços para cada dimensionamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro fator de importância para esta análise é a evolução dos danos de cada dimensionamento em relação a porcentagem de área trincada, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Evolução de danos de cada dimensionamento



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico de evolução de danos mostra um aumento constante da porcentagem da área trincada de cada dimensionamento, mês a mês. É possível constatar que os dimensionamentos 01, 02 e 03 seguiram curvas semelhantes e chegaram ao final do período de 10 anos com porcentagens próximas a 30%. Isto exigiria destas opções de pavimentação uma restauração ao fim de sua vida útil, conforme já seria planejado em seu projeto.

As evoluções de danos do dimensionamento 04 e do pavimento executado foram aquelas que divergiram dos demais. Na curva do pavimento executado torna-se perceptível que a estrutura atingiria sua porcentagem máxima de área trincada por volta do seu sétimo ano de uso, o que exigiria um investimento de aproximadamente R\$ 770.500,00 (setecentos e setenta mil e quinhentos reais), conforma a tabela de custos médios gerenciais para recuperação de pavimentos do DNIT de abril de 2023, antes do fim da vida útil. Isso faria com que o valor da obra ultrapassar os gastos planejados para os dimensionamentos 01, 02 e 04.

Em relação ao dimensionamento 04, é possível constatar que ao final dos 10 anos, o pavimento não chega perto dos 30% máximos de área trincada. Entretanto, como mostrado nos resultados anteriormente, a estrutura atinge o limite máximo de afundamento de trilha de roda aos 10 anos, estabelecendo, assim, a vida útil de 10 anos.

Em relação ao comportamento do afundamento de trilha de roda dos dimensionamentos, foi perceptível que o MeDiNa nos deu o valor apenas para a solução com BGTC e não apresentou para as demais. Isto ocorre, pois, como dito anteriormente, o valor da BGTC foi utilizado do próprio banco de dados do software, desta forma este material possuía incluso os valores de deformação permanente, e os demais materiais não tinham estes dados incluídos devido ao fato da impossibilidade de realização dos ensaios necessários e a falta destes nos trabalhos dos quais foram retirados os dados utilizados.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou analisar e comparar dois métodos distintos de dimensionamento da estrutura de pavimentos. Para isso, utilizou-se uma rodovia já dimensionada pelo método DNER 81 e executada, localizada no município de Criciúma, a fim de realizar tal estudo. Neste contexto, foram dimensionadas, pelo método MeDiNa, quatro estruturas de pavimentos com diferentes características e materiais, bem como seus orçamentos. Além disso, foi conduzida uma análise da evolução de danos no pavimento ao longo de sua vida útil.

De forma geral, os resultados desenvolvidos nesta pesquisa representam uma contribuição para o aperfeiçoamento dos futuros projetos rodoviários a serem desenvolvidos no contexto nacional. O objetivo é minimizar cada vez mais os gastos com revitalizações de pavimentos, possibilitando a realocação desses custos em novas estradas por todo o Brasil

Como resultado, verificou-se que o pavimento executado na rodovia não suportará os 10 anos projetados, sendo necessário uma intervenção antes do período proposto. Este resultado se iguala ao de Mendes e Cargnin (2020) ao analisar um trecho da BR-101, dimensionada pelo DNER81, que quando submetido à análise pelo MeDiNa o trecho, também, não resistiu aos esforços por toda sua vida útil. Em

contrapartida, vemos que simples mudanças na estrutura executada, como o aumento de alguns centímetros de revestimento asfáltico, seriam suficientes para a durabilidade do pavimento ao longo de toda sua vida útil.

De modo geral foi perceptível que o método de dimensionamento DNER81 ocasiona um custo para execução da pavimentação menor que o dimensionamento pelo MeDiNa. Esta realidade também é perceptível no artigo de Knabben e Villena (2022) que ao analisar o custo de oito dimensionamentos, os menores orçamentos para cada categoria foram os de pavimentos dimensionados pelo método DNER81.

Foi visto que, ao fim dos 10 anos, o dimensionamento executado, que inicialmente possuía o menor custo, exigirá um investimento para sua recuperação, o tornando, assim, ao final do período, como uma opção mais cara do que as outras, com exceção do dimensionamento utilizando CAP Borracha. Um ponto importante a ser considerado acerca deste estudo, é o fato de o orçamento não abranger demais itens além dos serviços de pavimentação. Dessa forma, uma nova pesquisa incluindo estes valores, principalmente os custos de terraplenagem, seria de extrema importância.

Também é indicado um futuro monitoramento da rodovia analisada para a verificação da eficácia de previsão do software MeDiNa. Desta forma este possível trabalho aprofundaria ainda mais a competência e assertividade do método MeDiNa

Além destes, é importante ressaltar que o software MeDiNa está, ainda, em processo de aperfeiçoamento, sendo necessário que o projetista que o utiliza tome algumas precauções. Também é de extrema importância lembrar que as análises do MeDiNa se fazem muito mais assertivas quando feitas com valores reais dos materiais e solos presentes na obra. No entanto, devido à impossibilidade de obtenção desses valores, as referências bibliográficas tornam-se de grande importância.

Por fim, percebe-se que os valores oriundos do MeDiNa apresentam camadas mais espessas e, conseqüentemente, mais onerosas. No entanto, no resultado, mostram-se cruciais para o bom desempenho do pavimento e para garantir o funcionamento durante toda a sua vida útil de projeto.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras Asfaltos, Abeda, 2010.

CARLESSO, Gabriela Ceccon. **RESISTÊNCIA À FADIGA DE DIFERENTES MISTURAS ASFÁLTICAS: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MISTURAS CONVENCIONAIS, MODIFICADAS COM NANOARGILA E MODIFICADAS COM BORRACHA MOÍDA DE PNEU**. 2014. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). **Anuário cnt do transporte**. 7. ed. Brasília: Sest Senat, 2022a. 25 p. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/Inicial>. Acesso em: 30 maio 2023.

_____. **PESQUISA CNT DE RODOVIAS 2022**. 25. ed. Brasília: Sest Senat, 2022b. 232 p. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 24 maio 2023.

_____. **Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram>. Acesso em: 26 jun. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2023, Brasil. **Custo Médio Gerencial**. Dnit, 2023. 5 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/custo-medio-gerencial>. Acesso em: 03 nov. 2023.

_____. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**. 3 ed. Rio de Janeiro: Ipr, 2006. 274 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf. Acesso em: 29 maio 2023. (DNIT, 2006).

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **IP-DE-P00/001: INSTRUÇÃO DE PROJETO: PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO**. São Paulo: Secretária de Transportes, 2006. 53 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER81: MÉTODO DE PROJETO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**. 3 ed. Rio de Janeiro: Dner, 1981. 34 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/667_metodo_de_projeto_de_pavimentos_flexiveis.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença. **MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**: sispav. 2007. 294 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Coppe/Ufrj, Rio, 2007. Disponível em:

<http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/151-2007/1107-filipe-augusto-cinque-de-proenca-franco>. Acesso em: 28 jun. 2023.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Manual para utilização do Método Mecanístico-Empírico MeDiNa**. Rio de Janeiro: Coppe/lpr, 2020.

FRITZEN, Marcos Antonio. **DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA PARA PREVISÃO DO DANO POR FADIGA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2016. 262 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

KNABBEN, Ramon Mendes; VILLENA, Joe. COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE OITO ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DIMENSIONADAS PELO MÉTODO DNER/81 E PELO MÉTODO MEDINA. In: CONGRESSO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO (CILA), 21., 2022, Punta del Este. **Libro Tecnico de Trabajos Completos**. Punta del Este: Asociación Uruguaya de Caminos, 2022. p. 2573-2586.

LIMA, Caroline Dias Amancio de. **ESTUDO DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE DE DUAS BRITAS GRADUADAS PARA USO**. 2016. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MARTINS, Fernando et al. **INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NO BRASIL: para onde vamos?**. São Paulo: Bain & Company, 2016. 24 p. Disponível em: https://www.bain.com/contentassets/7e48e0824a0e4f2ba4542d36c130cef1/infraestrutura-rodoviaria-no-brasil-para-onde-vamos_pt.pdf. Acesso em: 29 maio 2023. (MARTINS et al., 2016)

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. 638 p. (MEDINA; MOTTA, 2015)

MELO, João Victor Staub de. **Desenvolvimento e estudo do comportamento reológico e desempenho mecânico de concretos asfálticos modificados com nanocompósitos**. 2014. 414 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MENDES, Bruna Pereira; CARGNIN, Manuela Mateus de Bona. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: DNER (1981) E MEDINA (2018) PARA RODOVIA BR-101, TRECHO ARARANGUÁ/SC**. 2020. 23 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Unibave, Orleans, 2020.

SANTOS, Thaís Aquino dos *et al.* **Avaliação da resistência e da deformação resiliente de quatro solos de subleitos rodoviários no estado do Rio Grande do Sul**. *Transportes*, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 48-64, 30 abr. 2019. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v27i1.1531>.

APÊNDICE A – ORÇAMENTO DA PAVIMENTAÇÃO

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA							
ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND.	CUSTO UNITÁRIO	BDI (%)	PREÇO UNITÁRIO
1.1	SICRO	4011209	Regularização do subleito	m ²	1,15	23,01	1,41
1.2	SICRO	4011279	Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial	m ³	95,95	23,01	118,03
1.3	SICRO	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m ³ - rodovia pavimentada (DMT 35KM)	tkm	0,59	23,01	0,73
1.4	SICRO	4011276	Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial	m ³	212,76	23,01	261,72
1.5	SICRO	4011561	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento executada com vibroacabadora - brita comercial	m ³	259,91	23,01	319,72
1.6	SICRO	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m ³ - rodovia pavimentada (DMT 35KM)	tkm	0,59	23,01	0,73
1.7	ANP	ABR/23 - RS	CIMENTOS ASFÁLTICOS CAP-50-70	kg	3,06	23,01	3,76
1.8	ANP	ABR/23 - PR	CAP MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU AB22	kg	3,91	23,01	4,81
1.9	SICRO	4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	198,46	23,01	244,13
1.10	SICRO	4011471	Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial	t	235,65	23,01	289,87
1.11	SICRO	4011352	Imprimação com emulsão asfáltica	m ²	0,41	23,01	0,50
1.12	ANP	ABR/23 - RS	ASFALTOS DILUÍDOS CM-30	kg	3,94	23,01	4,85
1.13	SICRO	4011353	Pintura de ligação	m ²	0,28	23,01	0,34
1.14	ANP	ABR/23 - PR	EMULSÕES ASFÁLTICAS RR-2C	kg	2,63	23,01	3,24
1.15	SICRO	5914622	Transporte de material betuminoso com caminhão tanque distribuidor - rodovia pavimentada (DMT 280KM)	tkm	1,84	23,01	2,26
1.16	SICRO	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m ³ - rodovia pavimentada (DMT 15KM)	tkm	0,59	23,01	0,73

APÊNDICE B – QUANTITATIVO E PREÇO DE CADA DIMENSIONAMENTO

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA				DIM. EXECUTADO		DIM. 01		DIM. 02		DIM. 03		DIM. 04	
ITEM	DESCRIÇÃO	UND.	PREÇO UNITÁRIO	QUANTIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	PREÇO
1.1	Regularização do subleito	m²	1,41	14.843,71	20.998,14	14.843,71	20.998,14	14.843,71	20.998,14	14.843,71	20.998,14	14.843,71	20.998,14
1.2	Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial	m³	118,03	3.313,38	391.072,28	3.313,38	391.072,28	3.313,38	391.072,28	3.313,38	391.072,28	3.313,38	391.072,28
1.3	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (DMT 35KM)	tkm	0,73	284.122,59	206.204,52	284.122,59	206.204,52	284.122,59	206.204,52	284.122,59	206.204,52	284.122,59	206.204,52
1.4	Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial	m³	261,72	2.319,62	607.080,65	2.319,62	607.080,65	2.319,62	607.080,65	2.319,62	607.080,65	-	-
1.5	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento executada com vibrocabadora - brita comercial	m³	319,72	-	-	-	-	-	-	-	-	2.319,62	741.616,53
1.6	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (DMT 35KM)	tkm	0,73	216.768,06	157.321,37	216.768,06	157.321,37	216.768,06	157.321,37	216.768,06	157.321,37	216.768,06	157.321,37
1.7	CIMENTOS ASFÁLTICOS CAP-50-70	kg	3,76	92.363,09	347.118,65	145.933,69	548.447,46	121.919,29	458.196,61	-	-	92.363,09	347.118,65
1.8	CAP MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU AB22	kg	4,81	-	-	-	-	-	-	193.623,21	930.625,62	-	-
1.9	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	244,13	666,06	162.603,30	1.052,38	256.913,22	879,20	214.636,36	-	-	666,06	162.603,30
1.10	Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial	t	289,87	-	-	-	-	-	-	1.425,38	413.178,39	-	-
1.11	Imprimação com emulsão asfáltica	m²	0,50	13.321,28	6.718,47	13.321,28	6.718,47	13.321,28	6.718,47	13.321,28	6.718,47	13.321,28	6.718,47
1.12	ASFALTOS DILUÍDOS CM-30	kg	4,85	12.255,58	59.411,88	12.255,58	59.411,88	12.255,58	59.411,88	12.255,58	59.411,88	12.255,58	59.411,88
1.13	Pintura de ligação	m²	0,34	13.321,28	4.588,22	13.321,28	4.588,22	13.321,28	4.588,22	13.321,28	4.588,22	13.321,28	4.588,22
1.14	EMULSÕES ASFÁLTICAS RR-2C	kg	3,24	6.660,64	21.566,88	6.660,64	21.566,88	6.660,64	21.566,88	6.660,64	21.566,88	6.660,64	21.566,88
1.15	Transporte de material betuminoso com caminhão tanque distribuidor - rodovia pavimentada (DMT 280KM)	tkm	2,26	31.158,21	70.522,99	46.157,97	104.473,22	39.433,94	89.254,15	59.511,04	134.696,33	31.158,21	70.522,99
1.16	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (DMT 15KM)	tkm	0,73	24.477,85	17.765,02	38.675,01	28.068,73	32.310,76	23.449,83	51.313,57	37.241,29	24.477,85	17.765,02
TOTAL					2.072.972,37		2.412.865,05		2.260.499,37		2.990.704,04		2.207.508,25

ANEXO A – ORÇAMENTO LICITADO



ESTADO DE SANTA CATARINA
 PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA
 ENDEREÇO: R. Domênico Sônego, 542 - Santa Barbara, Criciúma - SC, 88803-000

PO - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
 OBRA: PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA RODOVIA PEDRO MANOEL PEREIRA

DATA BASE: 11/2021
 SINAPI: 10/2021
 SICRO: 04/2021

BDI 01 23,01%

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA - RODOVIA PEDRO MANOEL PEREIRA

Nº	FONTE	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (SEM BDI) R\$	BDI (%)	PREÇO UNITÁRIO (COM BDI) R\$	PREÇO TOTAL (R\$)
-	-	-	PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA RODOVIA PEDRO MANOEL PEREIRA						
1	-	-	ADMINISTRAÇÃO LOCAL DA OBRA						
1.1	SINAPI	78472	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO, INCLUSIVE NOTA DE SERVIÇO, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	M2	22.213,03	0,32	23,01%	0,39	8.663,08
1.2	SINAPI	100306	ENGENHEIRO CIVIL PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	500,00	112,33	23,01%	138,18	69.090,00
1.3	SINAPI	88321	TÉCNICO EM LABORATORIO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	200,00	30,33	23,01%	37,31	7.462,00
1.4	SINAPI	90776	ENCARREGADO GERAL DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1.200,00	33,69	23,01%	41,44	49.728,00
1.5	SINAPI	10777	LOCAÇÃO DE SANITÁRIO QUÍMICO	MÊS	10,00	738,02	23,01%	907,87	9.078,70
SUB - TOTAL 1 (ADMINISTRAÇÃO LOCAL) (R\$)									144.021,78
2	-	-	SERVIÇOS PRELIMINARES						
2.1	SINAPI I	4813	PLACA DE OBRA EM CHAPA GALVANIZADA N.22, ADESIVADA DE 2x1,50m - PADRAO MUNICÍPIO	M2	6,00	250,00	23,01%	307,54	1.845,24
2.2	SICRO	3713610	CERCA COM 4 FIOS DE ARAME FARPADO E MOURÃO DE CONCRETO DE SEÇÃO QUADRADO DE 11 CM A CADA 2,5 M E ESTICADOR DE 15CM A CADA M 27,33 CADA 50M - AREIA E BRITA COMERCIAIS	M	100,00	27,33	23,01%	33,62	3.362,00
2.3	SICRO	4915768	CORTE E REMOÇÃO DE ÁRVORES	M3	80,00	11,96	23,01%	14,71	1.176,80
SUB-TOTAL 2 (SERVIÇOS PRELIMINARES) (R\$)									6.384,04
3	-	-	TERRAPLENAGEM						
3.1	SICRO	5502139	ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - DMT DE 800 A 1000 M - CAMINHO DE SERVIÇO EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO - COM ESCAVADEIRA E CAMINHÃO BASCULANTE 14 M3	M3	5.384,25	4,30	23,01%	5,29	28.482,68
3.2	SINAPI	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR ESTEIRA	M3	5.384,25	1,21	23,01%	1,49	8.022,53
3.3	SICRO	5502978	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL	M3	3.661,26	3,45	23,01%	4,24	15.523,74
3.4	SINAPI I	368	AREIA PARA ATERRO - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA SEM TRANSPORTE) - EMPOLAMENTO DE 20%	M3	1.500,00	20,40	23,01%	25,09	37.635,00
3.5	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3 - RODOVIA PAVIMENTADA (CAIXA DE EMPRESTIMO - DMT 19 KM) DENSIDADE 1,60 T/M3	TxKM	45.600,00	0,50	23,01%	0,62	28.272,00
SUB-TOTAL 3 (TERRAPLANAGEM) (R\$)									117.935,95
4	-	-	PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA						
4.1	-	-	PISTA						
4.1.1	SICRO	4011209	REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	M2	20.574,13	0,78	23,01%	0,96	19.751,16

Nº	FONTE	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (SEM BDI) R\$	BDI (%)	PREÇO UNITÁRIO (COM BDI) R\$	PREÇO TOTAL (R\$)
4.1.2	SICRO	4011279	BASE OU SUB-BASE DE MACADAME SECO COM BRITA COMERCIAL - ESPESURA 20CM	M3	4.623,34	100,05	23,01%	123,08	569.040,53
4.1.3	SICRO	5915321	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³ - RODOVIA EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO (MACADAME DMT 35 KM, DENSIDADE 1,8 T/M3)	TXKM	291.270,34	0,37	23,01%	0,46	133.984,35
4.1.4	SICRO	4011276	BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL - ESPESURA 17CM	M3	3.277,51	118,17	23,01%	145,37	476.451,28
4.1.5	SICRO	5915321	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³ - RODOVIA EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO (BRITA GRADUADA) DMT 35 KM, DENSIDADE 2,4 T/M3)	TXKM	275.310,64	0,37	23,01%	0,46	126.642,89
4.1.6	SINAPI	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA (EAI)	M2	18.930,10	6,86	23,01%	8,44	159.770,04
4.1.7	SINAPI	96402	EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C.	M2	18.930,10	2,50	23,01%	3,08	58.304,70
4.1.8	SINAPI	95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE.	M3	855,61	1.287,89	23,01%	1.584,29	1.355.532,14
4.1.9	SINAPI	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3 CONCRETO ASFÁLTICO A QUENTE DMT ATÉ 30 KM (MASSA ASFÁLTICA USINA P/ OBRA DMT 15 KM, DENSIDADE 2,50 T/M3)	M3XKM	12.834,13	1,89	23,01%	2,32	29.775,17
4.2	-	-	REPERFILAGEM						
4.2.1	SINAPI	96402	EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C.	M2	3.144,75	2,50	23,01%	3,08	9.685,83
4.2.2	SINAPI	95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE.	M3	165,04	1.287,89	23,01%	1.584,29	261.467,26
4.2.3	SINAPI	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3 CONCRETO ASFÁLTICO A QUENTE DMT ATÉ 30 KM (MASSA ASFÁLTICA USINA P/ OBRA DMT 15 KM, DENSIDADE 2,50 T/M3)	M3XKM	2.475,56	1,89	23,01%	2,32	5.743,30
4.3	-	-	REMENDO PROFUNDO						
4.3.1	SICRO	5502139	ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - DMT DE 800 A 1000 M - CAMINHO DE SERVIÇO EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO - COM ESCAVADEIRA E CAMINHÃO BASCULANTE 14 M3.	M3	102,00	4,30	23,01%	5,29	539,58
4.3.2	SICRO	4011276	BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL - ESPESURA 17CM	M3	102,00	118,17	23,01%	145,37	14.827,74
4.3.3	SICRO	5915321	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³ - RODOVIA EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO (BRITA GRADUADA) DMT 35 KM, DENSIDADE 2,4 T/M3)	TXKM	8.568,00	0,37	23,01%	0,46	3.941,28
SUB-TOTAL 4 (PAVIMENTAÇÃO) (R\$)									3.225.457,25
5	-	-	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRETES						
5.1	SICRO	4805757	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALA EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA	M3	278,34	4,73	23,01%	5,82	1.619,93
5.9	SICRO	4815671	REATERRO E COMPACTAÇÃO COM SOQUETE VIBRATÓRIO	M3	211,51	14,37	23,01%	17,68	3.739,49
5.2	SICRO	804081	BOCA BSTC D = 0,60 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UNID	1,00	573,89	23,01%	705,97	705,97
5.3	SICRO	804101	BOCA BSTC D = 0,80 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UNID	1,00	970,54	23,01%	1.193,91	1.193,91
5.4	SINAPI	95570	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS DE 300 MM - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO	M	49,00	78,86	23,01%	97,01	4.753,49
5.5	SINAPI	92809/37451	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS DE 400 MM - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO	M	180,00	86,14	23,01%	105,96	19.072,80
5.6	SICRO	2003850	LASTRO DE BRITA PARA BERÇO DE TUBULAÇÕES H = 5 cm	M3	9,16	81,80	23,01%	100,63	921,77
5.7	SICRO	804023	CORPO DE BSTC D = 0,60 M CA2 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	M	15,00	306,40	23,01%	376,92	5.653,80
5.8	SICRO	804031	CORPO DE BSTC D = 0,80 M CA2 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	M	15,00	433,42	23,01%	533,17	7.997,55
5.9	COMPOSIÇÃO	COMP-01	CAIXA BOCA DE LOBO C/ FUNDO EM CONCRETO, TAMPA DE CONCRETO, PAREDES EM BLOCO DE CONCRETO E GRELHA DE FERRO FUNDIDO	UNID	13,00	982,53	23,01%	1.208,66	15.712,58
5.10	SICRO	2003477	CAIXA COLETORA DE SARJETA CCS 01 - COM GRELHA DE CONCRETO TCC 01 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UNID	4,00	3.116,94	23,01%	3.834,29	15.337,16

Nº	FONTE	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (SEM BDI) R\$	BDI (%)	PREÇO UNITÁRIO (COM BDI) R\$	PREÇO TOTAL (R\$)
5.11	SICRO	2003357	TRANSPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE SARJETA - TSS 01 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UNID	35,00	153,31	23,01%	188,59	6.600,65
5.12	SICRO	2003957	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 02	UNID	1.714,43	62,22	23,01%	76,54	131.222,47
5.13	SINAPI	102684	DRENO PROFUNDO (SEÇÃO 0,5 X 1,5 M), COM TUBO PEAD CORRUGADO PERFURADO, DN 100 MM, ENCHIMENTO COM BRITA, ENVOLVIDO COM MANTA GEOTÊXTIL	M	1.000,00	139,76	23,01%	171,93	171.930,00
5.14	SINAPI	94273	MEIO FIO PRÉ-MOLDADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM - (fck mínimo de 20 MPa) - FORNECIMENTO E EXECUÇÃO	M	1.104,00	45,61	23,01%	56,11	61.945,44
SUB-TOTAL 5 (DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES) (R\$)									448.407,01
6	-	-	SINALIZAÇÃO VIÁRIA HORIZONTAL E VERTICAL						
6.1	SICRO	5213403	PINTURA DE FAIXA - TINTA BASE ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA - ESPESSURA DE 0,5 MM - COR AMARELA	M2	221,00	14,54	23,01%	17,89	3.953,69
6.2	SICRO	5213403	PINTURA DE FAIXA - TINTA BASE ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA - ESPESSURA DE 0,5 MM - COR BRANCA	M2	434,00	14,54	23,01%	17,89	7.764,26
6.3	SICRO	5213445	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO EM AÇO, R1 LADO 0,331 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UNID	4,00	335,36	23,01%	412,54	1.650,16
6.4	SICRO	5213856	SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE REGULAMENTAÇÃO - R1 - LADO DE 0,331 M	UNID	4,00	276,69	23,01%	340,37	1.361,48
6.5	SICRO	5213441	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO EM AÇO D = 0,80 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UNID	7,00	335,28	23,01%	412,44	2.887,08
6.6	SICRO	5213864	SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE REGULAMENTAÇÃO - D = 0,80 M	UNID	7,00	316,35	23,01%	389,16	2.724,12
6.7	SICRO	5213464	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE ADVERTÊNCIA EM AÇO, LADO DE 0,60 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UNID	7,00	195,55	23,01%	240,56	1.683,92
6.8	SICRO	5213863	SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE ADVERTÊNCIA - LADO DE 0,60 M	UNID	7,00	297,00	23,01%	365,35	2.557,45
6.9	SICRO	5213361	TACHÃO REFLETIVO EM PLÁSTICO INJETADO - BIDIRECIONAL - FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO	UNID	493,00	65,84	23,01%	80,99	39.928,07
6.10	SICRO	5219607	TACHA REFLETIVA EM PLÁSTICO INJETADO - BIDIRECIONAL TIPO II - FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO	UNID	1.040,00	21,75	23,01%	26,76	27.830,40
SUB-TOTAL 6 (SINALIZAÇÃO VIÁRIA VERTICAL E HORIZONTAL) (R\$)									92.340,63
7	-	-	CALÇADA						
7.1	SICRO	4011209	REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	M2	1.638,90	0,78	23,01%	0,96	1.573,34
7.2	SINAPI	92396	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM, FCK 35 MPA	M2	1.208,16	61,86	23,01%	76,10	91.940,97
7.3	SINAPI	92396	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR VERMELHO DE 20 X 20 CM, ESPESSURA 6 CM, DIRECIONAL E/OU ALERTA, FCK 35 MPA	M2	430,74	76,86	23,01%	94,55	40.726,46
SUB-TOTAL 7 (CALÇADA) (R\$)									134.240,77
TOTAL GERAL DA OBRA (R\$)									4.168.787,43