

# **MEMORIAL DE CÁLCULO DE PAVIMENTAÇÃO E PROJETO GEOMÉTRICO**

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**  
**MUNICÍPIO DE ANDRÉ DA ROCHA**  
**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

## **MEMORIAL DE CÁLCULO DE PAVIMENTAÇÃO E PROJETO GEOMÉTRICO**

O presente documento, designado como memorial de cálculo de pavimentação, tem por finalidade integrar todos os cálculos e métodos utilizados para determinar a espessura das camadas do pavimento do trecho de 5.220 metros lineares na estrada que vai sentido ao Município de Protásio Alves/RS. Além disso, apresenta os valores obtidos para a realização do projeto geométrico do trecho. Este trecho foi subdividido em quatro partes, sendo 1.500 metros lineares correspondentes ao trecho 1, 1.250 metros lineares ao trecho 2, 1.250 metros lineares ao trecho 3 e 1.220 metros lineares ao trecho 4, todos com as mesmas características geométricas.

As demais informações complementares encontram-se no memorial descritivo e na planta do projeto executivo, onde consta o estaqueamento e o perfil longitudinal de cada trecho, conforme levantamento topográfico feito in loco.

### **1. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO**

O dimensionamento de um pavimento consiste na determinação das espessuras das camadas e dos tipos de materiais que serão utilizados, como forma de construir uma estrutura capaz de suportar um determinado volume de tráfego pré-estabelecido pelo horizonte de projeto e nas condições climáticas.

No trecho em questão, adotou-se o Método de Projeto de Pavimento Flexível do DNER (1981), que simula os efeitos de repetições de um eixo padrão de 80kN. Esse método foi concebido pelo professor Murilo Lopes de Souza do Instituto Militar de Engenharia, sendo utilizado de forma quase unânime pelos órgãos rodoviários estaduais brasileiros, entre os quais se encontra o DAER/RS.

Tal método consiste na resolução de um sistema de inequações que determinam as espessuras das diversas camadas:

$$\begin{aligned} R.Kr + B.Kb &\geq H_{20} \\ R.Kr + B.Kb + h_{20}.Ks &\geq H_n \\ R.Kr + B.Kb + h_{20}.Ks + h_n.kn &\geq H_m \end{aligned}$$

Nas inequações acima,  $H_{20}$ ,  $H_n$  e  $H_m$  designam as espessuras mínimas para proteger a base, a sub-base e o subleito com índice de Suporte Califórnia igual a 1. Esses valores são obtidos no ábaco que acompanha o método. A figura 1, abaixo, ilustra estas camadas.

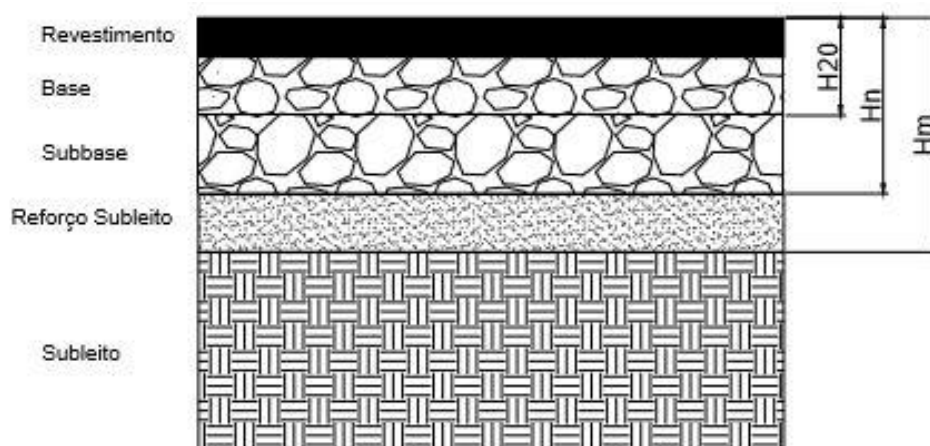


Figura 1. Espessura das camadas dos pavimentos do método DNER.

Os símbolos  $R$ ,  $B$ ,  $h_{20}$  e  $h_n$  designam, respectivamente, as espessuras do revestimento, espessura da base, espessura da sub-base e do reforço quando necessário. Neste caso, o reforço do subleito foi feito com uma camada de 40cm, conforme especificado no item 4.2 do memorial descritivo. O símbolo  $K$  é representativo do coeficiente estrutural de cada camada, expresso em equivalente de camada granular ( $k=1$ ), e é apresentado em função do tipo de material de cada camada, conforme figura 2 abaixo.

<b>CAMADA DO PAVIMENTO</b>	<b>COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)</b>
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Figura 2. Coeficientes estruturais (K) com base no tipo de material.

O método estabelece ainda a espessura mínima a adotar para o revestimento betuminoso, visando especialmente proteger as bases de comportamento puramente granular, em função do número N e de suportar as tensões de tração na fibra inferior do revestimento betuminoso, de acordo com a tabela 1, abaixo.

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

Tabela 1. Espessura de revestimento com base no número N.

Desta forma, a estimativa do número N tem por objetivo determinar o efeito de um veículo de eixo padrão (8,2 toneladas ou 80kN) na rodovia ao longo da vida útil do pavimento. A partir dos volumes de tráfego atual, da conversão dos eixos dos veículos comerciais (coletivo e carga) para o eixo equivalente e da distribuição dos volumes nos sentidos e nas faixas de pavimento, são obtidos os valores N de cada ano, com a equação a seguir:

$$N = 365 \times VDM \times FV \times FR \times FD$$

Onde:

VDM: Volume diário médio

FV: Fator Veículo

FR: Fator Climático Regional

FD: Fator de distribuição de tráfego pelas faixas

A VDM para a estrada em questão foi estimada em 75, com base em acompanhamentos diários.

Os demais dados de tráfego para a região em questão foram levantados e estão apresentados na tabela 2, abaixo. Com base neles, estima-se o número N, considerando somente veículos comerciais.

<b>Dados de Tráfego</b>	
<i>Tipo de veículo</i>	<i>Quantidade</i>
C. Leve	12
C. Médio	18
C. Pesado	35
Ônibus	4

Tabela 2. Dados estimados de tráfego na estrada.

O fator veículo é um fator que, multiplicado pelo número de veículos, fornece o número equivalente de passagens pelo eixo padrão. Na falta de maiores dados, o DNER admite o uso de dados de passagens feitas no RS, a partir da pesquisa DAER, conforme tabela 3, abaixo.

<b>Tipo de Veículo</b>	<b>F. Veículo</b>
C. Leve	0,063
C. Médio	1,371
C. Pesado	4,986
Ônibus	0,35

Tabela 3. FV por tipo de veículo.

Dessa forma, tem-se:

Veículo	%Vc	FV	% * FV
C. Leve	12	0,063	0,756
C. Médio	18	1,371	24,678
C. Pesado	35	4,986	174,51
Ônibus	4	0,35	1,4
Total	69		201,344

$$FV = 201,344/69 = 2,92$$

O fator climático regional adotado foi de 1,8, visto que o índice pluviométrico anual é maior que 1500mm.

### NÚMERO N

Adotando-se uma vida útil de 10 anos, chega-se aos seguintes valores:

ANO	VDM	N ANUAL	N ACUMULADO
2022	75	7,19E+04	7,19E+04
2023	77	7,39E+04	1,46E+05
2024	79	7,58E+04	2,22E+05
2025	81	7,77E+04	2,99E+05
2026	83	7,96E+04	3,79E+05
2027	85	8,15E+04	4,60E+05
2028	87	8,35E+04	5,44E+05
2029	89	8,54E+04	6,29E+05
2030	91	8,73E+04	7,17E+05
2031	93	8,92E+04	8,06E+05
2032	95	9,11E+04	8,97E+05

Conforme realização dos cálculos, obtém-se as seguintes espessuras para cada camada do pavimento:

<b>Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ)</b>	Esp. = 4,0 cm
<b>Brita Graduada (base classe A - DAER)</b>	Esp. = 15,0 cm;
<b>Macadame Seco</b>	Esp. = 20,0 cm;
<b>Reforço do subleito</b>	Esp. = 40,0 cm;

## 2. PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi desenvolvido com referência às Normas do DAER/1991 e Normas de Projeto Geométrico DAER/1994 (Aditivo 1), e também nos elementos básicos fornecidos pelos estudos de tráfego, topográficos e geotécnicos. Foi feito o levantamento topográfico in loco, com estacas de 20 em 20 metros, conforme apresentado na planta do projeto executivo, onde constam também as curvas de nível e o perfil longitudinal de todo o trecho.

### PROJETO PLANIMÉTRICO

O Projeto Geométrico quanto à planimetria se caracteriza por manter-se toda sua totalidade sobre a pista existente. O Projeto Geométrico atende em quase toda sua extensão às condições mínimas exigidas pelas normas do DAER no tocante a raios, transições e intertangentes.

### PROJETO ALTIMÉTRICO

O Projeto Geométrico quanto à altimetria foi desenvolvido de modo que o greide de terraplenagem respeite as condições estabelecidas para a classe da rodovia, em região ondulada, com velocidade diretriz de 60 km/h. As condições do greide são boas, sendo empregada como curva de concordância parábolas de segundo grau. Em trechos de curvas acentuadas foi adotada a velocidade de 40 km/h, conforme orientado pelo projeto de sinalização.

## 3. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O cálculo de volume de terraplenagem, foi efetuado com base nas áreas de corte/aterro de cada estaca individualmente, posteriormente foi efetuado o cálculo dos volumes geométricos. A distribuição dos volumes de corte/aterro ao longo do trecho foi efetuada a fim de diminuir as DMTs de transporte e otimizar a execução dos serviços.

Demais informações sobre o projeto de terraplenagem encontram-se no memorial descritivo deste projeto.

GRAFF ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA-ME  
CNPJ 28.986.378/0001-25

SAMANTHA  
GRAFF:02803769018

Assinado de forma digital por  
SAMANTHA GRAFF:02803769018  
Dados: 2026.02.02 14:57:47  
-03'00'

Eng. Samantha Graff  
CREA RS n° 212793

André da Rocha, 30 de janeiro de 2026.