

**MEMÓRIA DE CÁLCULO
DIMENSIONAMENTO DE
PAVIMENTO – ESTRADA
BARRA DO CERNE**

**ITAPEJARA D'OESTE-PR
DEZEMBRO DE 2025**

PROJETO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO:

O Projeto de pavimentação tem por finalidade definir as espessuras das camadas do pavimento, o tipo de pavimento, o tipo de material a ser empregado, de acordo com o tipo de material existente no subleito, bem como a topografia da região.

PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO:

ÍNDICE DE SUPORTE:

Trata-se de recape asfáltico com base granular aplicada sobre pavimento poliédrico existente com CBR 8,2% (menor CBR obtido no trecho).

COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL:

São recomendados pelo manual de projeto de pavimentos flexíveis, os seguintes coeficientes para os diferentes materiais indicados para constituírem a estrutura do pavimento.

TIPO DE PAVIMENTO COEFICIENTES.

Base ou revestimento de concreto betuminoso = 2,00

Base ou revestimento pré-misturado à quente, graduação densa = 1,70

Base ou revestimento pré-misturado à frio, graduação densa = 1,40

Base ou revestimento betuminoso por penetração = 1,20

Camadas granulares = 1,00

Sub-base granular = 0,77

Adotamos, genericamente, para designação dos coeficientes estruturais a simbologia a seguir apresentada:

KR – Coeficiente estrutural do revestimento betuminoso

KB – Coeficiente estrutural da base

KS – Coeficiente estrutural da sub-base

KREF – Coeficiente estrutural do reforço do subleito

ESPESSURA MÍNIMA DO REVESTIMENTO BETUMINOSO:

A espessura mínima a adotar para o revestimento betuminoso é um dos pontos ainda em aberto na engenharia, quer se trate de proteger a camada de base do reforço imposto pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços de tração na flexão. O método de dimensionamento do pavimento flexível do Eng.º Murilo Lopes de Souza, adotado pelo DNER sugere uma espessura mínima para o pavimento em função do número equivalente (N) de operações de um eixo padrão (8.2 t), durante o período de projeto escolhido, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: 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

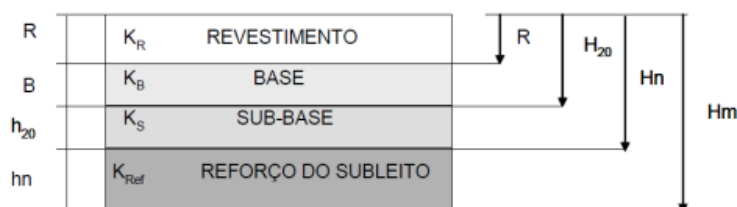
MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO:

O método de dimensionamento do pavimento flexível do Eng.º Murilo Lopes de Souza, adotado pelo DNER, vale-se de um gráfico, com auxílio do qual se obtém a espessura total do pavimento, em função do número “N” e do “ISC”;

Tal espessura total é obtida no gráfico, e em termos de $K=1,00$, ou seja, de camada granular; para outros constituintes hão que se multiplicá-los pelos respectivos valores de “K”.

Mesmo que o “ISC” do material de sub-base seja maior que 20%, a espessura do pavimento necessária para protegê-los, é determinada como se fosse esse valor igual a 20%.

A espessura da base (B), sub-base (H20), o reforço de subleito (Hm), são obtidos pela resolução sucessiva das inequações:



$$R * K_r + B * K_b > H_{20}$$

$$R * K_r + B * K_b + H_{20} * K_s > H_n$$

$$R * K_r + B * K_b + H_{20} * K_s + H_m * K_{ref} > H_m$$

Quando o CBR (ISC) da sub-base for maior ou igual a 40% e para

“N” < 10^6 , admite-se substituir, na inequação H_{20} , por $0,80 H_{20}$.

Para “N” > 10^7 , recomenda-se substituir, na equação H_{20} por $1,20 H_{20}$.

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO:

O dimensionamento do pavimento foi executado seguindo-se as recomendações do método do Eng.º Murilo Lopes de Souza, adotado pelo DNER.

Para o dimensionamento da altura “H” pode-se utilizar a seguinte fórmula:

$$H_n = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \text{ (em função do ábaco)}$$

Onde:

H_n = espessura do pavimento (cm)

N = número de operações equivalente ao eixo padrão (8,2t)

CBR = coeficiente estrutural de suporte $\leq 20\%$

Em função do ISC característico do subleito e do n.º equivalente ao eixo padrão, são determinados:

A espessura total do pavimento acima do subleito, representado por Hm;

A espessura mínima acima da camada do reforço subleito representado por Hn;

A espessura mínima acima da camada da sub-base, representado por H20.

Determinação do número “N”

Em se tratando de via local residencial a ser pavimentada e levando em consideração a Instrução de Projeto IP-02 – Classificação de vias da SIURB/PMSP, pode se estimar um $N = 10^5$, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Estimativa de N em função do tipo de tráfego predominante.

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: IP-02 Classificação das Vias – SIURB/PMSP (2004).

É possível dimensionar o número “N” através da seguinte formula:

$$N = 365 * VDM * P * FV * FR$$

Onde:

VDM: Volume Diário Médio (Nº de veículos) – Estimado;

P: Período do Projeto - (10 anos);

FV: Fator Veiculos (Capacidade de carga);

FR: Fator Regional (Índice pluviométrico anual regional).

Para o calculo do FV foi utilizada a seguinte tabela

Tipo de Veículo	Fator Equivalente de Operação				Contagem Sentido >Nº Veíc. (Quant.)	Porcentagem	Fator de Veículo(F.V)
	ESRS	ESRD	ETD	ETT			
1	2	3	4	5	6	7	8
1ESRS + ESRD	0,25	3,00	0,00	0,00	15	48,39%	1,57
1ESRS+1ETD	0,25	0,00	8,50	0,00	7	22,58%	1,98
1ESRS+1ESRD+1ETT	0,25	3,00	0,00	9,00	2	6,45%	0,79
1ESRS+1ESTD+1ETT	0,25	0,00	8,50	9,00	1	3,23%	0,57
TOTAL					31	100,00%	4,91

Fonte: Autor (2025)

Foi considerada uma média diária de 15 veículos com capacidade de carga de até 16 t, 7 veículos com capacidade de até 23 t, 2 veículos com capacidade de até 33 t e 1 veículo com capacidade de até 41,5 t, totalizando 31 veículos de carga elevada em circulação na via. Ressalta-se que tal volume representa um fluxo expressivo de transporte pesado, especialmente considerando-se tratar-se de uma via local de caráter rural, onde normalmente se observa tráfego reduzido e predominância de veículos leves ou de pequeno porte.

Para a obtenção do valor do **FR**, foram utilizados dados de índices pluviométricos de cidades próximas, sendo elas **Pato Branco – PR** e **Francisco Beltrão- PR** com respectivos índices anuais de **2098mm** e **2030mm**.

Sendo assim:

$$\text{Índice pluviométrico} > 1500\text{mm} = FR = 1,8$$

Com todos os valores encontrados, agora é possível determinar o número “N”

$$N = 365 * VDM * P * FV * FR$$

$$N = 365 * 31 * 10 * 4,91 * 1,8$$

$$N = 1000019,7$$

$$N = 10,00019^5 \cong 10^5$$

Sendo assim o número “N” adotado para o dimensionamento do pavimento

$$\text{será: } N = 10^5$$

Dessa forma, adota-se uma espessura mínima de revestimento de 5,0 cm, conforme indicado na Tabela 1. Será considerada uma camada de sub-base em macadame hidráulico com espessura mínima de 25 cm. A camada de base será composta por brita graduada simples (BGS), com espessura de 15 cm.

Considerando o Número $N = 10^5$, obtido conforme a expressão, o valor de CBR = 8,2% determinado a partir do ensaio do subleito, e aplicando-se as inequações definidas pelo método de dimensionamento adotado, obteve-se o dimensionamento estrutural do pavimento conforme segue:

$$H_n = 77,67 \times (10^5)^{0,0482} \times 8,2^{-0,598}$$

$$H_n = 38,44\text{cm}$$

Aplicando as inequações em função do coeficiente “K”, temos:

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{20} \times K_S \geq H_n$$

Adotando-se:

$R = 5,0\text{cm}$

$K_R = 2,00$ (revestimento de concreto betuminoso)

$B_2 = 15\text{ cm}$ (Brita graduada)

$K_{B1} = 1,00$ (camada granular)

$H_{20} = 25\text{ cm}$ (Macadame Hidráulico)

$K_s = 0,77$ (Sub-base granular)

Logo:

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$5 \times 2,00 + 15 \times 1 + 25 \times 0,77 \geq H_n$$

$$44,25 \geq 38,44$$

CONCLUSÃO

Assim, obtemos as seguintes camadas de pavimento:

- Camada de rolamento em revestimento CBUQ, com uma espessura de **5,00cm**;
- Sub-base em Macadame Hidráulico total de **25,00cm**;
- Base em BGS (brita graduada simples) com **15,00 cm** de espessura.

Itapejara D'Oeste, dezembro de 2025

LEANDRO HENRIQUE MAAS SANTOS
CREA-PR 170817/D