



**MUNICÍPIO DE PATO BRANCO**  
**Secretaria de Engenharia e Obras**  
Rua Caramuru, 271 – Centro  
85501-060 – Pato Branco – PR  
Fone (46) 3223-2509  
e-mail: engenharia@patobranco.pr.gov.br

## **MEMORIAL DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO**

### **APRESENTAÇÃO**

#### **OBRA**

Trata-se da execução de pavimentação asfáltica sobre pedras poliédricas em via rural do Município de Pato Branco, na Comunidade Bela Vista partindo da Vibra Pato Branco. O projeto atende a extensão de 6.855,06m de extensão com largura de 6,00m e uma área de 41.130,36m<sup>2</sup> de pavimentação.

#### **PROPRIETÁRIO**

Município de Pato Branco.

#### **DIMENSIONAMENTO**

Os estudos de dimensionamento de pavimentação asfáltica foram realizados seguindo o método do Engenheiro Murillo Lopes que é baseado no ensaio CBR e preconizado pelo DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

Como parâmetro para o dimensionamento da estrutura do pavimento foi utilizado o levantamento de tráfego realizado pela Secretaria de Agricultura. A solicitação diária é composta por:

- 50 veículos;
- 4 caminhões;
- 6 ônibus;
- 60 caminhões em período de safra\*

## VOLUME MÉDIO

Considerando que os períodos de safra ocorrem durante aproximadamente 3 meses do ano, o volume extra de solicitações de caminhões carregados foi diluído no período do ano inteiro, permitindo o cálculo do volume médio de tráfego diário.

$$Vm = \frac{V1[2 + (P - 1)t/100]}{2}$$

Onde:

- $Vm$  = Volume médio diário no período;
- $V1$  = Volume médio diário de tráfego no ano de abertura;
- $P$  = Período;
- $t$  = Taxa de crescimento.

Assim:

$$Vm = \frac{75 * [2 + (10 - 1)5/100]}{2}$$

$$Vm = 91,875$$

## VOLUME TOTAL DE TRÁFEGO

Em progressão aritmética, o volume total é dado pela expressão:

$$Vt = 365 * P * Vm$$

Onde:

- $Vt$  = Volume total de tráfego durante o período;
- $P$  = período;
- $t$  = Taxa de crescimento anual

Assim:

$$Vt = 365 * 10 * 91,875$$

$$Vt = 335.343,80$$

## FATOR DE EIXO

É dado pela expressão:

$$FE = \left(\frac{p2}{100}\right) * 2 + \left(\frac{p3}{100}\right) * 3 + \left(\frac{pn}{100}\right) * n$$

Onde:

- FE = Fator de Eixo;
- p2 = Porcentagem de veículos de 2 eixos;
- p3 = Porcentagem de veículos de 3 eixos;
- pn = Porcentagem de veículos de n eixos;

Assim:

$$FE = \left(\frac{10}{100}\right) * 2 + \left(\frac{30}{100}\right) * 3 + \left(\frac{60}{100}\right) * 4$$

$$FE = 3,5$$

## FATOR DE CARGA

É dado pela expressão:

$$FC = \frac{\text{Equivalência de Operações}}{100}$$

As tabelas a seguir apresentam os valores considerados para o cálculo:

<b>Equivalência Operacional</b>				
Eixo Simples Carga por eixo (ton)	% veículos	nº Veículos	Fator de equivalência estrutural	Equivalência de operações
<5	10%	7,5	0,05	0,375
6				
Eixo Tandem Carga por eixo (ton)	% veículos	nº Veículos	Fator de equivalência estrutural	Equivalência de operações
12	30%	22,5	1,3	29,25
17	60%	45	7	315
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>75</b>		<b>344,625</b>

Eixo Simples Carga por eixo (tf)	FEC - fator de equivalência estrutural (f)	Eixo em Tandem Carga por eixo (tf)	FEC - fator de equivalência estrutural (f)
1	0,0004	1	0,001
2	0,004	2	0,002
3	0,02	3	0,005
4	0,05	4	0,01
5	0,1	5	0,02
6	0,2	6	0,06
7	0,5	7	0,1
8	1	8	0,2
9	2	9	0,4
10	3	10	0,6
11	6	11	0,7
12	9	12	1,3
13	15	13	2
14	25	14	3,1
15	40	15	4
16	50	16	6
17	80	17	7
18	110	18	10
19	200	19	15
20	260	20	20
		21	30
		22	35
		23	45
		24	55
		25	70
		26	80
		27	100
		28	130
		29	160
		30	190

Os "Pesos Máximos por Eixo" conforme definição da Resolução nº 210/06 do CONTRAN são apresentados a seguir:

EIXO ou CONJUNTO DE EIXOS	RODAGEM	SUSPENSÃO	ENTRE-EIXOS (m)	CARGA (kg)	TOLERÂNCIA (7,5%)
Isolado	simples	direcional	-	<sup>(1)</sup> 6.000	6.450
Isolado	simples	direcional	-	<sup>(2,3)</sup> 6.000	6.450
Isolado	dupla	-	-	10.000	10.750
Duplo	simples	direcional	-	12.000	12.900
Duplo	dupla	tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	17.000	18.280
Duplo	dupla	não em tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	15.000	16.130
Duplo	simples+dupla	especial	< 1,20	9.000	9.680
Duplo	simples+dupla	especial	>1,20 ou ≤ 2,40	13.500	14.520
Duplo	Extralarga <sup>(4)</sup>	pneumática	>1,20 ou ≤ 2,40	17.000	18.280
Tripla <sup>(3)</sup>	dupla	tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	25.500	27.420
Tripla <sup>(3)</sup>	Extralarga <sup>(4)</sup>	pneumática	>1,20 ou ≤ 2,40	25.500	27.420

<sup>(1)</sup> Para rodas com diâmetro inferior ou igual a 830 mm.

<sup>(2)</sup> observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos e diâmetro superior a 830 mm.

<sup>(3)</sup> aplicável somente a semi-reboques.

<sup>(4)</sup> pneu single (385/65 R 22,5) aplicável somente a semi-reboques e reboques conforme a Resolução nº 62 de 22/05/98 do CONTRAN. A utilização de outros tipos de pneumáticos "single" estará sujeita à Autorização Provisória Experimental - APEX (art. 2º da Resolução Nº 62).

Assim:

$$FC = \frac{344,625}{100}$$

$$FC = 3,44625$$

## FATOR CLIMÁTICO

Para uma média anual de chuva maior que 1.500mm, adota-se o Fator Climático (FR) = 1,8.

## CÁLCULO DO NÚMERO N

O número de operações de eixo padrão (N) é dado pela expressão:

$$N = Vt * FE * FC * FR$$

$$N = 335.343,80 * 3,5 * 3,45 * 1,8$$

$$N = 7,28E^6$$

## CÁLCULO DA ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO

A altura total do pavimento pode ser determinada em função do número N e do CBR, através da equação:

$$H_n = 77,67 \times N^{0,0482} \times (CBR)^{-0,598}$$

O ensaio de CBR foi realizado em 5 locais distintos da via e para o dimensionamento do pavimento adotou-se o pior caso, CBR = 9,1%.

Assim:

$$H_n = 77,67 \times (7,28E^6)^{0,0482} \times (9,1)^{-0,598}$$

$$H_n = 44,41 \text{ cm}$$

## DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO

### REVSTIMENTO

Em função do número N determina-se a espessura mínima do revestimento betuminoso, conforme a tabela a seguir:

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

Neste dimensionamento o número N encontra-se na faixa  $5^6 < N \leq 10^7$ . Sendo assim, a espessura mínima do revestimento betuminoso é de 7,5cm.

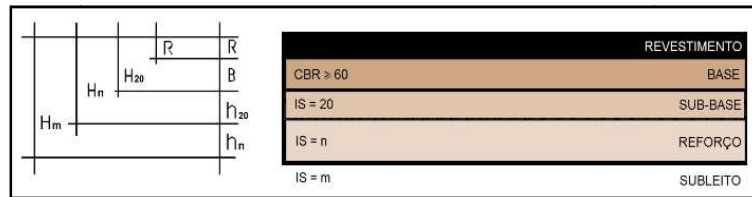
### CAMADAS GRANULARES – BASE E SUB-BASE

Mesmo que o CBR das camadas de base e sub-base sejam maiores de 20%, a determinação das suas espessuras é realizada considerando que o CBR dos materiais seja igual a 20%, garantindo, assim, a integridade da camada de revestimento. Por esta razão, no ábaco que relaciona o número de operações de eixo padrão (N) com a espessura do pavimento, utiliza-se o CBR dos materiais granulares igual a 20%.

A determinação das espessuras das camadas granulares é feita pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R*KR + B*KB \geq H_{20} \quad (\text{para base})$$

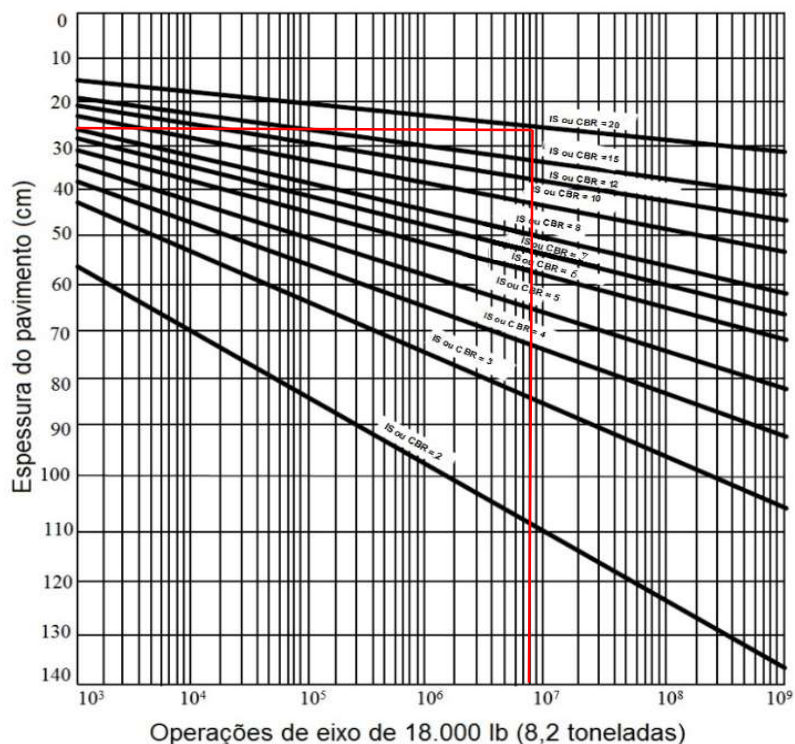
$$R*KR + B*KB + h_{20}*KSB \geq H_n \quad (\text{para sub-base})$$



Onde:

- R = Espessura do revestimento;
- B = Espessura da base;
- h20 = Espessura da sub-base;
- H20 = Espessura das camadas de revestimento e base;
- Hn = Espessura das camadas de revestimento, base e sub-base;
- KR = Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;
- KB = Coeficiente de equivalência estrutural da base;
- KSB = Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base.

Componentes do pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Camadas granulares	1,0
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm <sup>2</sup>	1,7
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm <sup>2</sup> e 28 kg/cm <sup>2</sup>	1,4
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm <sup>2</sup> e 21 kg/cm <sup>2</sup>	1,2



Assim, para a camada de base:

$$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20}$$

$$7,5 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 26$$

$$B \geq 11,0 \text{cm}$$

Para base de brita graduada, se obtém espessura de 11,00cm. Já para a camada de sub-base:

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot K_{SB} \geq H_n$$

$$7,5 \cdot 2 + 11,0 \cdot 1 + h_{20} \cdot 1 \geq 44,41$$

$$h_{20} \geq 18,41$$

Para sub-base de rachão com preenchimento, adota-se uma espessura de 20,0cm. Assim, a espessura total das camadas seria 7,5cm de revestimento betuminoso, 11,0cm de base de brita graduada e 20,0cm de sub-base de rachão.

## **ADEQUAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO**

Levando em consideração os detalhes executivos da pavimentação, as espessuras obtidas no dimensionamento tornam-se inviáveis. Sendo assim, será aumentada a espessura da camada de base de 11,0cm para 15,0cm, o que representa um acréscimo de 4,0cm de espessura.

Devido ao aumento das espessuras de base, admite-se o redimensionamento da camada de revestimento respeitando as espessuras mínimas exigidas.

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot K_{SB} \geq H_n$$

$$5,0 \cdot 2 + 15,0 \cdot 1 + 20,0 \cdot 1 \geq 44,41$$

$$45,0 \text{cm} \geq 44,41 \text{cm}$$

Assim, a camada de revestimento betuminoso teria espessura de 5,0cm, a camada de base de brita graduada de 15,0cm e a camada de sub-base de rachão teria espessura de 20,0cm. Contudo, devido a existência de calçamento poliédrico na via, o mesmo será utilizado como parte do material de sub-base, sendo que a

sub-base será composta por 10,0cm do calçamento e 10,0cm de rachão com preenchimento.

Desta forma, adotou-se a seguinte estrutura para o pavimento da via:

<b>Camada do Pavimento</b>	<b>Material</b>	<b>Espessura (cm)</b>
Revestimento	C.B.U.Q.	5,0
Base	Brita Graduada	15,0
Sub-Base	Rachão	10,0
Sub-Base	Calçamento existente	10,0
<b>Espessura Total</b>		<b>40,0</b>

Pato Branco, 13 de dezembro de 2023.

**Gustavo Henrique Veronese**  
Engenheiro Civil  
CREA-PR 165.174/D