



**Memorial de Cálculo Dimensionamento Projeto de
Pavimentação**

TIJUCAS DO SUL-PR

**FERNANDO CEZANOSKI
ENGº. CIVIL - CREA 141.369 D/PR**

Julho/2020

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO EM CBUQ:

- PAVIMENTO FLEXIVEL

O pavimento flexível em Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ estabelecido para ser usado nas ruas beneficiadas por este projeto foi dimensionado pelo Método do DNER - DNIT, o qual passamos a descrever a seguir.

O Método de dimensionamento de Pavimentos Flexíveis, desenvolvido pelo Eng. Murillo Lopes de Souza, adotado pelo DNER - DNIT, calculado nos estudos do "U.S. Corps of Engineers", é usualmente empregado para o dimensionamento de pavimentos viários.

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

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

$$R.KR + B.KB + HSB.KSB \geq H_n$$

$$R.KR + B.KB + HSB.KSB + H_{Ref}.K_{Ref} \geq H_m$$

Onde 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.

Os símbolos R , B , HSB e H_{Ref} , designam, respectivamente, as espessuras do revestimento, espessura da base, espessura da sub-base, e do reforço quando necessário. Neste caso, vamos optar por não reforçar o subleito, $H_{Ref}=0$.

O símbolo K é representativo do coeficiente estrutural de cada camada, expresso em equivalente de camada granular ($k=1$), é apresentado em função do tipo de material de cada camada e é sintetizado na tabela abaixo:

Componentes de Equivalência Estrutural	Coeficiente K
Revestimento de Concreto Asfáltico Usinado à Quente	2,00
Camadas Granulares	1,00

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 abaixo:

N	Espessura mínima do revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamento superficial betuminoso
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura

O número "N" USACE adotado para este projeto foi de $1,15 \times 10^6$, calculado através da equação abaixo:

$$N=365xVmxPxFexFcxFr (1)$$

Onde temos:

$$Vm=V0x(2+PxTaxa \text{ de crescimento anual})/2 (2)$$

Então temos:

$$V0=100 \text{ veículos por dia;}$$

$$P=10 \text{ anos;}$$

$$\text{Taxa de crescimento anual}=3\%$$

$$Vm=100x(2+10x0,03)/2$$

$$Vm=115 \text{ veículos.}$$

$$Fe=2x + 3y + 4z (3)$$

Para $x=80\%$ dos veículos, $y=20\%$ e $z=0$. Estes valores representam a utilização das vias por veículos de acordo com o número de eixos, conforme apresentado detalhadamente no método DNER. Com isso o $Fe=2,20$.

Para o Fc (fator de equivalência de operação) foi utilizado o valor obtido pelo gráfico e é igual a 1,25.

Como não temos informações para a obtenção do Fr , utilizamos o valor igual a 1, conforme orientação do método.

$$N=365x115x10x2,20x1,25x1$$

$$N= 1.154.312,5 = 1,15 \times 10^6$$

Estabelecido este parâmetro, o revestimento fica determinado e igual a 5,0 cm (tabela acima) e seguindo orientações técnicas.

Para o cálculo das camadas de Base e Sub-base, temos as seguintes equações apresentadas no método:

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

Para os valores de CBR (I.S.C. em %) vamos utilizar os resultados encontrados nos ensaios de laboratório conforme sondagens realizadas em campo. Sendo assim, teremos resultados diferentes para as ruas contempladas, pois o relatório apresenta o seguinte:

- Rua Jocelin Camargo, ISC=6,4%
- Rua Manoel Osmario da Cruz (Trecho 1 e Trecho 2), ISC=6,5%
- Rua Antônio Chicovis, ISC=6,5%
- Rua Ana Maoski Boniecki, ISC=7,4%
- Rua Neuseli do Rocio Pereira, ISC=5,9%
- Rua Prof.(a) Terezinha Ferreira, ISC=6,4% (Esta rua não possui laudo de sondagem, mas será utilizado o ISC médio entre as ruas contempladas e com ensaios já realizados)
- Rua Sebastião Farias, ISC=6,9%
- Rua Osório Nestor da Rocha, ISC=5,3%

Utilizando os valores padrões para o dimensionamento das vias de rolamento, o valor $N=1,15 \times 10^6$ calculado acima e os I.S.C. conforme encontrado nos relatórios de sondagem, temos:

- Rua Jocelin Camargo, ISC=6,4%:

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

Hm=50,16 cm.

Revestimento Asfáltico:

R=5,0 cm

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H_{20} tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h_{20} será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento ($h_{20} = \text{HSB} = \text{altura da Sub-Base}$).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + \text{HSB} \cdot \text{KSB} \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + \text{HSB} \cdot 1,0 \geq 50,16$$

$\text{HSB} \geq 25,16 \text{ cm}$, então para a camada de Sub-Base teremos **HSB = 25,00 cm**.

Com isso a espessura total do pavimento terá **Hm = 45,00 cm**.

Então para a Rua Jocelin Camargo, teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 25,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- RUA MANOEL OSMÁRIO DA CRUZ (TRECHO 1 e TRECHO 2), ISC=6,5%:

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times \text{CBR}^{-0,598}$$

Hm=49,69 cm.

Revestimento Asfáltico:

R=5,0 cm

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H_{20} tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h20 será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento (h20 = HSB = altura da Sub-Base).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + HSB \cdot KSB \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + HSB \cdot 1,0 \geq 49,69$$

HSB \geq 24,69 cm, então para a camada de Sub-Base teremos **HSB = 24,00 cm**.

Com isso a espessura total do pavimento terá **Hm = 44,00 cm**.

Então para a Rua Manoel Osmário da Cruz (Trecho 1 e Trecho 2), teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 24,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- RUA ANTÔNIO CHICOVIS, ISC=6,5%:

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

Hm=49,69 cm.

Revestimento Asfáltico:

R=5,0 cm

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25$ cm (H20 tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0$ cm, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h20 será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento (h20 = HSB = altura da Sub-Base).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + HSB \cdot KSB \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + HSB \cdot 1,0 \geq 49,69$$

HSB \geq 24,69 cm, então para a camada de Sub-Base teremos **HSB = 24,00 cm**.

Com isso a espessura total do pavimento terá **Hm = 44,00 cm**.

Então para a Rua Antônio Chicovis teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 24,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- Rua Ana Maoski Boniecki, ISC=7,4%:

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

Hm=45,98 cm.

Revestimento Asfáltico:

R=5,0 cm

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H20 tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h20 será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento (h20 = HSB = altura da Sub-Base).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + HSB \cdot KSB \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + HSB \cdot 1,0 \geq 45,98$$

$HSB \geq 20,98 \text{ cm}$, então para a camada de Sub-Base teremos **HSB = 21,00 cm**.

Com isso a espessura total do pavimento terá **Hm = 41,00 cm**.

Então para a Rua Ana Maoski Boniecki teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 21,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- Rua Neuseli do Rocio Pereira, ISC=5,9%:

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

$$H_m = 52,65 \text{ cm.}$$

Revestimento Asfáltico:

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

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H_{20} tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **$B = 15,0 \text{ cm}$** .

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h_{20} será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento ($h_{20} = HSB = \text{altura da Sub-Base}$).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + HSB \cdot KSB \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + HSB \cdot 1,0 \geq 52,65$$

$HSB \geq 27,65 \text{ cm}$, então para a camada de Sub-Base teremos $HSB = 28,00 \text{ cm}$.

Com isso a espessura total do pavimento terá $H_m = 48,00 \text{ cm}$.

Então para a Rua Neuseli do Rocio Pereira teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 28,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- Rua Prof.(a) Terezinha Ferreira, ISC=6,4%:

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

$$H_m = 50,15 \text{ cm.}$$

Revestimento Asfáltico:

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

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H_{20} tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h_{20} será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento ($h_{20} = \text{HSB} = \text{altura da Sub-Base}$).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + \text{HSB} \cdot \text{KSB} \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + \text{HSB} \cdot 1,0 \geq 50,15$$

$\text{HSB} \geq 25,15 \text{ cm}$, então para a camada de Sub-Base teremos $\text{HSB} = 25,00 \text{ cm}$.

Com isso a espessura total do pavimento terá $H_m = 45,00 \text{ cm}$.

Então para a Rua Neuseli do Rocio Pereira teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 25,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

- Rua Sebastião Farias, ISC=6,9%:

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times \text{CBR}^{-0,598}$$

$H_m = 47,95 \text{ cm}$.

Revestimento Asfáltico:

R=5,0 cm

Espessura da camada de Base (B):

$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20} = 25 \text{ cm}$ (H_{20} tirado do gráfico de espessura de pavimentos)

$$5,0 \cdot 2 + B \cdot 1 \geq 25,0$$

$B \geq 15,0 \text{ cm}$, temos que a espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm, então **B = 15,0 cm**.

Espessura da camada de Sub-Base (HSB):

*Como não teremos o reforço do subleito, o h20 será a Sub-Base e a primeira camada inferior do pavimento (h20 = HSB = altura da Sub-Base).

$$R \cdot KR + B \cdot KB + HSB \cdot KSB \geq H_n = H_m$$

$$10,0 + 15,0 + HSB \cdot 1,0 \geq 47,95$$

HSB \geq 22,95 cm, então para a camada de Sub-Base teremos HSB = 23,00 cm.

Com isso a espessura total do pavimento terá Hm = 43,00 cm.

Então para a Rua Neuseli do Rocio Pereira teremos 5,0 cm de Revestimento Asfáltico, 15,0 cm de Base com Brita Graduada e mais 23,0 cm de Sub-Base com Brita nº 4 (ou Macadame Seco, 4 A).

FERNANDO CEZANOSKI - ENGº. CIVIL - CREA 141.369 D/PR