



# **MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTAÇÃO**

**DUPLICAÇÃO AVENIDA IRENE SILVEIRA COSTA**

JUNHO DE 2023

## REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Duplicação Viária da Avenida Irene Silveira Costa
Contato	Augusto Hart
E-mail	obrasmpamg@gmail.com
Líder do projeto	Felipe Guimarães Alexandre
Coordenador	Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo	167/2021
Data do documento	16/06/2023

### **Responsável Técnico – Coordenação**

Denis de Souza Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-127.216 /D	Nº ART:

### **Responsável Técnico – Projeto Civil e hídrico**

Aloísio Caetano Ferreira Engenheiro Civil e Hídrico	
Nº CREA: MG-97.132 /D	Nº ART:

#### *Isenção de Responsabilidade:*

*Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
1.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO .....	4
1.1.1. MÉTODO UTILIZADO .....	4
1.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO .....	4
1.1.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS 5	
1.1.4. ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS .....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11
ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAAGEM.....	12

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1-2 – Determinação da Espessura da Camada de Base.....	6
Equação 1-3 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito.....	6
Equação 1-4 – Determinação da Espessura Total do Pavimento .....	6

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento.....	7
Figura 1-2 – Pavimento Flexível da Via.....	9
Figura 1-2 – Pavimento Intertravado da Canteiro Central Transponível.....	10
Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios.....	10
Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios.....	10

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via .....	5
Tabela 1-2 – Tipo de Revestimento em Função de Tráfego.....	6
Tabela 1-3 – Coeficientes k .....	8

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer o detalhamento e o dimensionamento de uma estrutura que possa suportar economicamente as repetições de eixo padrão em condições de conforto e segurança para o usuário da via projetada.

O dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento foi determinado em conformidade com as condições gerais indicadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

### 1.1.1. MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Eng. Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e do tipo do tráfego solicitante.

Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, em função do material granular, como os dados geotécnicos e das características do tráfego solicitante, este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

Um projeto de pavimento flexível deve atender limitações de tensões que possam provocar ruptura por cisalhamento, deformações permanentes e deformações recuperáveis ou elásticas.

### 1.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Na aplicação do método citado, é necessária a obtenção dos seguintes parâmetros:

#### 1.1.2.1. NÚMERO “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 12 anos. E o número “N” utilizado para o dimensionamento do pavimento é estabelecido de acordo com a função predominante da via, conforme a Tabela 1-1 apresentada abaixo:

Tabela 1-1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via

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	2,7x10 <sup>4</sup> a 1,4x10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	1,4x10 <sup>5</sup> a 6,8x10 <sup>5</sup>	5x10 <sup>5</sup>
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	1,4x10 <sup>6</sup> a 3,1x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>6</sup>
	PESADO	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	1,0x10 <sup>7</sup> a 3,3x10 <sup>7</sup>	2x10 <sup>7</sup>
	MUITO PESADO	12	> 10.000	1,001 a 2.000	5,90	3,3x10 <sup>7</sup> a 6,7x10 <sup>7</sup>	5x10 <sup>7</sup>
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3x10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
	VOLUME PESADO	12		> 500		5x10 <sup>7</sup>	5x10 <sup>7</sup>

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A partir da projeção futura de utilização da via, foi considerado o tráfego de Vias Coletoras e Estruturais (PESADO). O valor obtido para o período e especificações de projeto citados acima foi de  $N = 2 \times 10^7$ .

#### 1.1.2.2. ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento foi utilizada a sondagem apresentada no Anexo I. Onde foram analisadas as amostras 01 e 02, para a verificação das condições da camada do subleito da via projetada. Outro fator analisado foi o nível de água, visto que, é importante que o pavimento esteja a 1,5 m do nível de água para garantir sua maior durabilidade.

Observando os ensaios na camada de subleito da via projetada, adotou-se assim, um CBR mínimo de 6,80%.

#### 1.1.3.DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

O método do DNIT recomenda as espessuras mínimas apresentadas na Tabela 1-2 que se segue.

Tabela 1-2 – Tipo de Revestimento em Função de Tráfego

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.

As espessuras mínimas do revestimento são obtidas em função do número “N”. Conforme apresentado anteriormente, para o número “N” igual a  $2 \times 10^7$ , como aponta a estimativa de tráfego, portanto serão necessárias duas camadas de Revestimento betuminoso com 10,0 cm de espessura.

A determinação das espessuras das demais camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

$$R \times KR + B \times KB \geq H20$$

Equação 1-1 – Determinação da Espessura da Camada de Base

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks \geq Hn$$

Equação 1-2 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks + hn \times KREF \geq Hm$$

Equação 1-3 – Determinação da Espessura Total do Pavimento

Onde:

- R = espessura do revestimento;
- B = espessura da camada de base;
- H20 = espessura sobre a sub-base;
- h20 = espessura da sub-base;
- Hn = espessura sobre o reforço do subleito;
- hn = espessura do reforço do subleito;
- Hm = espessura total do pavimento;
- KR, KB, KS, KREF = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras Hm, Hn, e H20 são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 1-1, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

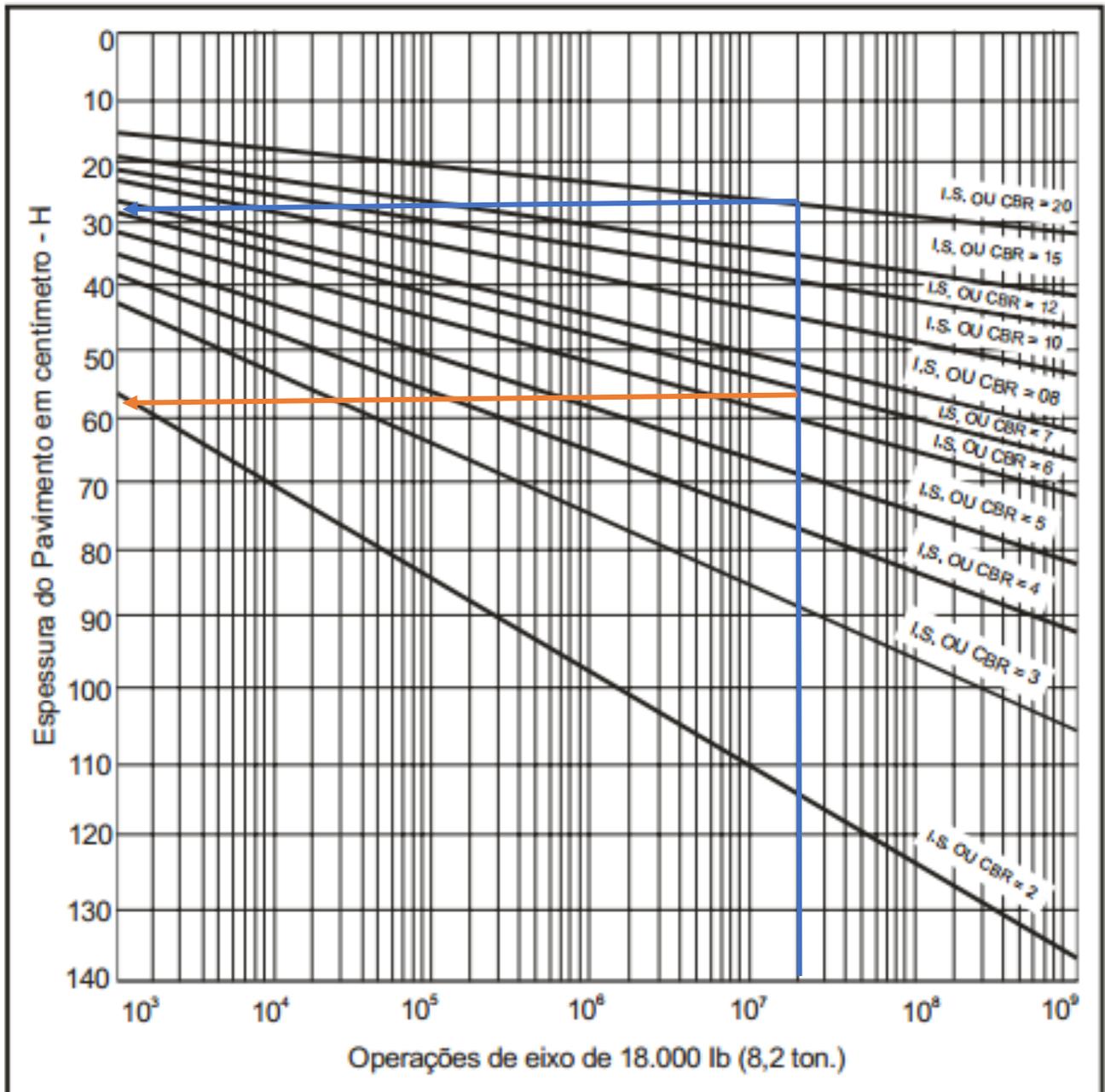


Figura 1-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

Fonte: DNIT, 2006.

O método de dimensionamento do DNIT faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso. Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são apresentados na Tabela 1-3 que se segue.

Tabela 1-3 – Coeficientes k

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2
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
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm <sup>2</sup>	1,7
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm <sup>2</sup>	1,4
Idem, com resistência a compressão a dias entre 28 e 21 kg/cm <sup>2</sup>	1,2
Bases de Solo-Cal	1,2

Fonte: DNIT, 2006.

Para determinação das espessuras do pavimento das vias serão adotados os seguintes coeficientes:

- Revestimento:  $K = 2,00$ ;
- Base granular:  $K = 1,0$ ;
- Sub-base granular:  $K = 1,0$ ;
- CBR da base = 80,0%.
- CBR da sub-base = 30,0%.
- CBR do subleito = 6,80%.

Assim, com a resolução das inequações e atentando-se para as espessuras mínimas das camadas indicadas pelas instruções de execução em vigor, têm-se as espessuras das camadas do pavimento dimensionado:

**Revestimento:** 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (CAPA).

**Pintura de Ligação:** RR 2-C 1,0 l/m<sup>2</sup> (Proporção de 20% de água e 80% de RR-2C).

**Revestimento:** 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (BINDER).

**Pintura de Ligação:** RR 2-C 1,0 l/m<sup>2</sup> (Proporção de 20% de água e 80% de RR-2C).

**Imprimação Impermeabilizante:** CM-30 1,3 l/m<sup>2</sup>.

**Base:** 20,0 cm de Bica Corrida (CBR  $\geq$  80%, Expansão  $\leq$  0,5%, Compactação a 100% Proctor Modificado).

**Sub-Base:** 20,0 cm de Bica Corrida (CBR  $\geq$  30%, Expansão  $\leq$  1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

**Regularização do Subleito:** 20,0 cm de escarificação do terreno projetado (CBR  $\geq$  6,80%, Expansão  $\leq$  2,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

A seguir na Figura 1-2 apresenta-se a camada da Seção Transversal Tipo do pavimento projetado:

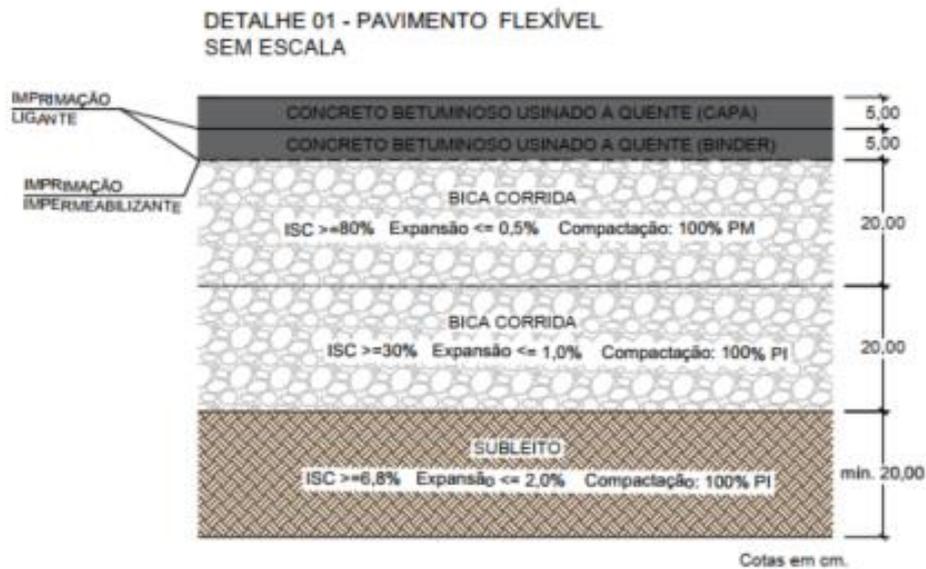


Figura 1-2 – Pavimento Flexível da Via

Fonte: autoria própria

No pavimento do canteiro central transponível foi mantido as camadas de suporte do pavimento, havendo a alteração apenas no tipo de revestimento. Por tratar-se de um limite físico regulador foi considerado em pavimento intertravado, visando melhorar o contraste com o pavimento flexível implantado, a seguir na Figura 1-3 são apresentadas as camadas do pavimento projetado.

DETALHE 02 - PAVIMENTO INTERTRAVADO - RÓTULA SEM ESCALA

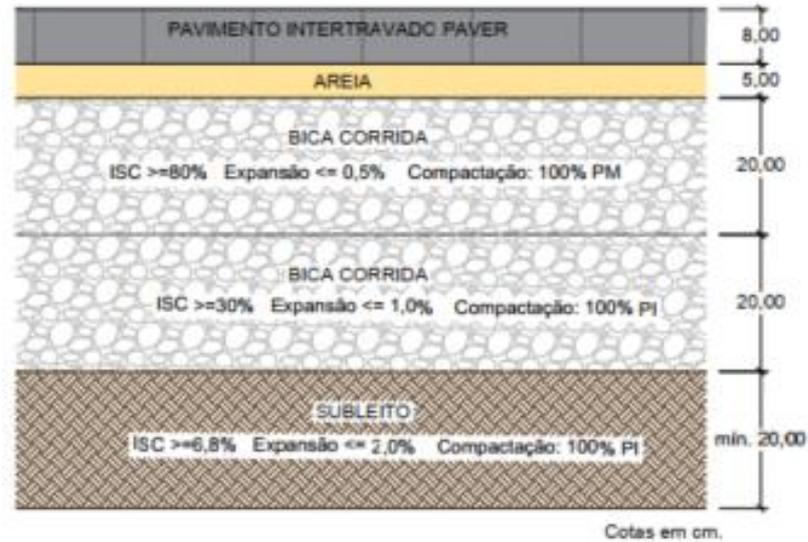


Figura 1-3 – Pavimento Intertravado da Canteiro Central Transponível

Fonte: autoria própria

Também foram projetados os pavimentos dos Passeios e Canteiro central, que por se tratarem de vias exclusivas para pedestres, o tráfego é considerado leve. Sendo assim foram dimensionadas as espessuras pavimentos com características apresentada nas figuras a seguir.

DETALHE 03 - PASSEIO DE CONCRETO SEM ESCALA

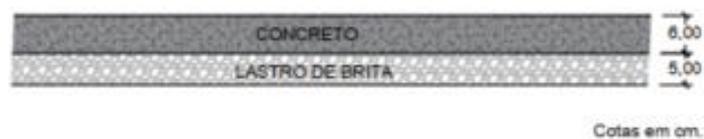


Figura 1-4 – Pavimento Concreto dos Passeios

Fonte: autoria própria

DETALHE 04 - PAVIMENTO INTERTRAVADO - CANTEIRO SEM ESCALA

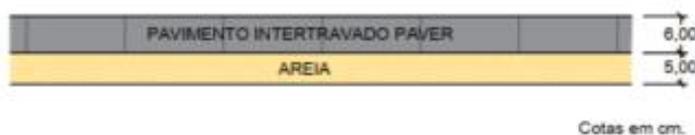


Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios

Fonte: autoria própria

#### 1.1.4.ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS

Para a execução das camadas, devem-se seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente – DNER – ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Pintura de Ligação Impermeabilizante – DNIT – ES 145/12;
- Base ou Sub-Base Bica Corrida – ET-DE-P00/010\_A;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97;
- Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento – ABNT – NBR 14.931.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/010 indicada para a execução da camada de Bica Corrida pertence ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Esta especificação foi escolhida devido ao fato de que a revisão da especificação de serviço desse material no DNIT ainda não está aprovada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.931. Execução de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.953. Pavimento Intertravado com Peças de Concreto. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Especificação de Serviço Ministério dos Transportes. 2006.

## **ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM**