

## Sumário

<b>1 RESUMO.....</b>	<b>3</b>
<b>2 PAVIMENTAÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 VIA COM PAVIMENTAÇÃO EM CONCRETO BETUMINOSO (CBUQ)</b>	<b>4</b>
<b>2.2 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO</b>	<b>4</b>
2.2.1 Pavimento.....	4
2.2.2 Materiais Constituintes Do Pavimento.....	4
2.2.3 Estudos Geotécnicos.....	4
<b>2.3 METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL</b>	<b>5</b>
2.3.1 Método do DNIT.....	5
<b>3 SINALIZAÇÃO VIÁRIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>3.2 REGULAMENTAÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>3.3 ADVERTÊNCIA</b>	<b>15</b>
<b>3.4 INDICAÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>3.5 SUPORTES</b>	<b>16</b>

## 1 RESUMO

O escopo do projeto em questão trata-se da **Pavimentação por Capeamento Asfáltico sobre Paralelepípedo para Ruas do Povoado São Vicente, além da sua Sinalização Horizontal e Vertical** em todo o trecho contemplado.

Dados do Projeto para efeito de quantitativos e Orçamento:

- **Material Asfáltico: Usina de Asfalto FM-MIX, km 11 da BR-235 situada no município de Nossa Senhora do Socorro/SE (DMT=93,80km).**

*No Controle Tecnológico do Asfalto, deverão seguir as seguintes determinações:*

Asfalto Diluído:

- 01 ensaio de Viscosidade Cinemática a 60°C (P-MB 826);
- 01 ensaio de Viscosidade “Saybolt-Furol“ (DNER-ME 004) a diferentes temperaturas para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura para cada 100t;
- 01 curva de viscosidade x temperatura;
- 01 ensaio do ponto de fulgor (DNER-ME 148), para cada 100t.

Concreto Betuminoso

- O controle da execução será exercido através de coleta de amostra, ensaios e determinação feita de maneira aleatória.
- Temperatura de compressão na pista deverá ser efetuada medidas de temperatura durante o espalhamento da massa, imediatamente antes de iniciada a compressão.

## **2 PAVIMENTAÇÃO**

### **2.1 VIA COM PAVIMENTAÇÃO EM CONCRETO BETUMINOSO (CBUQ)**

#### **2.2 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO**

##### **2.2.1 Pavimento**

###### **2.2.1.1 Definição**

Estrutura composta por camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, o pavimento deve estar adequado para atender estruturalmente e operacionalmente o tráfego, que solicitará a rodovia durante o período de projeto, de maneira durável e ao mínimo custo.

###### **2.2.1.2 Pavimento Flexível**

Constituído por revestimento asfáltico sobre camada de solo estabilizado granulometricamente. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformações sob as rodas de veículos.

##### **2.2.2 Materiais Constituintes Do Pavimento**

Os materiais mais utilizados na construção do pavimento asfáltico são agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento filer e ligante asfáltico, os quais devem satisfazer às Normas pertinentes, e às especificações aprovadas pelo DNIT, essas materias utilizados na composição do pavimento representam diretamente a qualidade e a durabilidade da estrutura.

##### **2.2.3 Estudos Geotécnicos**

Os estudos geotécnicos tiveram por objetivo a localização e identificação dos materiais constituintes do subleito da via projetada, o conhecimento tecnológico das amostras coletadas. A análise dos dados e das amostras, que servirá para auxiliar no desenvolvimento de projeto de pavimentação.

## 2.3 METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

### 2.3.1 Método do DNIT

O método utilizado para o dimensionamento do pavimento flexível, foi o do Engº Murillo Lopes De Souza. O método do DNIT segue as seguintes 4 etapas de trabalho:

- I. Definição da Capacidade de Suporte do Subleito;
- II. Classificação dos Materiais;
- III. Determinação do tráfego;
- IV. Dimensionamento das Camadas do Pavimento da Rodovia.

### DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO

A capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo CBR, que consiste da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão em corpos-de-prova de amostra de solo indeformada ou moldado em laboratório, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada.

Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR, menor ou igual a 2% e um  $\text{CBR} \geq 2\%$ . Se o CBR do subleito for  $< 2\%$ , ele deve ser substituído por um material melhor, ( $2\% \leq \text{CBR} \leq 20\%$ ), até pelo menos 1,00 metro.

### CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

A classificação dos materiais empregados nas camadas do pavimento deve ter:

- Características necessárias para utilização dos materiais do reforço do subleito, os que apresentem CBR maior que o do subleito e expansão  $\leq 1\%$  (medida com sobrecarga de 10lb).
- Características necessárias para utilização dos materiais da sub-base, os que apresentem  $\text{CBR} \geq 20\%$ ,  $\text{IG} = 0$  (Índice de Grupo) e expansão  $\leq 1\%$  (medida com sobrecarga de 10lb).
- Características necessárias para utilização dos materiais da base, os que apresentem  $\text{CBR} \geq 60\%$ , expansão  $\leq 0,5\%$ , limite de liquidez  $\leq 25\%$  e índice de plasticidade  $\leq 6\%$  (medida com sobrecarga de 10lb), quando no período de projeto o  $N \leq 5 \times 10^6$  e base granular na faixa E e F.

**LARRY UCHOA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA**

Rua 03, 56. Conj. Maria do Carmo III Rosa Elze. São Cristóvão/SE. Contato: (79) 9 9640-4928.

CNPJ: 45.273.082/0001-86 / E-mail: larryuchoa.urb@gmail.com

- Características necessárias para utilização dos materiais da base, os que apresentem  $\text{CBR} \geq 80\%$ , expansão  $\leq 0,5\%$ , limite de liquidez  $\leq 25\%$  e índice de plasticidade  $\leq 6\%$  (medida com sobrecarga de 10lb).

Os materiais que serão utilizados como base devem, ainda, apresentar uma das seguintes granulometrias apresentadas na Tabela 1, abaixo:

**Tabela 1:** Granulometria para base granular

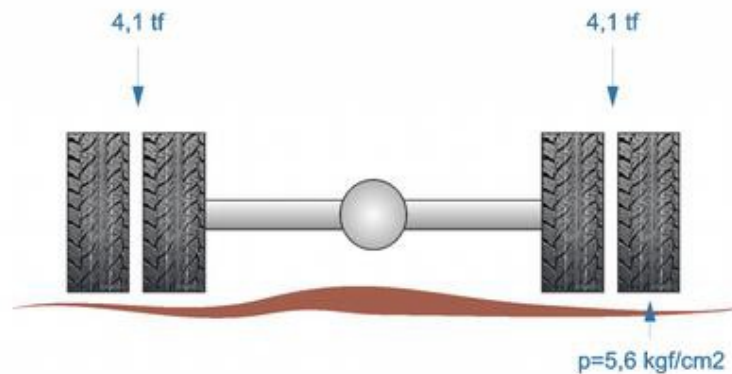
Tipos	Para $N \geq 5 \times 10^6$			Para $N < 5 \times 10^6$			Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
Peneiras							
% em peso passando							
2"	100	100	-	-	-	-	$\pm 7$
I"	-	75-90	100	100	100	100	$\pm 7$
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	$\pm 7$
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	$\pm 5$
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	$\pm 5$
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	$\pm 2$
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	$\pm 2$

**Fonte: Dnit (2006).**

## DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO

O número equivalente de operações, (N), durante o período de projeto escolhido, definidos através dos eixos simples e em "tandem", e o eixo simples padrão com carga de 8,2 tf (figura 6), essa determinação serve para o dimensionamento do pavimento em função do número de repetição de carga equivalente ao eixo tomado como padrão.

**A Figura 1:** Eixo padrão rodoviário – 8,2 tf, simples de rodas duplas.



**Fonte: pedreiro.com (2015).**

A equação 1.1 permite calcular o número (N) de operações do eixo padrão 8,2 t que solicitará a via durante o período da vida útil de projeto, em função de algumas variáveis.

$$\bullet \quad N = 365 * V_m * P * (FC) * (FE) * (FR) \quad (1.1)$$

Sendo:

N = número equivalente de operações do eixo simples padrão de 8,2 tf;

$V_m$  = volume médio diário de tráfego no ano de abertura no sentido mais solicitado, durante o período de projeto (vida útil);

P = período de projeto, em anos;

FC = fator de carga;

FE = fator de eixo;

FV = FC\*FE = fator de veículo;

FR = fator climático regional, o manual do (Dnit) sugere adotar FR = 1,00, e CBR correspondente à unidade de equilíbrio.

Assim, para a determinação do valor de N, primeiramente é necessário se calcular as variáveis que o compõe.

Para o cálculo do volume médio de tráfego ( $V_m$ ). Pode ser calculado prevendo um crescimento linear (admitindo uma progressão aritmética) ou crescimento geométrico (admitindo uma progressão geométrica).

Crescimento Linear:

$$\bullet \quad V_m = \{V_o \cdot [2+(P-1) \times (t/100)]\}/2 \quad (1.2)$$

Em um sentido do tráfego o volume total será:

$$\bullet \quad V_t = 365 \cdot P \cdot V_m \quad (1.3)$$

Crescimento Geométrico:

$$\bullet \quad V_t = 365 \times V_o \times \{[(1+t/100)^P - 1]/2\} \quad (1.4)$$

Sendo:

$V_t$  = Volume total durante a vida útil P;

$V_m$  = Volume médio diário;

$V_o$  = Volume médio diário no ano anterior ao período considerado;

t = Taxa de crescimento anual;

k = Fator que leva em consideração o tráfego gerado.

Para a determinação do (FE) – Fator de Eixo, isto é, um número que, multiplicado pelo número de veículos da frota, dá o número de eixos correspondentes que operam na rodovia, para tal, é necessário conhecer a quantidade de veículos com quantidades específica de eixos, ou seja, a composição do tráfego, conforme mostra a (figura 2).

$$\bullet \quad FE = n / V_t \quad (1.5)$$

Sendo:

n = número total de eixos da frota;

$V_t$  = Volume total de tráfego na amostragem;

$$\bullet \quad FE = (P_2/100) * 2 + (P_3/100)* 3 + \dots + (P_n/100)* n \quad (1.6)$$

Sendo:

P<sub>2</sub> = Porcentagem de veículos com 2 eixos;

P<sub>3</sub> = Porcentagem de veículos com 3 eixos;

P<sub>n</sub> = Porcentagem de veículos com n eixos;

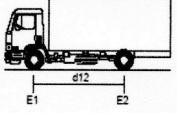
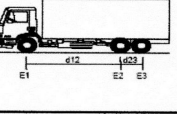
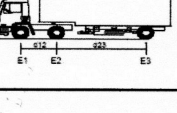
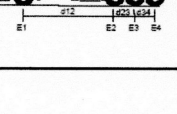
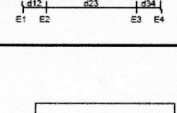
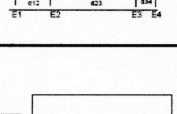
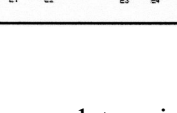
**LARRY UCHOA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA**

Rua 03, 56. Conj. Maria do Carmo III Rosa Elze. São Cristóvão/SE. Contato: (79) 9 9640-4928.

CNPJ: 45.273.082/0001-86 / E-mail: larryuchoa.urb@gmail.com

Para melhor precisão no dimensionamento do pavimento, devem-se fazer contagens volumétricas de tráfego no ano de abertura, assim identificando os tipos de veículos comerciais por tipo de classificação, (figura 2).

**A Figura 2:** Classificação de veículos por Eixos.

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	<b>CAMINHÃO</b> E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	<b>CAMINHÃO TRUCADO</b> E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	<b>CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE</b> E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	<b>CAMINHÃO SIMPLES</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	<b>CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO</b> E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d34 \leq 2,40m$	4CD
	4	33(34,7)	<b>CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d12, d23 > 2,40m$ $1,20m < d34 \leq 2,40m$	2S2
	4	36(37,8)	<b>CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d12, d23, d34 > 2,40m$	2I2

Fonte: DNIT (2015).

Para a determinação do (FC) – Fator de Carga, isto é, um número que, multiplicado pelo número de eixos que operam, resulta o número de eixos equivalentes ao eixo padrão, para tal, é necessário conhecer a quantidade de veículos com quantidades específica de eixos, ou seja, a composição de tráfego, conforme mostra a (figura 2).

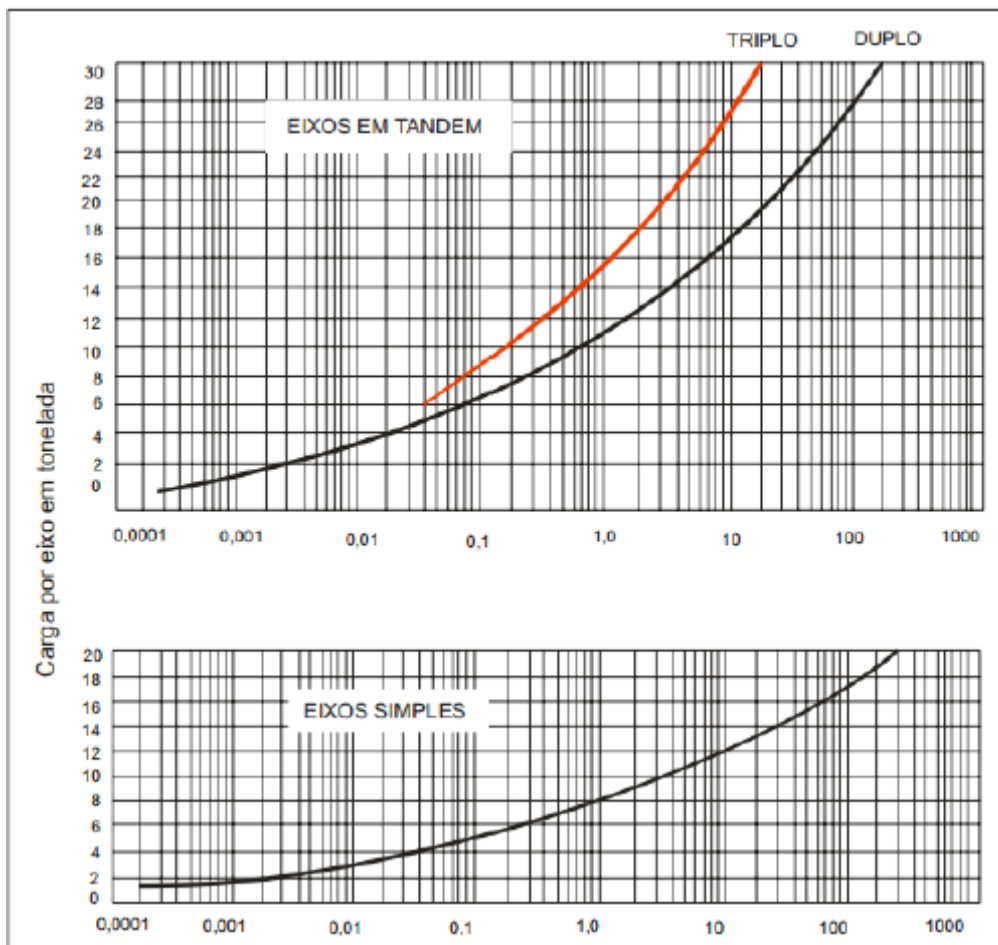
**LARRY UCHOA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA**

Rua 03, 56. Conj. Maria do Carmo III Rosa Elze. São Cristóvão/SE. Contato: (79) 9 9640-4928.

CNPJ: 45.273.082/0001-86 / E-mail: larryuchoa.urb@gmail.com



**A Figura 3:** Fator de equivalência de operação.



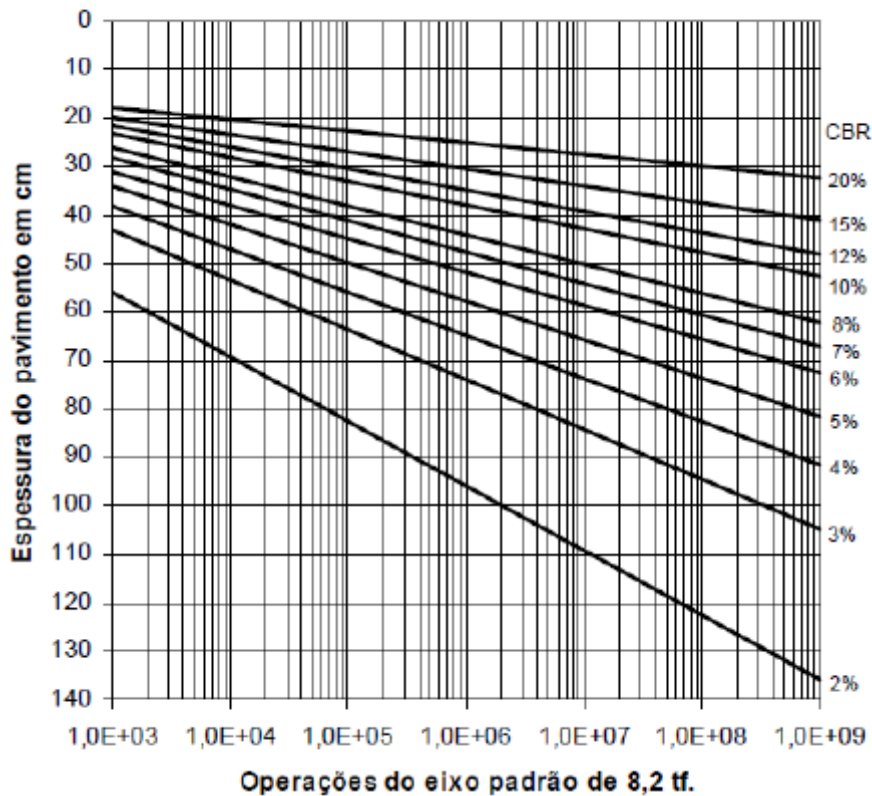
Fonte: DNIT (2006).

Os valores do fator de equivalência, especificamente para eixo simples e eixo tandem, são representados em ábacos, conforme mostra a Figura 3.

## DIMENSIONAMENTO DAS CAMADAS DO PAVIMENTO

Em função do número de operações do eixo padrão 8,2 (t), que solicitará a via durante o período de projeto (número N) e o ISC ou CBR do subleito (figura 4), determina-se a espessura do pavimento total (Ht) em centímetros em termos de material granular (k=1), ou pelo uso da equação (1.7).

**A Figura 4:** Determinação de espessuras de pavimento.



Fonte: DNIT (2006).

$$H_i = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (1.7)$$

A espessura do revestimento (R) é estabelecida em função do tráfego (número N), conforme a Tabela 4.

**Tabela 4:** Espessura mínima de revestimento betuminoso

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento 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).

O coeficiente de equivalência estrutural está apresentado na tabela 5 a seguir, este coeficiente indica a capacidade de distribuição de tensões que um determinado material possui em relação ao material padrão (pedra britada).

**Tabela 5:** Espessura mínima de revestimento betuminoso

Componentes do pavimento	Coefficientes K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

**Fonte: DNIT (2006).**

Uma vez determinadas as espessuras das camadas Hm, Hn e H20, pelo gráfico da figura 9 ou pelas equações; determina-se R pela tabela apresentada, as Espessuras de base(B), sub-base (h20) e reforço do subleito (hn), são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$\bullet \quad R \times KR + B \times KB \geq H20 \quad (1.8)$$

$$\bullet \quad R \times KR + B \times KB + h20. KS \geq Hn \quad (1.9)$$

$$\bullet \quad R \times KR + B \times KB + h20. KS + hn. KREF \geq Hm \quad (1.10)$$

Sendo:

R: espessura do revestimento;

KR: coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;

B: espessura da base;

**LARRY UCHOA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA**

Rua 03, 56. Conj. Maria do Carmo III Rosa Elze. São Cristóvão/SE. Contato: (79) 9 9640-4928.

CNPJ: 45.273.082/0001-86 / E-mail: larryuchoa.urb@gmail.com

KB: coeficiente de equivalência estrutural para a base;

h20: espessura da sub-base;

KS: coeficiente estrutural da sub-base;

Hn: espessura total de pavimento necessária para proteger o reforço do subleito;

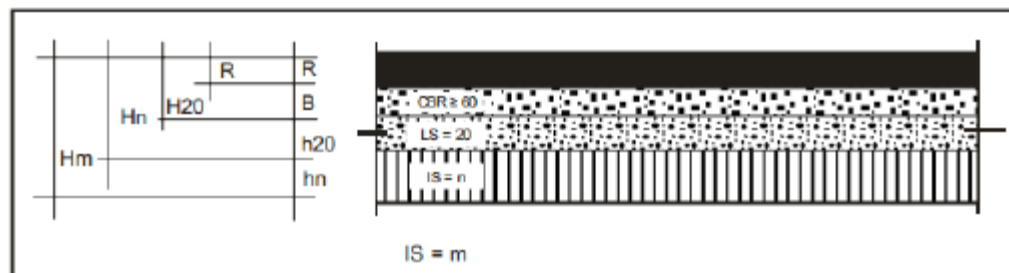
KREF: coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito;

hn: espessura do reforço do subleito;

Hm: espessura total de pavimento necessária para proteger um material com ISC igual a m%.

A Figura 10 mostra o corte transversal e detalhamento do pavimento flexível e suas camadas.

**A Figura 10:** Dimensionamento do pavimento.



**Fonte: DNIT (2006)**

### Considerações sobre o subleito

A espessura do pavimento a ser construído sobre o subleito será calculada de acordo com a presente diretriz, em função do Índice de Suporte Califórnia.

Será executado reforço do subleito para alcance do índice mínimo necessário,  $\geq 10\%$ .

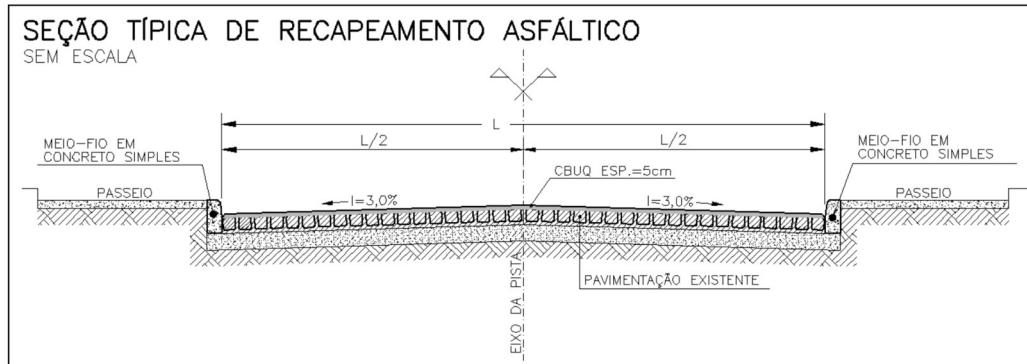
### Estrutura do pavimento

Tráfego Leve com “N” típico até  $10^5$  solicitações por eixo simples padrão.

- a) Camada de Rolamento

Adotado para concreto betuminoso (CBUQ)  $e = 5\text{cm}$ .

CAMADA	ESPESSURA (cm)	COEFICIENTE ESTRUTURAL (k)	ESPESSURA EQUIVALENTE (cm)
Revestimento (Concreto Betuminoso)	Rolamento= 5,00	1,00	5,00



### **3 SINALIZAÇÃO VIÁRIA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária cujo meio de comunicação está na posição vertical, normalmente em placa, fixado ao lado ou suspenso sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, através de legendas e/ou símbolos pré-reconhecidos e legalmente instituídos. A sinalização vertical é classificada de acordo com sua função, compreendendo os seguintes tipos:

- a) Regulamentação;
- b) Advertência;
- c) Indicação.

#### **3.2 REGULAMENTAÇÃO**

Tem por finalidade informar aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias. Suas mensagens são imperativas e o desrespeito a elas constitui infração. A forma padrão do sinal de regulamentação é a circular, exceção os sinais R-1 que é octogonal, e R-2 que é um triângulo isóscele. As cores utilizadas são vermelha, preta e branca.

Foram utilizados sinais com as seguintes dimensões:

- Circular – diâmetro de 750 mm;
- Octogonal – lado de 310 mm;
- Triangular – lado de 900 mm.

Na diagramação dos sinais compostos foram utilizadas letras maiúsculas com altura de 75 mm, 100 mm, 125 mm, selecionadas em função da velocidade de aproximação do veículo e a localização da placa. Na confecção das placas devem ser utilizadas películas refletivas, exceto para os elementos na cor preta, que deverão ser foscos.

#### **3.3 ADVERTÊNCIA**

Tem por finalidade informar aos usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes à ela, indicando a natureza dessas situações à frente. A forma padrão do sinal de advertência é a quadrada, devendo

uma das diagonais ficar na posição vertical. Foram utilizados sinais com as seguintes dimensões:

- Diagonal – lado de 700 mm;

Na diagramação dos sinais compostos foram utilizadas letras maiúsculas com altura de 50 mm, selecionada em função da velocidade de aproximação do veículo e a localização da placa. Na confecção das placas devem ser utilizadas películas refletivas, exceto para os elementos na cor preta, que deverão ser foscos.

### **3.4 INDICAÇÃO**

Tem por finalidade identificar as vias e os locais de interesse, bem como orientar quanto aos percursos, destinos, distâncias e os serviços auxiliares, podendo também ter como função a educação do usuário. Suas mensagens possuem caráter informativo ou educativo. Na diagramação dos sinais de indicação de destino foram utilizadas placas retangulares, com o lado maior na posição horizontal. A altura das letras foi definida em função da velocidade de aproximação do veículo o que resultou em altura de letras maiúsculas de 150 mm e 200 mm.

As cores utilizadas foram:

Fundo: verde ou azul;

Orlas: branca;

Tarjas: branca;

Texto: branca.

Pictogramas

- Fundo: branca

- Símbolo: preta

Na confecção das placas devem ser utilizadas películas refletivas, exceto para os elementos na cor preta, que deverão ser foscos.

### **3.5 SUPORTES**

Os suportes das placas devem ser fixados de modo a suportar as cargas próprias das placas e os esforços em função da ação do vento, garantindo a correta posição do sinal. A escolha do tipo de suporte se deu em função das dimensões e área das placas, sendo: Placas simples de regulamentação/advertência: suporte em poste de madeira com ripa de contraventamento, conforme dimensões e especificações em projeto;

**LARRY UCHOA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA**

Rua 03, 56. Conj. Maria do Carmo III Rosa Elze. São Cristóvão/SE. Contato: (79) 9 9640-4928.

CNPJ: 45.273.082/0001-86 / E-mail: larryuchoa.urb@gmail.com

Placas de Identificação em compostas de regulamentação/advertência/indicativas com área  $\leq 3 \text{ m}^2$ : suporte de madeira;

***Larry Uchôa Guimarães***

Arquiteto e Urbanista Especialista em Gestão de Projetos

CAU: A149779-0

**São Cristóvão/SE, Abril de 2022.**