

PROJETO DE PAVIMENTO

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e Médio

2. Semestre 2024 - Prof. Edson

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Tráfego leve – Ruas de características essencialmente residenciais e locais, para as quais não é absolutamente previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número N típico de 10^5 solicitações do eixo simples padrão (100 kN - ESRD) para o período de projeto de 10 anos.

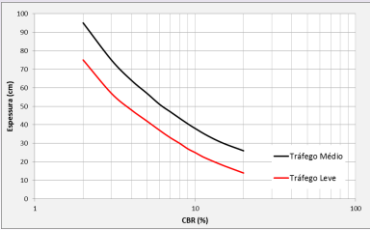
Tráfego médio – Vias coletoras secundárias, com limite máximo passagens de caminhões ou ônibus de 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número N típico de $5 \cdot 10^5$ solicitações do eixo simples padrão (100 kN - ESRD) para o período de projeto de 10 anos.

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Tabela 1 - Classificação de Vias - Tráfego Leve e Médio

Função Predominante	Tráfego Previsto	Vida de Projeto (anos)	Volume inicial da faixa mais carregada		N	N característico
			Veículo leve	Caminhões e Ônibus		
Via Local Residencial c/passagem	Leve	10	100	4	$2,7 \cdot 10^4$	10^5
			a	a	$1,4 \cdot 10^5$	
			400	20		
Via Coletora Secundária	Médio	10	401	21	$1,4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$
			a	a	$6,8 \cdot 10^5$	
			1500	100		

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio



CBR (%)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20
Tráfego Leve	75	56	48	42	37	33	30	27	25	23	21	18	14
Tráfego Médio	95	75	64	57	51	46	44	40	39		34	30	25

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Revestimento

Os materiais empregados na camada de rolamento podem ser de pré-misturado a quente (PMQ) e/ou concreto asfáltico (CA). As espessuras e o tipo de material é função do tráfego, conforme apresentado na Tabela

Tráfego	Tipo de revestimento	Espessura (cm)
Leve	PMQ	4,0
	CA	3,5
Médio	CA	5,0

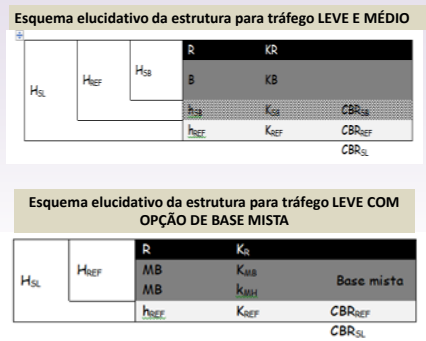
Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Base (B) - Sub-base (h_{SB}) e reforço do subleito (H_{REF})

As espessuras da base (B), sub-base (h_{SB}), e reforço do subleito (H_{REF}) são obtidas pela resolução sucessiva das inequações:

$$\begin{aligned} RK_R + BK_R &\geq H_{SB} \\ RK_R + BK_R + h_{SB} K_{SB} &\geq H_{REF} \\ RK_R + BK_R + h_{SB} K_{SB} + H_{REF} K_{REF} &\geq H_{SL} \end{aligned}$$

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio



7

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Espressuras mínimas de materiais de base

Tabela 18 - espessuras mínimas de base recomendadas

Tráfego	Material	Espessura (cm)
Leve (base mista)	Macadame betuminoso (MB)	5,0
	Brita graduada simples (BGS) / Macadame hidráulico (MH)	10,0
	Binder	4,0
Médio	Macadame betuminoso (MB)	5,0
	Brita graduada simples (BGS) / Macadame hidráulico (MH)	10,0

8

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Valores mínimos de CBR e máximos de expansão para materiais de base e sub-bases

Camada	CBR (%)	Expansão (%)
Base	≥ 80	≤ 0,5
Sub-bases	≥ 30	≤ 1,0

9

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Coefficiente de equivalência estrutural dos materiais

Camada do Pavimento	Coefficiente estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento de concreto magro/CCR	2,0
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Quente, de graduação Densa/ Binder	1,8
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Paralelepípedos	1,0
Base de brita graduada simples (BGS) Macadame hidráulico (MH) e estabilizadas granulometricamente	1,0
Sub-bases granulares ou estabilizadas com aditivos	≤ 1,0
Reforço do subleito	≤ 1,0
Base de solo cimento (SC) ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,7
Base de BGTC com resistência à compressão aos 7 dias entre 2,8 e 4,5 MPa	1,4
Base de solo cimento (SC), com resistência aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,2
Base de solo melhorado com cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,0

10

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Os coeficientes estruturais da sub-base granular e do reforço do reforço do subleito serão obtidos pelas Equações 14 e 15. Na adoção de base mista a camada de MH, denominada de sub-base, adota-se coeficiente estrutural = 1,0.

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3 * CBR_{REF}}} < 1 \quad K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3 * CBR_{SL}}} < 1$$

Mesmo que o CBR do reforço ou da sub-base seja superior a 30% deverá ser considerado como se fosse igual a 30% para efeito de cálculo das relações acima. Se na relação o K_{SB} ou K_{REF} apresentar valores maiores que 1,0, considerar o coeficiente estrutural de 1,0.

11

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Tráfego leve (exercício resolvido 1)

Dimensionar o pavimento, conforme preconiza a Instrução de Projeto de Pavimentos flexíveis IP-04 da SIURB/PMSP, de um trecho de uma via compreendido entre as estacas 100 e 152 (dados abaixo), conhecendo-se os respectivos CBR_{sub} de cada estaca considerada.

Estaca	CBR_{sub}
100	14
104	10
108	11
112	11
116	12
120	12
124	12
128	11
132	12
136	11
140	12
144	13
148	12
152	13
Média	12
Desvio Padrão	1,04
$CBR_{projeto}$	11

Média $\bar{CBR} = \frac{\sum CBR_i}{n}$

Desvio padrão $s = \sqrt{\frac{\sum (CBR_i - \bar{CBR})^2}{n - 1}}$

$CBR_p = \bar{CBR} - \frac{s * t_{0,90}}{\sqrt{n}}$

12

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Adotar camada de revestimentos asfáltico de 3,5 cm $K_R = 2,0$ e base mista constituída de macadame betuminoso $K_{MB} = 1,2$ (Figura 23 – base ou revestimento asfáltico por penetração) e macadame hidráulico $K_{MH} = 1,0$.

Resumo de dados	
Revestimento = 3,5 cm	$K_R = 2,0$
Base MB	$K_{MB} = 1,2$
Base MH	$K_{MH} = 1,0$
CBR _{subl}	11%

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Determinação da espessura da camada de base.

Com o valor de CBR_{subl} e auxílio da Figura 21 ou a tabela 16, obtém-se a espessura total do pavimento H_{SL} , correspondente a um material de granular - $H_{SL} = 23$ cm. Observe-se que não foi mencionado material de reforço de subleito, assim, a camada de base será assente sobre o subleito.

Aplicando-se a inequação 8 temos:

$$\begin{aligned} R \cdot K_R + B \cdot K_B &\geq H_{SL} \\ 3,5 \cdot 2,0 + B \cdot 1,0 &\geq 23 \\ B &\geq 23 - 7 \end{aligned} \quad \text{portanto,}$$

$$B = 16 \text{ cm}$$

Observe-se que a espessura da base foi superior ao especificado como espessura mínima Tabela 18.

13

14

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

A base deverá ser tipo **base mista** constituída de MB e MH.

A sequência de material de cima para baixo é: revestimento, macadame betuminoso seguido de macadame hidráulico, assente sobre o subleito pois conforme (já mencionado) dados não se dispõe de material de reforço de subleito.

Adotando-se 5,0 de espessura para o MB (A espessura de MB adotada deve ser no mínimo a espessura recomendada de 5,0 cm e por uma questão de processo construtivo, espessuras maiores podem não ser alcançada.) temos:

$$\begin{aligned} MB \cdot K_{MB} + MH \cdot K_{MH} &= B \\ 5,0 \cdot 1,2 + MH \cdot 1,0 &= 16 \quad \text{portanto,} \\ MH &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

As espessuras das camadas do pavimento serão:

Camada	Espessura executada (cm)	Espessura equivalente (cm)
Revestimento	3,5	7,0
Base MB	5,0	6,0
Base MH	10	10
Total	18,5 cm	23 cm

15

16

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Observe-se que nessa estrutura não foram fornecidos materiais para camadas de sub-base e de reforço de subleito.

Devido a capacidade de suporte do subleito, foi suprimida a camada de reforço e a base sendo mista a camada de macadame hidráulico pode-se associada como camada de sub-base.

A função estrutural de uma dada camada é preponderante a sua denominação.

Na camada de base deve ser utilizado um material que corresponda estruturalmente a essa camada, da mesma forma às demais camadas. Uma camada de MH ser denominada de sub-base ou de base mista é pouco significativo. Figura 25.

Associação de camadas

Revestimento = 3,5 cm	Revestimento = 3,5 cm
Base mista	Base de MB = 5,0 cm
	Sub-base de MH = 10 cm
subleito	subleito

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

Tráfego leve - exercício

Dimensionar a estrutura de um pavimento conforme dados abaixo:

Parâmetros	Material / espessura	K
Tráfego leve		
Revestimento	PMQ / 4 cm	1,8
Base mista	MB / 5,0 cm	1,2
	MH	1,0
Reforço subleito	CBR = 11%	
Subleito	CBR _{projeto} = 6%	

17

18

Dimensionamento da PMSP para tráfego Leve e médio

OBRIGADO PELA ATENÇÃO