

PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

PAVIMENTAÇÃO DA RUA FREI SOLANO
GASPARINHO, GASPAR, SC

MEMÓRIA DE CÁLCULO
PAVIMENTO FLEXÍVEL

BAIRRO GASPARINHO
GASPAR - SC

NOVEMBRO/2018



MEMORIAL DE CÁLCULO

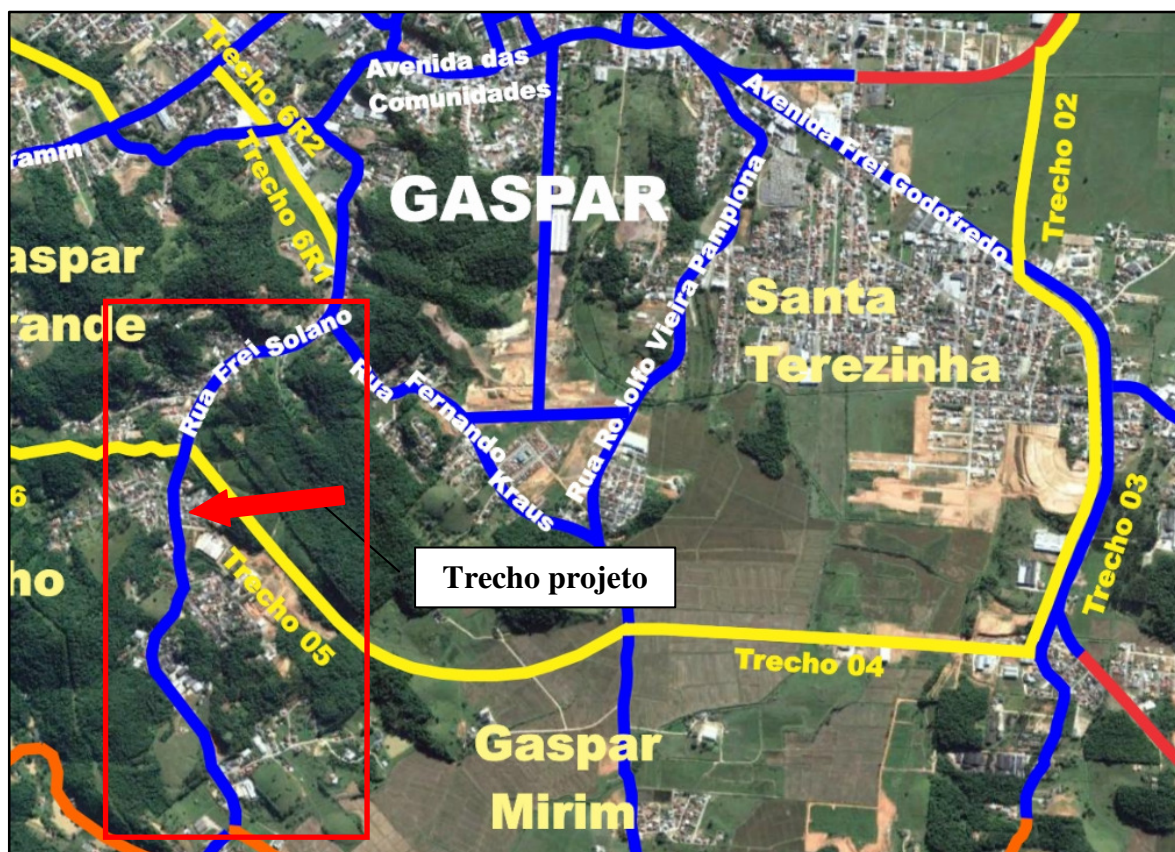
DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL (Concreto Asfáltico Usinado a Quente – C.B.U.Q. e Camadas Estruturais)

1. INTRODUÇÃO

Visando a melhoria e ampliação no sistema viário do município de Gaspar, o projeto de pavimentação asfáltica da Rua Frei Solano apresenta obras de aplicação de revestimento com CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) e implantação de meio fio em um trecho de 2,74km pavimentados em paralelepípedo atualmente.

2. OBJETIVO

O Projeto tem por objetivo melhorar a mobilidade, acessibilidade e qualidade de vida da população do bairro e do município como um todo, pois a Rua está inserida no Anel de Contorno Viário Urbano.





ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

A Rua Frei Solano tem gabarito total de 14 metros, conforme a Lei complementar nº 71 de 13/10/2016, sendo 2,5 metros de calçada, 2,0 metros de ciclovia e 7 metros de pista de rolamento.

O trecho de 2742,00 metros de extensão do projeto em questão encontra-se pavimentado em paralelepípedos e as calçadas pavimentadas em materiais diversos, existindo alguns trechos de calçada sem pavimentação.

Entre as estacas 0 a 57 o Município realizará a remoção do pavimento em paralelepípedo existente para execução da drenagem pluvial. Neste trecho foi considerado que o reaterro a ser realizado pela Secretaria de Obras terá $ISC \geq 8$ e expansão ≤ 1 .

No restante do trecho, devido à implantação da rede de drenagem e substituição da rede de água (a ser realizada pelo Samae) também foi considerado a remoção de todo o paralelepípedo, pois a área necessária a implantação das redes equivale a mais de 50% da área do pavimento existente.

O meio fio de pedras existente será substituído e as calçadas já pavimentadas serão preenchidas com concreto para acerto da altura e nivelamento com o meio fio.

As larguras das calçadas já pavimentadas serão mantidas as existentes, para os trechos onde não houver pavimentação ou muros será realizado o aterro e revestimento com pó de pedra com a largura conforme Plano Diretor, 2,50 metros.

Em alguns locais não existe faixa de calçada devido a taludes, acessos e muros construídos próximos ao meio fio.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Na pavimentação com CBUQ, visa atender as seguintes características:

- Conforto ao tráfego com veículos;
- Resistência aos esforços verticais em função das cargas dos veículos;
- Resistência aos esforços horizontais gerada pelos tráfegos de veículos;
- Impermeabilização da área pavimentada, impedindo infiltrações das águas superficiais.



4. ESTUDO DO SUBLEITO

Foi realizado o ensaio para determinação do índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão do subleito através da coleta de seis amostras ao longo do trecho de projeto.

Está apresentado no relatório em anexo os resultados dos ensaios realizados para o material do subleito.

Os valores máximos e mínimos de um parâmetro, a partir de uma amostragem com N elementos, considerando como 10% a probabilidade de um valor ficar abaixo da média, são obtidos pela equação abaixo:

$$X = x \pm 1,29\sigma/\sqrt{N}$$

onde:

X = Valores máximos e mínimos do parâmetro estudado a uma determinada probabilidade;

x = Média aritmética dos valores amostrais;

N = Número de amostras; e,

σ = Desvio padrão.

Efetuada a análise estatística, determinou-se o valor do Índice de Suporte Califórnia de Projeto (ISC_p) do subleito, apresentado a seguir.

$$ISC_m = 20,65$$

$$\sigma = 0,41$$

$$N = 6$$

$$ISC_p = 20,43\%$$

Durante a execução da obra, nos locais onde houver o reaterro de valas das tubulações de drenagem pluvial, os materiais empregados para aterro devem atender ao ISC mínimo de 8 e expansão <1.

Deverá ser realizado novo ensaio após a execução de reaterro para verificação do valor do ISC e expansão dos materiais empregados.

Para os valores de $ISC \leq 8\%$ e/ou expansão ≥ 1 no subleito deverá ser realizada a remoção e substituição dos solos.



5. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

- RUA RODOLFO FREI SOLANO - BAIRRO GASPARINHO – GASPAR – SC

ITEM	NOME DA RUA	GABARITO DA VIA (M)				EXT. TOTAL DA VIA(M)	EXT. A PAVIMENTAR(M)	ÁREA PAV. (M²)
		P.ESQ.	CX.ROLAM.	CICLOVIA	P.DIR.			
01	RUA FREI SOLANO	2,50	7,00	2,00	2,50	7600,0	2.742,02	25201,13
SOMA								

O dimensionamento das diversas camadas constituintes do Pavimento é feita mediante o método de dimensionamento do Pavimento flexível do DNER (método do Eng. Murillo Lopes de Souza) apoiando em metodologia para conceituação e obtenção dos parâmetros envolvidos, conforme recomendações e/ou orientação contidas no manual de projeto de Engenharia Rodoviária do DNER.

6. PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO

a) *Índice de Suporte (ISC) CBR*

É utilizado no dimensionamento o ISC (*Índice Suporte Califórnia*) sem preocupação de corrigi-lo em função do Índice de Grupo dos materiais representativos do sub-leito.

b) *Fator Climático Regional*

O coeficiente F_R = fator climático regional, que objetiva levar em conta as variáveis de umidade dos materiais do pavimento durante as várias estações do ano o que se traduz pela variação de capacidade de suporte dos materiais. Esse fator tem variação de 0,2 até 5 (conforme tabela 35 fator climático do método), esse valor é tomado igual a 1 ($F_R = 1$).

b) *Coeficiente de Equivalência estrutural (K)*



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

São recomendados pelo já referido manual do projeto do DNER e aqui adotamos, os seguintes coeficientes estruturais (K) para os diferentes materiais indicados para constituírem a estrutura do pavimento.

Tabela 1 – Coeficiente K em função do tipo de base

TIPO DE PAVIMENTO	COEFICIENTE K
<i>Base ou revestimento de concreto betuminoso usinado à quente CBUQ.</i>	2.0
<i>Base ou revestimento pré-misturado à quente de graduação densa.</i>	1.7
<i>Base ou revestimento pré — misturado à frio de graduação densa.</i>	1.4
<i>Base ou revestimento betuminoso por penetração</i>	1,2
<i>Brita graduada</i>	1.1
<i>Material Granular</i>	1.0

Adotamos genericamente, para a designação dos coeficientes estruturais e simbologia consagrada pelo uso do DNER.

Kr = Coeficiente estrutural do revestimento betuminoso

Kb = Coeficiente estrutural da base

Ksb = Coeficiente estrutural da Sub-base e,

d) Espessura Mínima do revestimento Betuminoso

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminoso é de vital importância na “performance” do pavimento, quanto a sua duração em termos de vida de projeto, e é ainda um dos pontos abertos na discussão da engenharia rodoviária, que se trate de proteger a camada da base contra os esforços impostos pelo tráfego, que se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração e flexão.

Estudos e observações do IPR para Recomendações contidas no Manual de Projeto de Engenharia do DNER visam especialmente as bases de comportamento permanente granular e são as seguintes:

Tabela 2 –Espessura do pavimento em função de N

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO	NÚMERO “N”
<i>Tratamentos superficiais betuminosos.</i>	$N \leq 10^6$
<i>Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura.</i>	$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$
<i>Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura.</i>	$5 \times 10^6 \leq N < 10^7$
<i>Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura.</i>	$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$
<i>Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura.</i>	$N > 5 \times 10^7$



Camadasda Rua Frei Solano

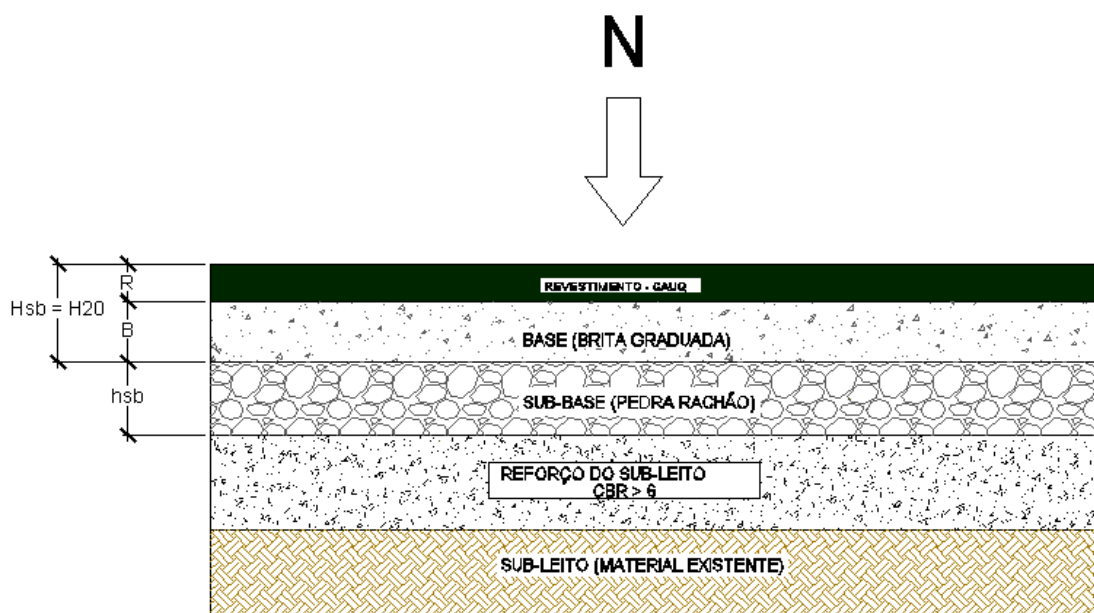


Figura 1 –Camadas do leito de rodagem

No dimensionamento do pavimento considerou-se:

- a previsão de solicitações das cargas dos veículos ao longo da vida útil, definida pelo número N , para o trecho em estudo.
- Índices de suporte das camadas do pavimento e do sub-leito e, os coeficientes de equivalência estrutural atribuída às camadas constituintes dos pavimentos.

As solicitações do pavimento pelo eixo padrão de 80,4 KN (8,2 tf), o número N , conforme determinado nos estudos de tráfego, os índices de suporte dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do sub-leito de acordo com as avaliações constantes nos estudos geotécnicos e os coeficientes de equivalência estrutural.

Os coeficientes de equivalência estrutural adotados são os seguintes:

- Concreto betuminoso usinado a quente = 2,0
- Brita graduada = 1,1
- Sub-base imediatamente acima do sub-leito = 1,0



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

As espessuras do pavimento e das camadas que o constituem de acordo com metodologia e o exposto esta no quadro final.

e) Estudo de tráfego

Para a estimativa de tráfego de pavimentação da Rua Frei Solano, considerou-se a contagem do fluxo de veículos realizada no dia 04/09/2018 pela Superintendência de Trânsito entre a rótula da Rua Fernando Krauss e a Rua Manoel Pedra.



Figura 2—Ponto de contagem do fluxo de veículos

A contagem foi realizada nos dois sentidos da via durante o período das 14:00 as 15:00 horas.

A estimativa do volume de tráfego diário foi feita através do volume verificado no período de uma hora de contagem multiplicada pelo Fator Hora de Pico (FHP) calculado pela Diretoria de Circulação Viária do Município.

A tabela com o FHP foi elaborada considerando o volume de trânsito dos cinco principais equipamentos de fiscalização eletrônicos do Município,



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

localizadas nos bairros Sete de Setembro (Rua Itajaí), Figueira (Avenida Anfilóquio Nunes Pires) e Santa Terezinha (Avenida Frei Godofredo) no mês de abril de 2018, considerando a medição do número de veículos das terças-feiras, quartas-feiras e quintas-feiras.

O cálculo do FHP foi feito através da divisão do somatório do volume horário de veículos registrados pela fiscalização eletrônica pelo somatório do volume total diário de veículos, conforme tabela 3.

$$FHP = \Sigma Vh / \Sigma VTd$$

Onde:

FHP = fator hora de pico;

Vh= Volume horário, sendo o somatório do volume das 3 lombadas;

VTd = Volume total diário, sendo o somatório do volume das 3 lombadas.

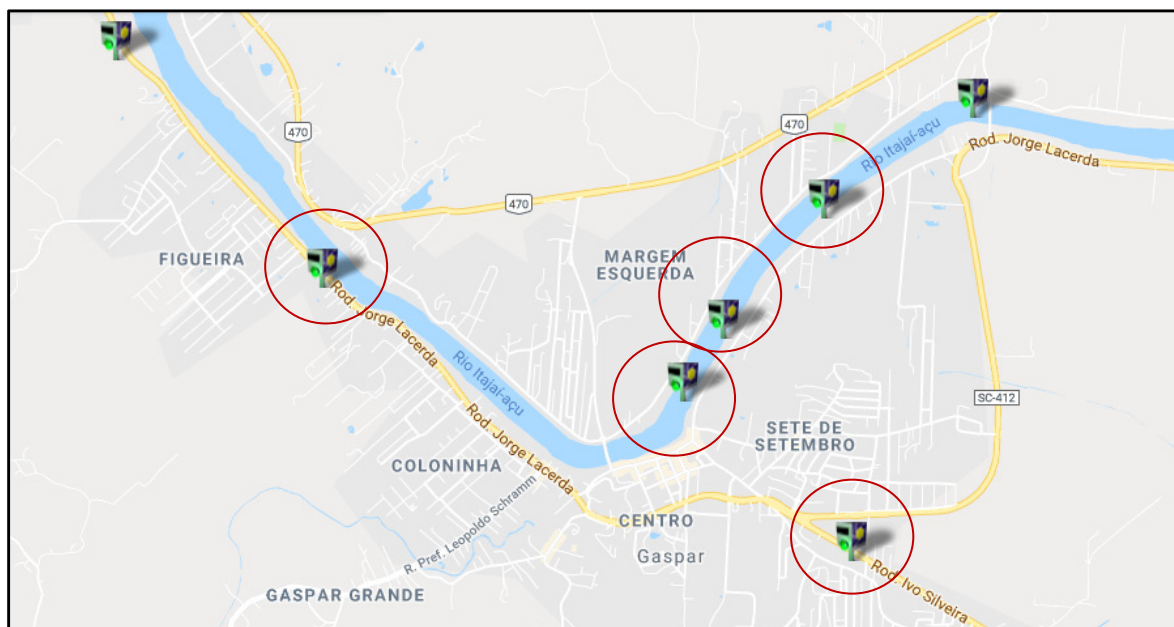


Figura 3—Localização dos equipamentos eletrônicos de fiscalização.



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Tabela 3–Fator hora de pico Município de Gaspar

FHP MÉDIO DA CIDADE	
HORÁRIO	FHP
00h - 01h	0,41%
01h - 02h	0,19%
02h - 03h	0,12%
03h - 04h	0,13%
04h - 05h	0,69%
05h - 06h	1,06%
06h - 07h	4,12%
07h - 08h	7,29%
08h - 09h	6,40%
09h - 10h	5,79%
10h - 11h	5,87%
11h - 12h	6,09%
12h - 13h	6,07%
13h - 14h	6,33%
14h - 15h	6,22%
15h - 16h	6,50%
16h - 17h	6,54%
17h - 18h	7,52%
18h - 19h	6,93%
19h - 20h	5,43%
20h - 21h	3,58%
21h - 22h	3,28%
22h - 23h	2,40%
23h - 00h	1,05%
TOTAL	100,00%

- Símbolos utilizados:

P = Período, vida útil 10 anos

V1 = Volume médio diário de tráfego no ano de abertura;

Vm = Volume médio durante a vida útil;

Vt = Número total de veículos que irão utilizar o pavimento durante a vida útil.



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Previsão de solicitações por veículos

Solicitações	Veículo				
	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus
Semanais	21.270	338	900	338	113
Semanas por ano	52	52	52	52	52
Período Projeto (anos)	10	10	10	10	10
Total	11.060.450	175.563	468.167	175.563	58.521

Ano	Carro passeio (v/d)	Ônibus (v/d)	Caminhões leves (v/d)	Caminhões médios (v/d)	Caminhões pesados (v/d)
2018	3039	16	48	129	48
	92,64%	0,49%	1,47%	3,92%	1,47%

$$V_t = 365 * V_1 * \left[\frac{\left(1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1}{\left(\frac{t}{100} \right)} \right]$$

Cálculo dos fatores para determinação do número (N) para dimensionamento do Pavimento. (Conforme método indicado).

Dados = Volume Atual de Veículo dia ($V_1=3280$), Pior situação.

t (taxa de crescimento anual de veículos)=3,5% aa.

P(período de projeto) = 10 anos.

VT (volume total de veículos) =11.989.933veículos.

Cálculo do fator veículo (Fv)

Eixo	Carga (tf)	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus	Total
Dianteiro	6	-	0,003	0,278	0,278	0,278	0,837
Traseiro Simples	10		0,055	3,289		3,289	6,633
Traseiro Duplo	17				8,549		8,549
Fatores de Veículo (FV)			0,058	3,567	8,827	3,567	



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Cálculo do número N

Taxa (% a.a.) 0

Ano	VMDA _{Leve}	VMDA _{Médio}	VMDA _{Pesado}	VMDA _{ônibus}	$\Sigma(VMDA \times FV)$	N _{Anual}	N _{Acumulado}
1	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	3,44E+06
2	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	6,88E+06
3	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	1,03E+07
4	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	1,38E+07
5	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	1,72E+07
6	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	2,06E+07
7	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	2,41E+07
8	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	2,75E+07
9	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	3,09E+07
10	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	3,44E+07

$$N = 3,44 \times 10^7.$$

Cálculo do número N considerando a taxa de crescimento

Taxa (% a.a.) 3,5

Ano	VMDA _{Leve}	VMDA _{Médio}	VMDA _{Pesado}	VMDA _{ônibus}	$\Sigma(VMDA \times FV)$	N _{Anual}	N _{Acumulado}
1	175.563	468.167	175.563	58.521	3.438.571	3,44E+06	3,44E+06
2	181.707	484.553	181.707	60.569	3.558.921	3,56E+06	7,00E+06
3	188.067	501.512	188.067	62.689	3.683.483	3,68E+06	1,07E+07
4	194.650	519.065	194.650	64.883	3.812.405	3,81E+06	1,45E+07
5	201.462	537.233	201.462	67.154	3.945.839	3,95E+06	1,84E+07
6	208.513	556.036	208.513	69.504	4.083.944	4,08E+06	2,25E+07
7	215.811	575.497	215.811	71.937	4.226.882	4,23E+06	2,68E+07
8	223.365	595.639	223.365	74.455	4.374.823	4,37E+06	3,11E+07
9	231.183	616.487	231.183	77.061	4.527.941	4,53E+06	3,57E+07
10	239.274	638.064	239.274	79.758	4.686.419	4,69E+06	4,03E+07

$$N = 4,03 \times 10^7.$$

De acordo com a tabela 2: **R=10,0 cm de C.A.U.Q.**

7. DIMENSIONAMENTO DA ALTURA

Para cada uma das camadas que irão compor o pavimento existe uma especificação que define os requisitos mínimos de qualidade dos materiais a serem utilizados na execução de cada uma. Em resumo podem-se listar os



seguintes requisitos:

- Para camada do subleito e reforço do subleito:
 - $\text{CBR} \geq 8\%$
 - $\text{Expansão} \leq 1\%$
- Para camada de sub-base:
 - Utilizar material com $\text{CBR} \geq 20\%$;
 - Utilizar com $\text{IG} = 0$.
 - $\text{Expansão} \leq 1\%$
- Para camada de base:
 - Utilizar material que tenha $\text{IG} = 0$;
 - IS ou $\text{CBR} \geq 80$ (para $N \geq 5 \times 10^6$);
 - IS ou $\text{CBR} \geq 60$ (para $N < 5 \times 10^6$);
 - Expansão menor que $0,5\%$;
 - Limite de liquidez menor do que 25% ;
 - Índice de plasticidade menor do que 6 ;
 - Distribuição granulométrica enquadrada pelas faixas da norma DNER-ES-303/96;
 - Se $\text{LL} > 25$, o Equivalente de Areia deverá ser maior que 30 .

O pavimento, além dos parâmetros que caracterizam o tipo de solo, também é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações do eixo padrão que no caso deste trabalho o valor $N_{\text{projeto}} = 8,8 \times 10^6$.

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Eng. Murilo Lopes de Souza, vale-se de gráfico com auxílio do qual se obtém a espessura total do pavimento, em função de $N_{8,2t}$ (USACE). Tal espessura total se refere à espessura em termos de $K = 1,00$, ou seja, de camada granular para a proteção do terreno de fundação (subleito). Para outros constituintes, basta multiplicá-los



pelos respectivos valores de K.

Dispondo dos Índices Suporte do subleito, do reforço do subleito e da sub-base, pode-se obter, através do ábaco de dimensionamento, em primeira aproximação, as espessuras necessárias, respectivamente, acima dessas camadas. A simbologia a ser adotada é:

Subleito: $IS = m$; Reforço do subleito: $IS = n$ e Sub-base: $IS = 20$.

Neste dimensionamento será utilizado o CBR mínimo igual a 20 para a camada de sub-base, por esta razão, usam-se sempre os símbolos, H20 e h20 para designar as espessuras de pavimento da base sobre a espessura de sub-base, respectivamente.

Os símbolos B e R designam, respectivamente, as espessuras de base e de revestimento. Um esquema é apresentado abaixo para melhor compreensão da simbologia.

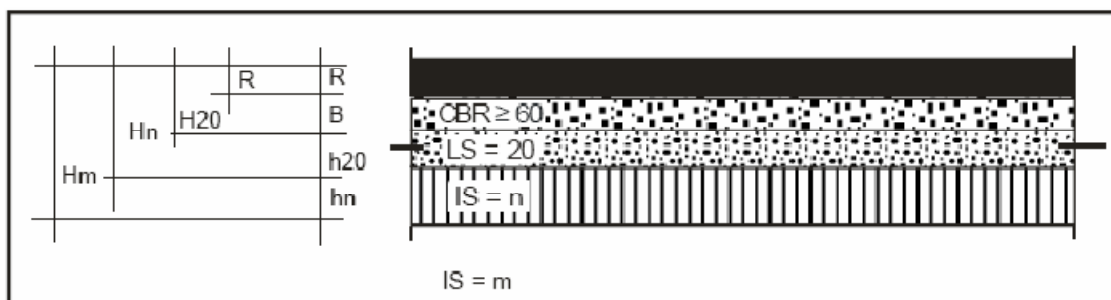


Figura 2 – Simbologia das camadas

O ábaco dará as espessuras necessárias acima dessas camadas, sem levar em conta a qualidade dos materiais que irão compor o pavimento. Admite-se que todos os materiais das camadas são iguais quanto ao comportamento estrutural, correspondente a um coeficiente de equivalência $K = 1$, a ser definido a seguir:

Então se tem:



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

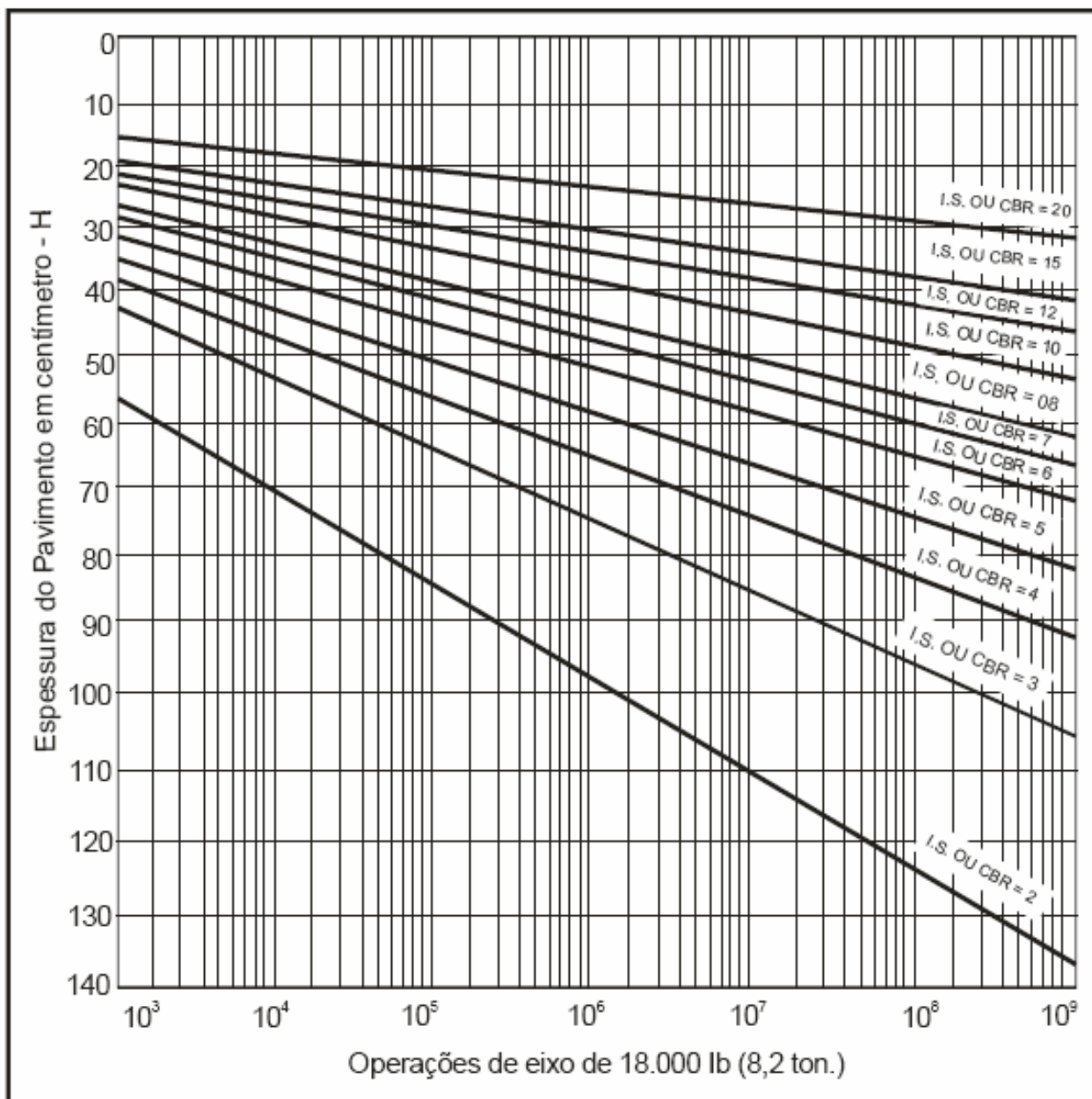


Figura 3 - Ábaco para dimensionamento

- **Os coeficientes de Equivalência Estrutural:**

C.A.U.Q.:	$K_r = 2,0$
Brita Graduada:	$K_B = 1,1$
Sub-base:	$K_{SB} = 1,0$
Sub-leito:	$K_{ref} = 0,7$

Este método supõe que há sempre uma drenagem superficial que o lençol d'água subterrâneo foi rebaixado menos 1,5 cm em relação ao greide de regularização.



Equação 1:

$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$
$$10 \times 2,0 + B \times 1,1 \geq 28$$
$$B = 7,27 \text{ cm} \therefore \mathbf{B_{ADOTADO} = 15,0 \text{ cm}}$$

OBS.: “H₂₀” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR.

Cabe ressaltar que as espessuras máxima e mínima de compactação das camadas granulares são de 20cm e 10cm, respectivamente. A espessura construtiva mínima para estas camadas é de 15cm.

Equação 2:

Para os trechos onde houver a implantação de rede de drenagem e reaterro foi considerado o CBR>8 para o subleito.

$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B + h_{SB} \times K_{SB} \geq H_{SB}$$
$$10 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + h_{SB} \times 1,0 \geq 54$$
$$h_{SB} = 17,5 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_{SB ADOTADO} = 20,0 \text{ cm}}$$

OBS.: “H_{SB}” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR>8.

Equação 3:

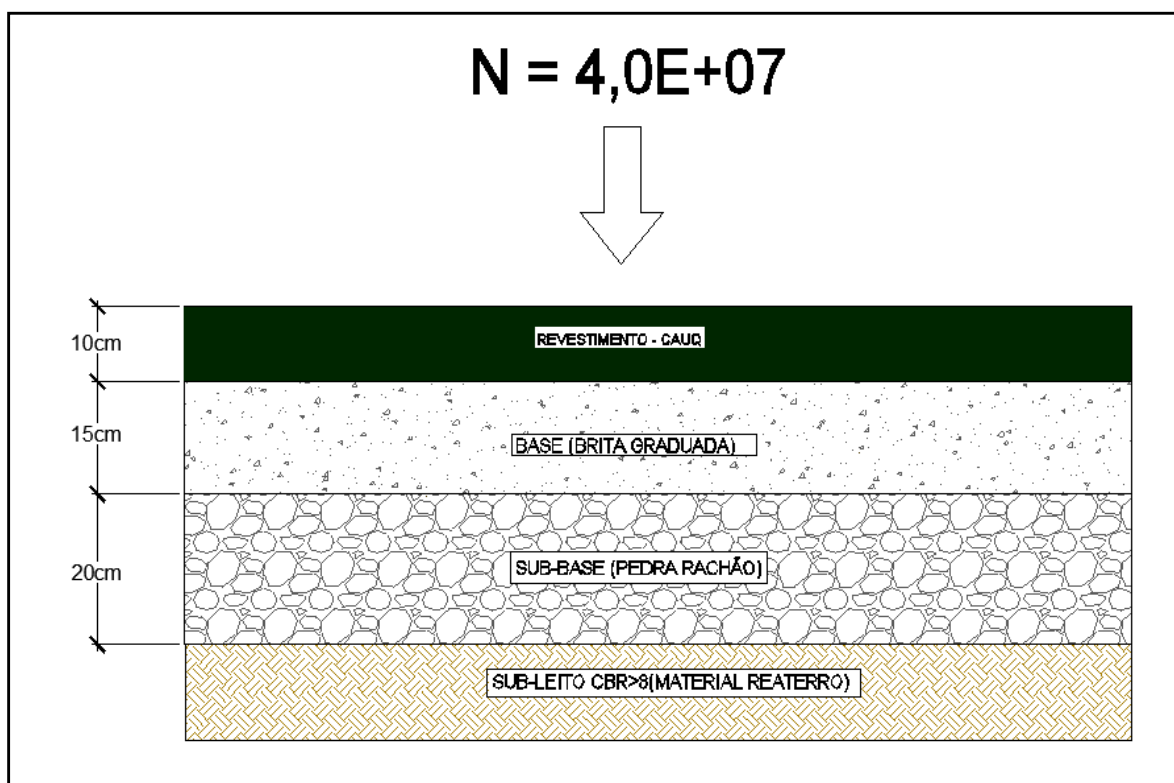
$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$
$$10,0 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + 25 \times 1,0 + h_n \times 0,7 \geq 62$$
$$h_n \geq 0,71 \text{ cm} \mathbf{h_m ADOTADO = subleito existente}$$

OBS.: “H_M” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR>6.



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

DIMENSIONAMENTO FINAL



Gaspar, 28 de novembro de 2018.

Mariana Andreazza Bernardi Diehl
Engenheira Civil – Crea-SC 092.398-9