

COMPARATIVO ENTRE O DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL PARA A AVENIDA FERNANDO FERRARI

Msc. Flavia Regina Bianchi

Eng^a. Isis Raquel Tacla Brito

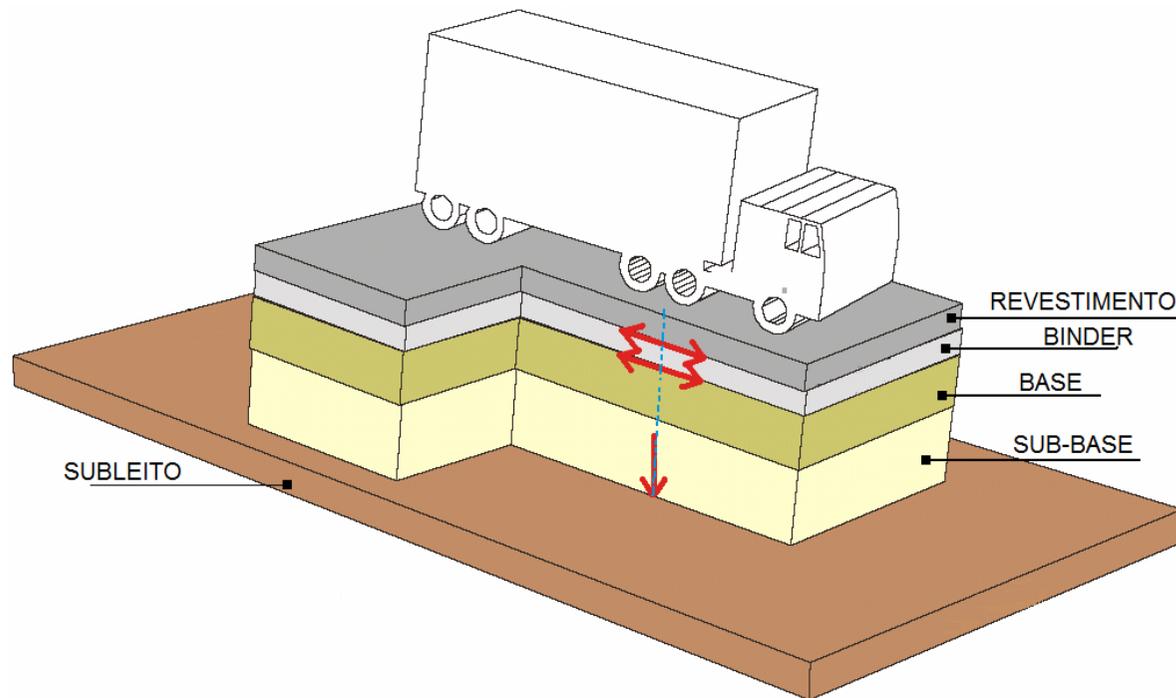
Eng^a. Veronica Amanda Brombley Castro

(50CBC0710)

08 de Setembro de 2008

Estrutura dos Pavimentos

É constituída por camadas sobrepostas, que possuem espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento, sobre uma fundação.



Considerações Gerais

O dimensionamento estrutural de pavimentos tem por finalidade:

- ✓ determinar as espessuras das camadas;
- ✓ subsidiar a decisão quanto ao tipo de pavimento;
- ✓ definir os materiais constituintes e elaborar as especificações técnicas.

Para elaboração do projeto, se faz necessário:

- ✓ estudo de tráfego;
- ✓ estudo do subleito;
- ✓ pesquisa sobre materiais das camadas.

Considerações Gerais

Dimensionamento para Avenida Fernando Ferrari – trecho Ponte da Passagem até a interseção de acesso ao Aeroporto.



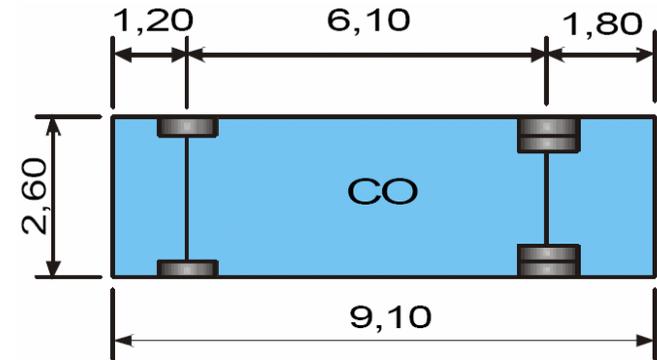
Dimensionamento

Veículo de projeto

- ✓ veículo tipo **CO** (comercial rígido)

Estudo de tráfego

- ✓ contagens diárias na Avenida Fernando Ferrari (sentido Vitória – Serra), feita pela Prefeitura Municipal de Vitória no ano de 2005;
- ✓ crescimento linear
- ✓ período de projeto de 20 anos;
- ✓ tráfego médio (rodovias e vias urbanas submetidas a tráfego de caminhão pesado);





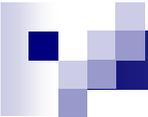
Dimensionamento

Estudo de tráfego

O pavimento é dimensionado em função do número “N”, número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 t, durante o período de vida útil do projeto

$$N = 365 \times V_m \times P \times FR \times FV \quad \text{Eq.(1)}$$

- ✓ N = número equivalente de operações de eixo padrão durante o período de projeto
- ✓ V_m = volume médio diário de tráfego no sentido mais solicitado, no ano médio do período de projeto
- ✓ P = período de projeto ou vida útil em anos
- ✓ FV = fator de veículo
- ✓ FR = fator climático regional



Dimensionamento

Dados coletados na contagem

Veículos		Quantidade	Tipo de eixo	Carga por eixo (tf)
Autos	Carro passeio	20.610	Simples Roda Simples	12
	Van / Kombi	1.464		12
	Furgão de pequeno porte, para transporte de carga	1.393		12
Ônibus	Microônibus	290	Simples Roda Dupla	16
	Convencional	2.469		16
	Articulado	77	Tandem Duplo	23
Caminhão	2 eixos	798	Simples Roda Dupla	16
	3 eixos			
	5 ou mais eixos	49	Tandem Triplo	41,5 - 57
TOTAL		27.293		



Dimensionamento

Estudo de Tráfego

Adotando-se um crescimento linear verificou-se a projeção para o ano de 2025 (20 anos a partir da contagem, período de projeto).

Veículo \ Volume/ano	V20 / 2025
Autos	38.674
Ônibus	4.673
Caminhão	1.630
TOTAL GERAL	44.977



Dimensionamento

Estudo de Tráfego

✓ **Fator de Veículo (FV)**, fator que transforma o tráfego real que solicita o pavimento durante o período de projeto, em um tráfego equivalente de eixos padrão, no mesmo período → **FV = 18,61**.

✓ **Fator Climático (FR)**, considerando os resultados de pesquisas desenvolvidas pelo DNER → adotou-se **FR = 1,0**

Logo o número equivalente de operações:

$$N = 4,9 \times 10^9$$



Dimensionamento Pav. Flexível

- ✓ Método utilizado - DNIT
- ✓ Tipo de revestimento flexível - CBUQ

Dados do CBR fornecidos pela empresa executora na obra de expansão da Avenida Fernando Ferrari

- ✓ Base = 90% (brita graduada)
- ✓ Sub-base = 70% (solo brita)
- ✓ Reforço de subleito = 12% (pó de pedra)
- ✓ Subleito = 10% (solo natural)

Dimensionamento Pav. Flexível

✓ Utilizando a fórmula da espessura da camada

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad \text{Eq.(2)}$$

✓ Encontram-se os respectivos valores para:

$$H_m = 57 \text{ cm};$$

$$H_n = 52 \text{ cm};$$

$$H_{20} = 38 \text{ cm}$$

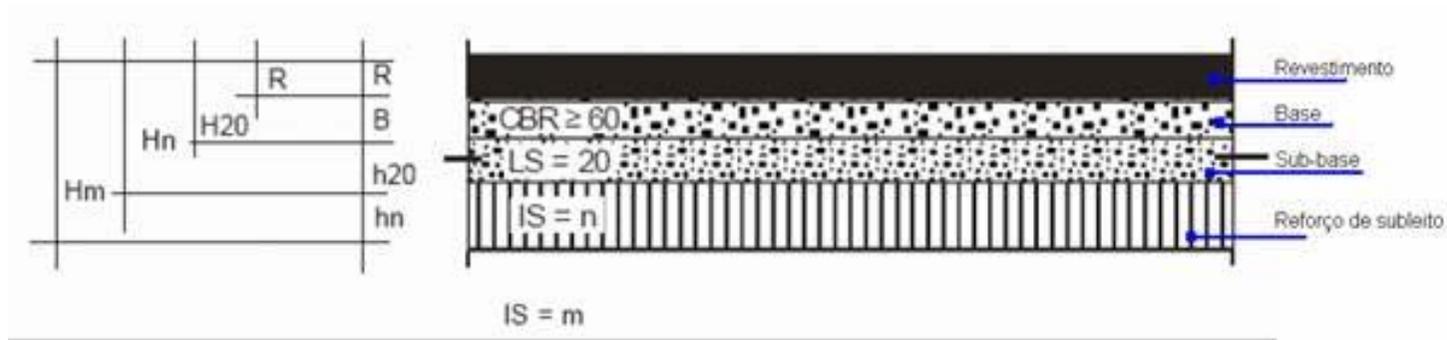


Figura – Simbologia das camadas

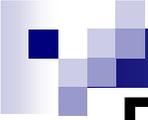


Dimensionamento Pav. Flexível

Calculado N, utiliza-se a tabela de valores da espessura de revestimento em função de N para definir a espessura do revestimento.

Tabela de espessura mínima de revestimento betuminoso.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 \leq N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5 cm de espessura
$5 \times 10^6 \leq N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 \leq N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12 cm de espessura



Dimensionamento Pav. Flexível

Defini-se os valores de K através da tabela abaixo:

Tabela de Coeficiente de equivalência estrutural.

Componentes dos pavimentos	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base granular	1,00
Sub -base granular	0,77
Reforço de subleito	0,71

Dimensionamento Pav. Flexível

Com os valores de K e H calculados anteriormente, definem-se as espessuras de cada camada:

$$R.K_R + B.K_B > H_{20} \quad \text{Eq.(3)}$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S > H_n \quad \text{Eq.(4)}$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S + h_n.K_{Ref} > H_m \quad \text{Eq.(5)}$$

Tabela resumo das espessuras das camadas

Camadas	Espessura (cm)
Revestimento (CBUQ)	12,0
Base	14,0
Sub-base	18,0
Reforço	7,0



Dimensionamento Pav. Rígido

- ✓ Método utilizado – PCA/84
- ✓ Tipo de revestimento rígido – Concreto Simples
- ✓ Parâmetros:
 - Sem acostamento;
 - Resistência à tração na flexão de 4,5 MPa (aos 28 dias de cura);
 - CBR do subleito igual a 10% (conforme informação da empresa executora);



Dimensionamento Pav. Rígido

Características do subleito

- ✓ Para **CBR = 10%**, o valor do coeficiente de recalque do sub-leito (**k**) = **55 MPa/m**.

Características da sub-base

- ✓ Sub-base de solo-cimento adotada = **10 cm**
- ✓ Coeficiente de recalque no topo da sub-base (**k**) = **132 MPa/m**

Fator de segurança

- ✓ Fator de segurança (FSC)= 1,1, devido a via estudada ser de tráfego médio (moderada frequência de caminhões)

Dimensionamento Pav. Rígido

Estudo de tráfego

O pavimento é dimensionado com base nos veículos que irão utilizar a via, estes são classificados pelas cargas que transmitem ao pavimento.

$$n_i = \frac{V_t \times p_i \times FE}{100} \quad \text{Eq.(6)}$$

- ✓ n_i = número de eixos solicitantes dos veículos de classe i
- ✓ V_t = volume de tráfego total, igual a 266.771.200 veículos / dia
- ✓ p_i = porcentagem dos veículos de classe i em relação ao V_t
- ✓ FE = fator de eixo, igual a 2,01

Em seguida, calcula-se o número de eixos solicitantes dos veículos de classe i e de carga por eixo j (n_{ij}), pela seguinte equação:

$$n_{ij} = \frac{p_{ij} \times n_i}{100} \quad \text{Eq.(7)}$$

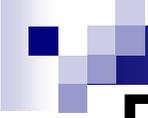
- ✓ p_{ij} = porcentagem dos veículos de classe i que tem carga por eixo j

Dimensionamento Pav. Rígido

Estudo de tráfego

Tabela de resumo do estudo de tráfego

Veículos	Tipo de eixo	% por classe de veículo	Número de solicitações por classe (n_i)	Carga por veículo (tf)	% por carga de veículo	Número de solicitações por carga (n_{ij})
Carro de passeio	Simples	0,01	53.622	12	86,83	46.560
Vans / Kombis				12		
Furgão				12		
Microônibus				16	13,17	
Ônibus convencional				16		
Caminhões c/ 2 eixos				16		
Ônibus articulado	Tandem Duplo	$8,25 \times 10^{-5}$	443	23	100	443
Caminhões c/ 3 eixos				23		
Caminhões c/ 5 eixos ou mais	Tandem Triplo	$1,84 \times 10^{-5}$	99	41,5 - 57	100	99



Dimensionamento Pav. Rígido

Tensão equivalente

- ✓ Com o valor da espessura tentativa = **21 cm** e $k = 132 \text{ MPa/m}$, através de tabelas, obtém-se os valores das tensões.
 - ✓ Tensões para Eixos Simples: **1,40 MPa**
 - ✓ Tensões para Eixos Tandem Duplos: **1,15 MPa**
 - ✓ Tensões para Eixos Tandem Triplos: **0,84 MPa**

Análise de fadiga

- ✓ Fator de fadiga: tensão equivalente \div resistência característica a tração na flexão (4,5 MPa)
 - ✓ para Eixos Simples: FFES = **0,311**
 - ✓ para Eixos Tandem Duplos: FFETD = **0,255**
 - ✓ para Eixos Tandem Triplos: FFETT = **0,186**

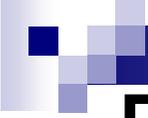
Dimensionamento Pav. Rígido

Análise de fadiga

- ✓ Consumo de fadiga (%): número de repetições previstas ÷ número admissível de repetições
- ✓ Critério de fadiga (%): somatório do consumo de fadiga ≤ 100%

Tabela de consumo de fadiga

Tipo de Veículos	Tipo de eixo	Nº de repetições previstas	Nº admissível de repetições	Consumo de fadiga (%)
Carro de passeio, vans, Kombi e furgão	Simples Roda Simples	46.560	800.000	5,82
Microônibus, ônibus convencional e caminhão 2 eixos	Simples Roda Dupla	7.062	8.800	80,25
Ônibus articulado e caminhão 3 eixos	Tandem Duplo	443	Ilimitado	-
Caminhão de 5 eixos ou mais	Tandem Triplo	99	Ilimitado	-
TOTAL				86,07%



Dimensionamento Pav. Rígido

Análise de erosão

- ✓ Com o valor da espessura tentativa = **21 cm** e $k = 132 \text{ MPa/m}$, através de tabelas, obtém-se os valores dos fatores de erosão.
 - ✓ Fator de erosão para Eixos Simples: **2,73 MPa**
 - ✓ Fator de erosão para Eixos Tandem Duplos: **2,82 MPa**
 - ✓ Fator de erosão para Eixos Tandem Triplos: **2,87 MPa**

Dimensionamento Pav. Rígido

Análise de erosão

- ✓ Dano por erosão (%): número de repetições previstas ÷ número admissível de repetições
- ✓ Dano total por erosão (%): somatório do dano por erosão ≤ 100%

Tabela - Dano por erosão

Tipo de Veículos	Tipo de eixo	Nº de repetições previstas	Nº admissível de repetições	Dano por erosão (%)
Carro de passeio, vans, Kombi e furgão	Simple Roda Simples	46.560	2.100.000	2,22
Microônibus, ônibus convencional e caminhão 2 eixos	Simple Roda Dupla	7.062	400.400	1,76
Ônibus articulado e caminhão 3 eixos	Tandem Duplo	443	1.200.000	0,04
Caminhão de 5 eixos ou mais	Tandem Triplo	99	50.500	0,20
TOTAL				4,22%

Espessura tentativa definida (21 cm) atende aos requisitos solicitados.

Estudo Comparativo

Pavimentos	RÍGIDO		FLEXÍVEL	
Características				
Método utilizado	PCA / 1984		DNIT	
Revestimento	concreto simples	e = 21 cm	concreto betuminoso usinado à quente	e = 12 cm
Base	-	-	brita graduada	e = 14 cm
Sub-base	solo cimento	e = 10 cm	solo brita	e = 18 cm
Reforço do subleito	-	-	pó de pedra	e = 7 cm
Subleito	terreno natural	CBR = 10%	terreno natural	CBR = 10%
Espessura total	H = 31 cm		H = 51 cm	

Observa-se que o pavimento flexível tem espessura total de 1,65 vezes maior que a do pavimento rígido.



Conclusão

Verifica-se que o pavimento de concreto tem espessuras mais delgadas que as espessuras de asfalto.

Vivemos num mundo, em transformação constante, em que as necessidades modificam-se em função do surgimento de novas tecnologias, da busca da melhor relação custo/benefício, dos novos conceitos de durabilidade e da exigência cada vez maior da sociedade quanto à qualidade dos bens e serviços públicos.

Apesar das vantagens do pavimento de concreto, em diversas situações, a aplicação do pavimento de concreto não é tão simples quanto à do asfalto. As tendências mostram que o pavimento rígido será mais utilizado, mas não irá tornar o pavimento flexível obsoleto.

Segundo Senço (1997), é necessário acabar com a falsa idéia de que os pavimentos de concreto só se justificam em auto-estradas e não em vias simples. Pode se concluir que isto é possível, considerando que o “modelo” de dimensionamento proposto foi elaborado para uma rodovia de tráfego médio.