



Município de Capanema – PR

Departamento de Engenharia

Dimensionamento de Recuperação Asfáltica **RECAP ASFÁLTICO – Método do** **DNER(Avaliação Estrutural dos Pavimentos** **Flexíveis – DNER-PRO 011/79**

Avenida Paraná entre as ruas Oiapós e Avenida Botucaris

FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA:

O presente dimensionamento segue as orientações das especificações do DNER Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – DNER – PRO 011/79 e o ensaio de viga Benkelman atendendo as normas DNER-ME 24/94 – Pavimento – Determinação das Flexões pela viga Benkelman, DNER -PRO 174/94 Aferição de viga de Benkelman e DNER 061/94.

CÁLCULO DO N

Para estabelecimento do parâmetro “N” (número de operações do eixo padrão de 80 KN), representativo das características de tráfego, são estudados os seguintes tópicos:

▷ Estimativa das percentagens mais prováveis de cada tipo de veículo de carga na composição da frota. Isso é efetuado levando-se em conta a função preponderante de cada classe de via.

▷ Carregamento provável de acordo com cada classe de via. Constata-se que, em viagens curtas e principalmente nas zonas urbanas, a



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

percentagem de veículos circulado com carga abaixo do limite e mesmo “vazios” é elevada

Para o cálculo do fator de equivalência de cada tipo de veículo, necessário à determinação do número “N” (considerando seus carregamentos), são utilizados os estudos realizados para a determinação dos fatores de equivalência, e que constam de:

▷ Estabelecimentos de modelos matemáticos, relacionado a carga útil às cargas resultantes nos eixos dos veículos. Foram obtidos a partir dos dados básicos de cada tipo de veículo (tara, número de eixo, limites máximos de carga por eixo, etc.) e confrontados com modelos obtidos por regressão linear de alguns levantamentos estatísticos. A utilização desses modelos conduz à determinação dos fatores de equivalência correspondentes a:

105% da carga útil máxima

100% da carga útil máxima

75% da carga útil máxima

▷ Estabelecimento de percentuais dos carregamentos para os tipos de veículos comerciais componentes da frota, de acordo com as características de cada classe de via, sendo calculados os fatores de equivalência final e determinado o número “N” na Tabela 1, que segue abaixo.

A reavaliação dos trabalhos deverá ser feita a cada 5 anos, isto é, reavaliação dos percentuais dos carregamentos para os tipos de componentes da frota.



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

A classificação do tipo de tráfego da via deverá preceder dos métodos de dimensionamentos adotados pela Prefeitura Municipal de Capanema. Essa classificação permite a adequada utilização desses métodos e estimativa de solicitações de veículos a que a via estará submetida em seu período de vida útil.

Na presente classificação foi considerada a carga máxima legal no Brasil, que é de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100 KN/ESRD).

O tráfego e as cargas solicitantes na via a ser pavimentada deverão ser caracterizadas de forma a instruir a aplicação dos métodos adotados. O parâmetro “N” constitui o valor final representativo dos esforços transmitidos à estrutura, na interface pneu/pavimento, por um eixo traseiro simples, de rodagem dupla, com 80 KN, conforme o método para dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER.

A previsão do valor final de “N” deve tomar como base contagens classificatórias, para utilização dos tipos de tráfego abaixo relacionados. Quando houver disponibilidade de dados de pesagens de eixos, com a respectiva caracterização por tipos, o cálculo do valor final de “N” deverá seguir integralmente as recomendações e instruções do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT – 1996.

As vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas, para fins de dimensionamento de pavimentos, de acordo com o tráfego previsto as mesmas, nos seguintes tipos:

TRÁFEGO LEVE - Ruas de características essencialmente residências, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizando por um número “N “**típico de 10^5** solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de projeto de 10 anos.

TRÁFEGO MÉDIO – Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N “**típico de 5×10^5** solicitações do eixo simples padrão (80 KM) para o período de 10 anos.

TRÁFEGO MEIO PESADO – Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N “**típico de 2×10^6** solicitações do eixo simples padrão (80 KM) para o período de 10 anos.

TRÁFEGO PESADO – Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 301 a 1.000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N “**típico de 2×10^7** solicitações do eixo simples padrão (80 KM) para o período de 10 anos a 12 anos.

TRÁFEGO MUITO PESADO – Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 1.001 a 2.000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N “**típico de 5×10^7** solicitações do eixo simples padrão (80 KM) para o período de 12 anos.

FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS – Vias para as quais é prevista, quase que exclusivamente, a passagem de ônibus e veículos comerciais (em número reduzido, caracterizando por número “N “**de 5×10^7** solicitações do eixo simples padrão (80 KM) para o período de 12 anos.



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

Segue abaixo a tabela 01, resumo com os principais parâmetros adotados para a classificação das vias da Prefeitura de Capanema.

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	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		$3 \times 10^8^{(1)}$	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Tabela 01



N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Notas:

(1) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagem e partidas)

(2) Números de solicitações adotadas:

$$N = 365 \times 10 \times V_o \times 1,25 \times e = 4560.V_o.e$$

$$N = 365 \times 12 \times V_o \times 1,30 \times e = 5690.V_o.e$$

Considerando somente o volume de caminhões e ônibus e taxa de crescimento de 5% a.a.

(3) Equivalente expresso em n^o de solicitações do eixo padrão de 82 kN (equivalência do DNIT).

(4) O período de projeto adotado é de 10 anos, em função da duração máxima da camada asfáltica de revestimento (oxidação de ligante), sendo o período recomendado pelo método de dimensionamento do DER/SP (667122), DNIT, e embasado no método da AASHTO.

(5) Para o tráfego muito pesado e corredores de ônibus adotou-se o período de 12 anos, em função de apresentar estruturas robustas e criteriosamente dimensionadas, levando-se em conta estudos mecanicistas das camadas do pavimento, bem como em alguns casos a adoção de estruturas cimentadas.

Para a determinação do valor de “ N ”, utilizando a tabela 01 observamos que a Estrada Vicinal Linha Gaúcha (objeto do dimensionamento) é uma via local com trânsito leve, portanto seu valor é de **$N = 10^5$** .

RECUPERAÇÃO ASFÁLTICA

Por questões de ordem técnico econômica os pavimentos, em geral, são dimensionados para atender ciclos de vida entre 5 e 15 anos, sendo que para cada dimensionamento de restauração deve-se considerar o valor estrutural residual do pavimento remanescente e o tráfego previsto para o novo ciclo.

A Avenida Paraná foi pavimentada na década de 90, ou seja, considerando a idade do pavimento e o insuficiente recurso aplicado na manutenção/restauração durante o período, conclui-se que o pavimento em questão já superou a vida útil de projeto para o qual foi executado.



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

O presente projeto visa apresentar um diagnóstico da patologia, ou seja, apresentar identificar e quantificar deteriorações existentes, bem como apresentar a melhor solução técnica de restauração do pavimento.

O Gráfico abaixo apresenta o desempenho do pavimento ao longo do ciclo de vida.

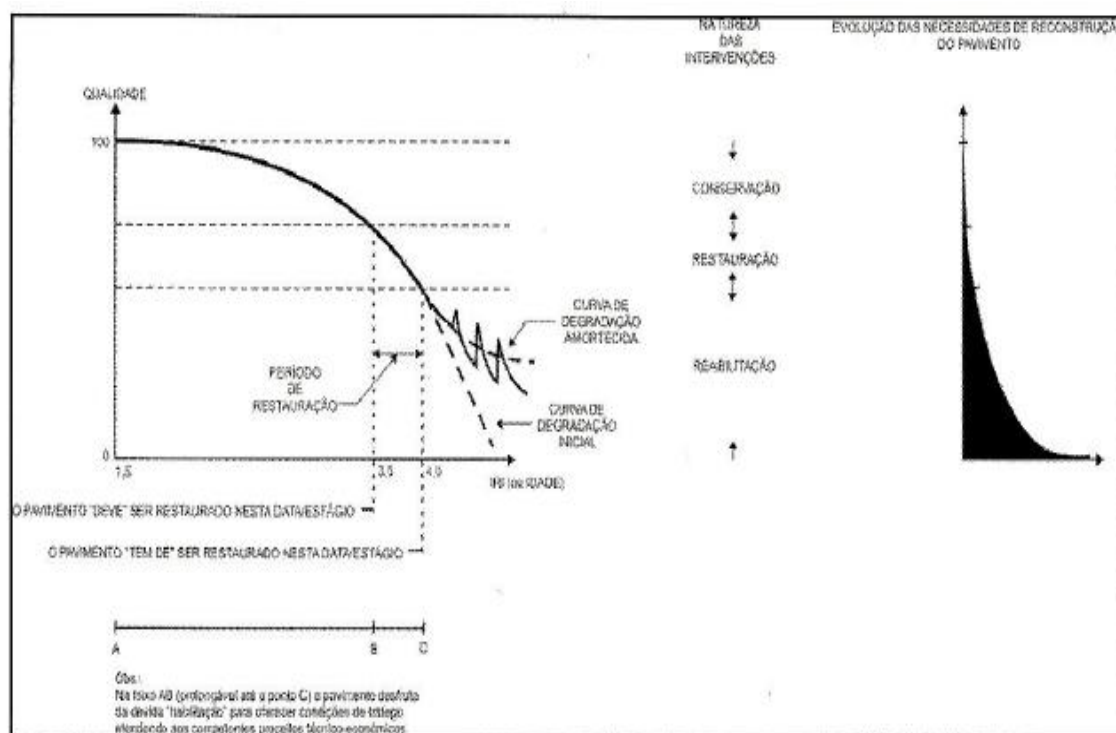


Figura 1 – Curva de Degradação do Pavimento

Em análise visual, pode-se verificar que as patologias existentes na Avenida Paraná são em geral, fendas, afundamentos na pavimentação poliédrica existente, que ocorreram por fadiga do poliédrico, pela penetração de águas nas camadas de base.



A avaliação estrutural é realizada para se conhecer as características das várias camadas que compõem o pavimento, quanto a sua resistência e deformabilidade sob a ação do tráfego, que são funções das propriedades dos materiais e das espessuras das camadas.

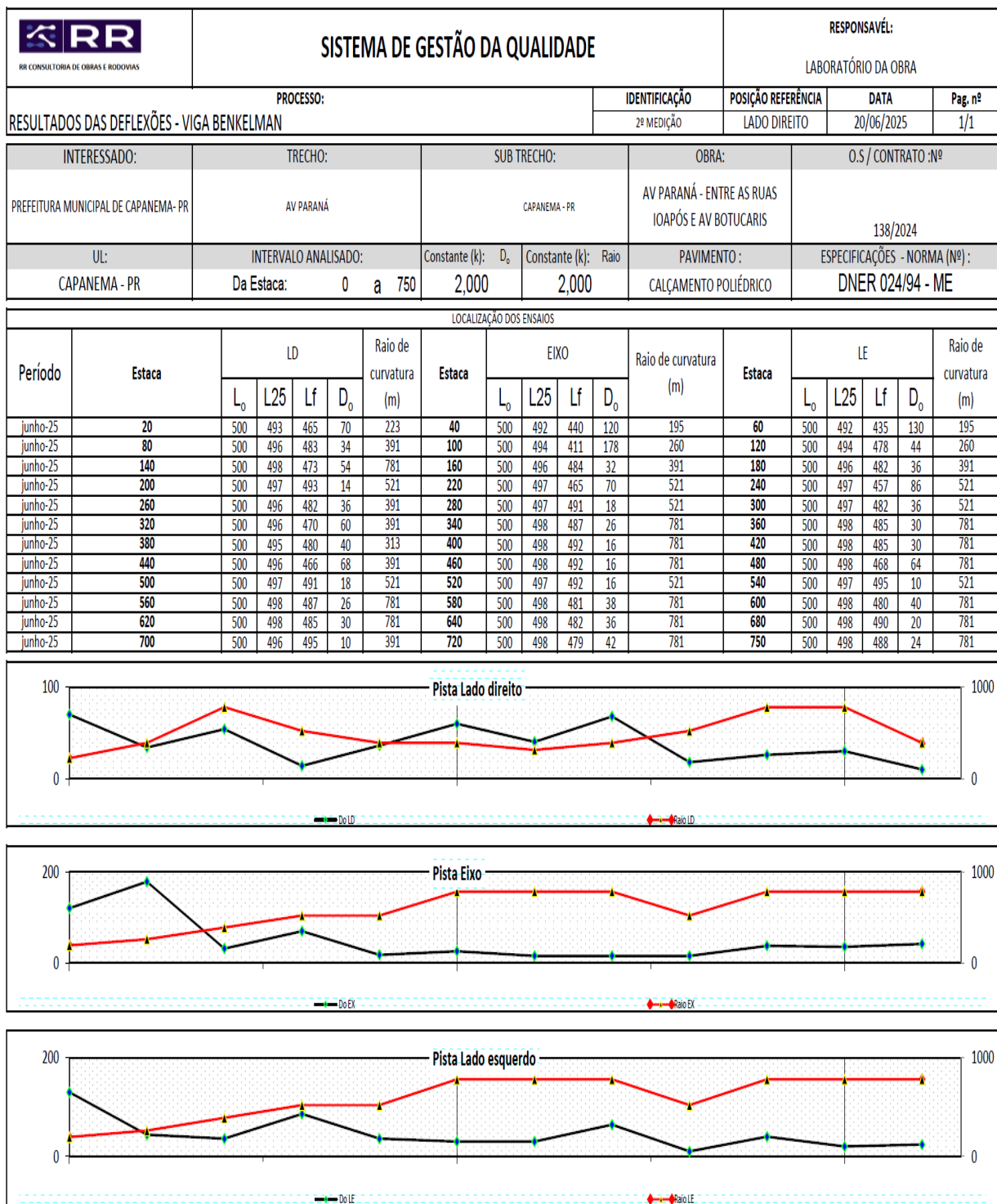
Isto posto deve-se iniciar a avaliação estrutural do pavimento que foi executada através da medição das deflexões com viga Benkelman que são ensaios não destrutivos que avaliam a deflexão máxima na superfície do revestimento.

O ensaio de viga de Benkelman foi efetuado atendendo as normas DNER – ME 24/94-Pavimentamento – Determinação das deflexões pela viga de Benkelman, DNER -PRO 175/94 – Aferição de viga de Benkelman e DNER – ME 061/94 – Pavimento – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga de Benkelman. Abaixo segue o levantamento Deflectométrico através do ensaio da viga para o trecho da Estrada Vicinal Linha Gaúcha - Cidade até a Comunidade no bairro Santo Expedito.

Segue abaixo a figura 02 e 03 com o resumo dos resultados obtidos do ensaio:

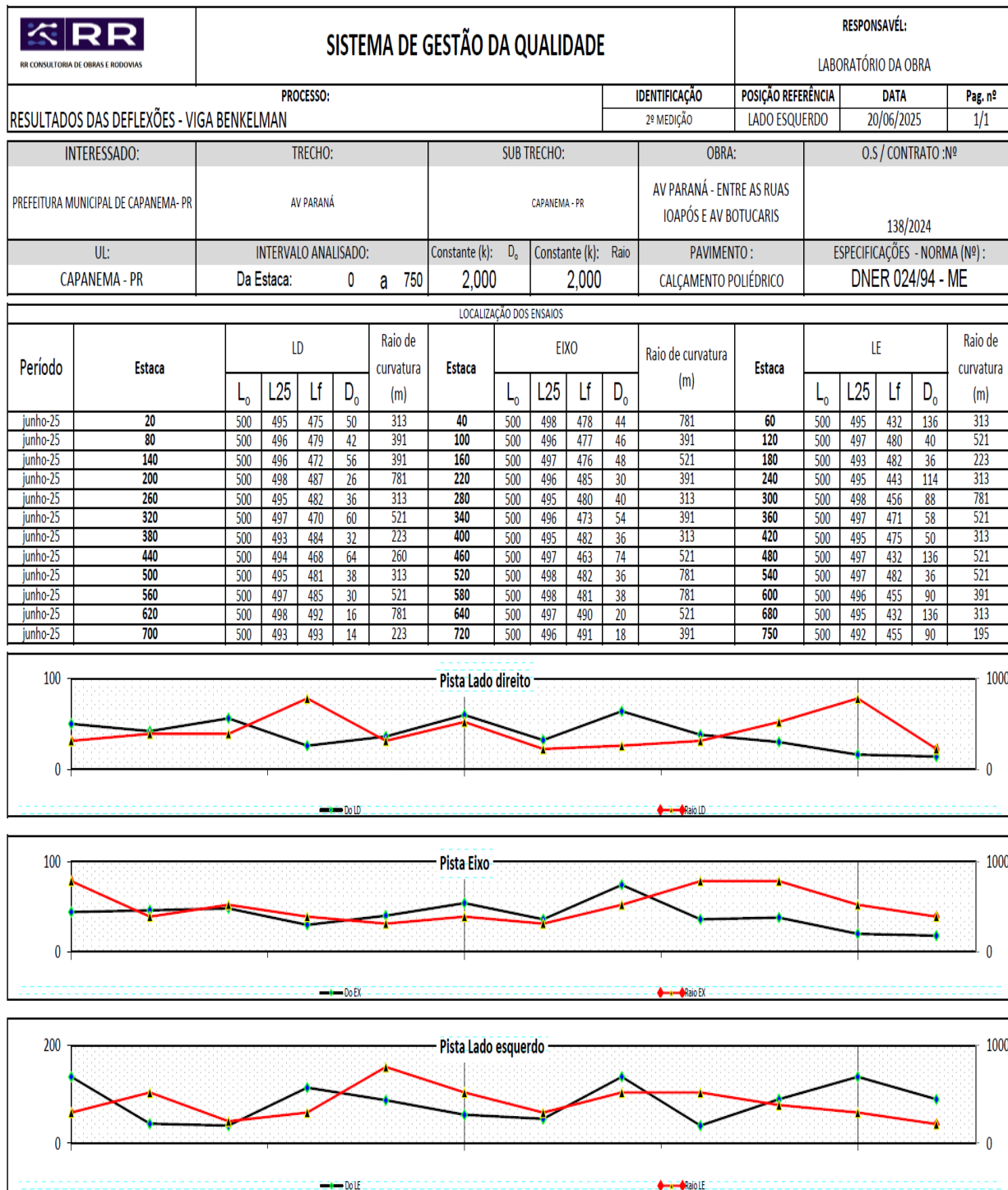


Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia





Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia





Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

Sequência do Cálculo:

a) Calcula-se a média aritmética, D, dos valores individuais (Di)
sob a fórmula:

$$D = \frac{\sum D_i}{n}$$

Pontos	Deflexão Obtida	Pontos	Deflexão Obtida	Pontos	Deflexão Obtida	Pontos	Deflexão Obtida
1	70	2	120	3	130	4	34
5	178	6	44	7	54	8	32
9	36	10	14	11	70	12	86
13	36	14	18	15	36	16	60
17	26	18	30	19	40	20	16
21	30	22	68	23	16	24	64
25	18	26	16	27	10	28	26
29	38	30	40	31	30	32	36
33	20	34	10	35	42	36	24
37	50	38	44	39	136	40	42
41	46	42	40	43	56	44	48
45	36	46	26	47	30	48	114
49	36	50	40	51	88	52	60
53	54	54	58	55	32	56	36
57	50	58	64	59	74	60	136
61	38	62	36	63	36	64	30
65	38	66	90	67	16	68	20
69	136	70	14	71	18	72	90
Totais	936		772		915		954
TOTAL DAS DEFLEXÕES:							3577

Cálculo D

D=ΣDI/(N)

49,67



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

b) Determina-se o valor do desvio padrão da amostra através da equação:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (D_i - D)^2}{n - 1}}$$

Pontos	$\sum(D_i - D)^2$	Pontos	$\sum(D_i - D)^2$	Pontos	$\sum(D_i - D)^2$	Pontos	$\sum(D_i - D)^2$
1	2.515,69	2	0,02	3	96,89	4	7.422,97
5	3.345,85	6	5.799,84	7	4.376,70	8	7.771,60
9	7.082,34	10	11.269,24	11	2.515,69	12	1.166,68
13	7.082,34	14	10.435,98	15	7.082,34	16	3.618,82
17	8.865,48	18	8.128,22	19	6.425,09	20	10.848,61
21	8.128,22	22	2.720,32	23	10.848,61	24	3.153,57
25	10.435,98	26	10.848,61	27	12.134,49	28	8.865,48
29	8.865,48	30	6.425,09	31	8.128,22	32	7.082,34
33	10.031,36	34	12.134,49	35	6.108,46	36	9.246,10
37	4.921,96	38	5.799,84	39	251,01	40	6.108,46
41	5.499,21	42	6.425,09	43	4.116,08	44	4.116,08
45	7.082,34	46	8.865,48	47	8.128,22	48	37,90
49	7.082,34	50	6.425,09	51	1.034,05	52	3.618,82
53	4.376,70	54	3.863,45	55	7.771,60	56	7.082,34
57	4.921,96	58	3.153,57	59	2.130,44	60	251,01
61	6.749,72	62	7.082,34	63	7.082,34	64	8.128,22
65	6.749,72	66	909,42	67	10.848,61	68	10.031,36
69	251,01	70	11.269,24	71	10.435,98	72	909,42
Sub Totais	113.987,72		121.555,35		109.528,08		99.459,82
TOTAL GERAL							444.530,96
$\sum(D_i - D)^2 =$	444.530,96						

444.530,96 / (72 – 1)



6.246,37

$\sqrt{6.246,37}$

Desvio padrão

σ

79,03

c) Calcula-se o valor da deflexão característica que é feito através da equação

$$D_c = D + \sigma$$

Onde D é a média aritmética e σ é o desvio padrão da amostra

$$DC = 49,67 + 79,03$$

$$\mathbf{DC = 120,16}$$

d) Deflexão de projeto:

A época mais indicada para a realização das deflexões é após a estação das chuvas, quando o subleito está com o máximo de umidade. Como isto, porém, nem sempre é possível, costuma-se utilizar fatores de correção sazonal para as deflexões obtidas em qualquer época do ano, a fim de corrigí-las para a época mais desfavorável.

Estes fatores de correção sazonal (F_s) dependem de pesquisas regionais, quase inexistentes no Brasil, para serem aplicadas, desta maneira se utilizará os seguintes valores na tabela abaixo extraída da especificação DNER-PRO 011/79 Tabela II:



TABELA II

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal - F_s	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10 - 1,30	1,00
Argiloso e Sensível à Umidade	1,20 - 1,40	1,00

Figura 4 – fator Sazonal

A deflexão característica corrigida ou deflexão de Projeto (DP) é calculada através da fórmula abaixo.

$$D_p = D_c \times F_s$$

Como o terreno natural é argiloso e a favor da segurança estação seca o F_s adotado é de 1,40.

$$D_p = 120,16 \times 1,40$$

$$\mathbf{D_p = 168,22}$$



e) Deflexão Admissível (Dam)

Para que não surjam trincas no revestimento é necessário manter a deflexão do pavimento abaixo de um determinado valor (Dam), denominado deflexão admissível.

O valor da deflexão admissível depende dos materiais constituintes do revestimento bem como do número N de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão 8,2 Toneladas.

Para pavimentos flexíveis o valor da deflexão admissível (Dam) em 0,01 mm é dado pela seguinte equação correspondente as deflexões medidas com carga padrão de 8,2 Toneladas por eixo.

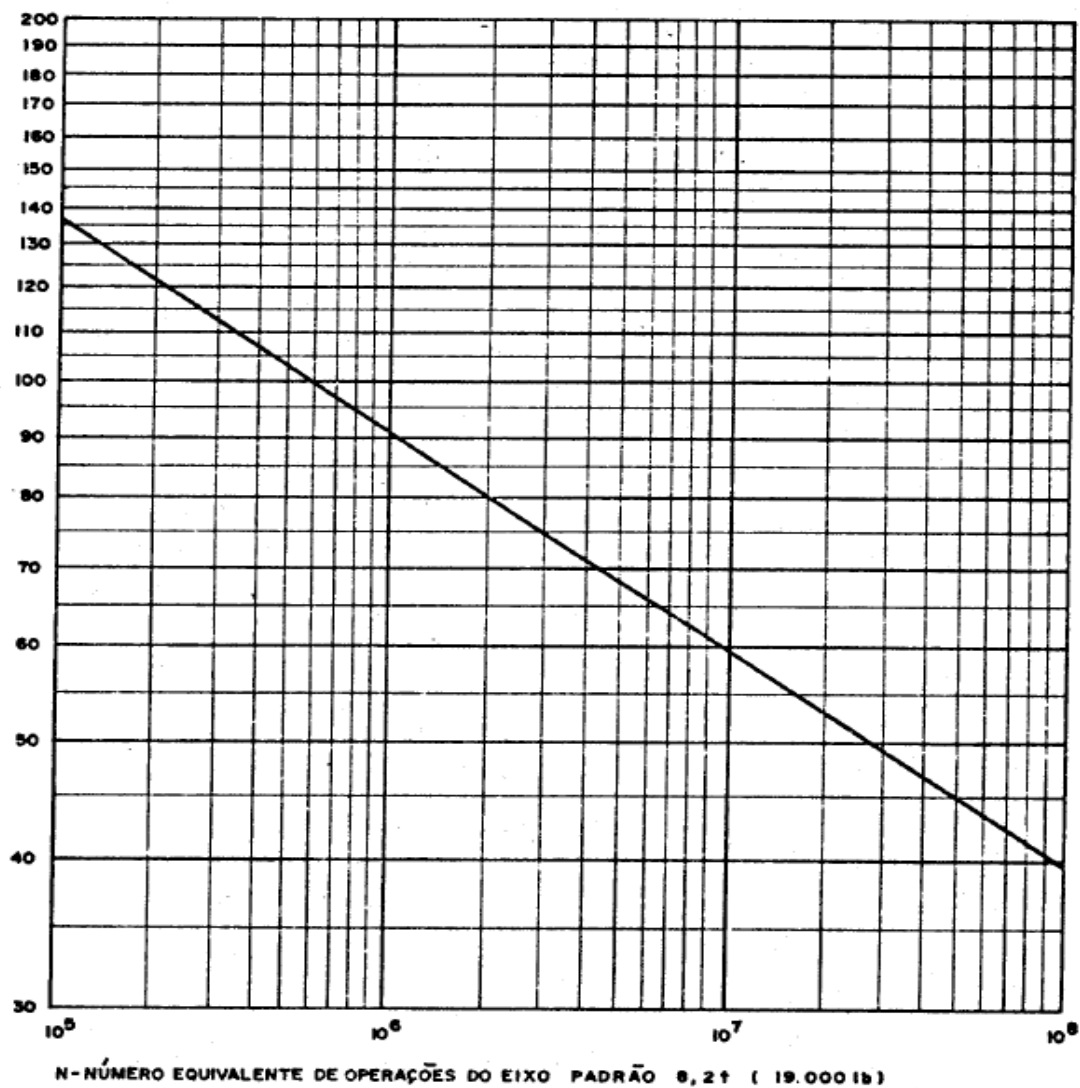
$$\text{Log Dam} = 3,01 - 0,176 \log N$$

Pode se calcular pela equação acima a Deflexão Admissível ou pelo ábaco da figura abaixo extraída da especificação do DNER 11-79 deflexão admissível para concreto betuminoso, onde o eixo X corresponde o N (número de operações de eixo padrão 8,2 Toneladas e o eixo y as Deflexões Admissíveis em 0,01 mm.



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

DEFLEXÃO ADMISSÍVEL PARA CONCRETO BETUMINOSO
(DEFLEXÕES MEDIDAS COM CARGA POR EIXO DE 8,2t)



$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,175 \log N$$

N	D _{adm}
10 ⁵	135
10 ⁶	90
10 ⁷	60
10 ⁸	40

FIG. 4

Figura 5 – Tabela de deflexões admissíveis



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

Portanto com $N 10^5$

Dam = 135

Dando continuidade ao procedimento, serão analisadas as bacias deflectométricas com os dados de deflexão e com isso será possível avaliar o pavimento, se cabe ou não reforço ou um pavimento novo, a partir da tabela extraída da especificação DNER 11/79, que define critérios para estabelecimento de diretrizes de projeto.

Hipótese	Dados Deflectométricos Obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	BOA	NÃO	-	Apenas correções de superfície
II	$D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$	Se $D_p \leq 3$ D_{adm} REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se $D_p > 3$ D_{adm} MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$ $R < 100$	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou reconstrução
V	-	MÁ	SIM	Resistência	Reconstrução

Figura 6- Critérios de avaliação



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

No presente caso foi constatado o seguinte:

Hipótese	Dp > Dam?	R > 100?	Dp < 3 Dam ?	Qualidade Estrutural	Estudos Complementares	Critério	Medidas Corretivas
II	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	REGULAR	NÃO	DEFLECTOMÉTRICO	REFORÇO

f) Dimensionamento do Reforço:

A espessura necessária de reforço do pavimento deve ser estimada através dos resultados do levantamento deflectométrico executado para a avaliação estrutural, pela equação abaixo:

$$h = K \cdot \log \frac{D_p}{D_{adm}}$$

Onde:

h = espessura do reforço do pavimento em centímetros;

DP = Deflexão de Projeto, em centésimo de milímetro;

Dam = Deflexão Admissível, em centésimo de milímetro;

K = fator de redução de deflexão, próprio do material usado no reforço, no nosso caso se considera o K = 40

$$h = 40 \times \log (168,22/135,00)$$

$$\mathbf{h = 3,82 \text{ cm}}$$



Município de Capanema – PR
Departamento de Engenharia

Resumo:

Sendo assim, haverá somente a limpeza da superfície, aplicação de base de brita graduada numa camada de 10 cm em substituição ao reperfilamento com CBUQ, aplicação de emulsão asfáltica RR-1C e CBUQ faixa C, taxa de CAP 5,3% (traço 4 - CAPA), com espessura de 4,00 cm.

CAPA	4,00 cm
------	---------

.

Capanema, 15 de julho de 2025

Rubens Luis Rolando Souza
Engenheiro Civil
CREA RS 88.296/D