

3º Seminário Nacional de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos

Tema: Asfaltos

Laura Maria Goretti da Motta

COPPE/UFRJ

Comissão de Asfalto - IBP

Tipos de ligantes asfálticos



- **Cimento asfáltico de petróleo - CAP**
- **Asfaltos modificados**
- Asfaltos diluídos de petróleo - ADP;
- Emulsões asfálticas - EAP;
- Asfaltos oxidados ou soprados
- Agentes rejuvenescedores.



Importância do asfalto

- A maioria das rodovias no Brasil são de revestimentos asfálticos.
- O CAP representa grande parte do custo da construção do pavimento.
- Quase sempre é o único elemento industrializado usado nas camadas do pavimento.



Seleção do Ligante asfáltico



Ligante asfáltico – novos ensaios

- **LAS** - Varredura Linear de Amplitude de Deformação – Linear Amplitude Sweep (LAS): previsão do desempenho à fadiga
- **MSCR** - MSCR - Fluência e relaxação por tensões múltiplas - Determinação de J_{nr}

Feitos no Reômetro DSR

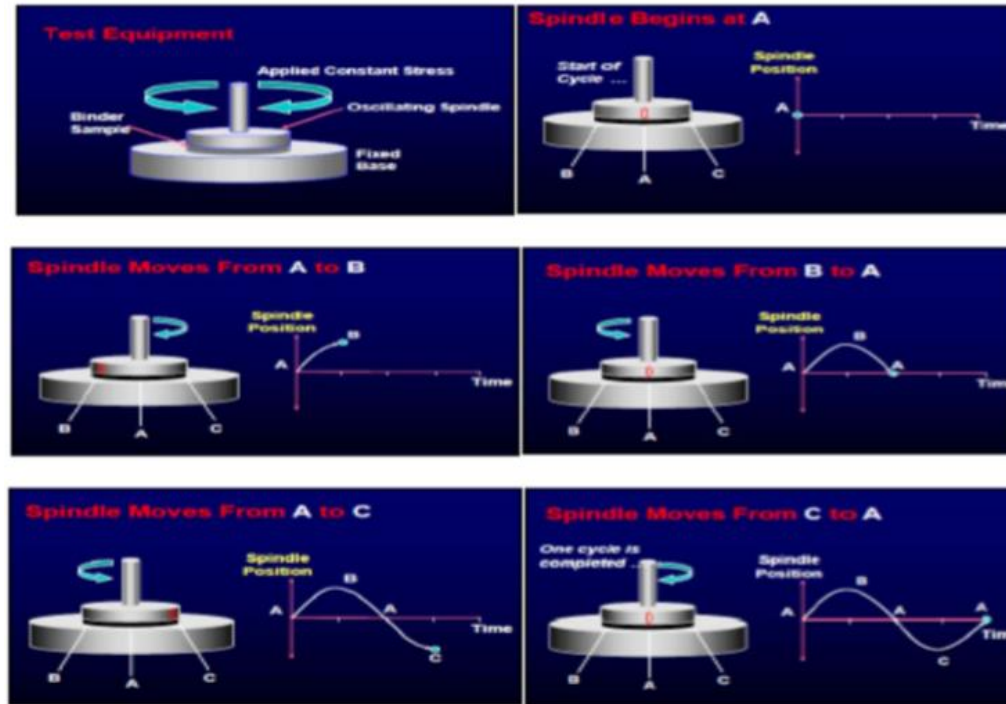


LAS – Linear Amplitude Sweep – (Tinoco, 2014)

Reômetro DSR



Cisalhamento



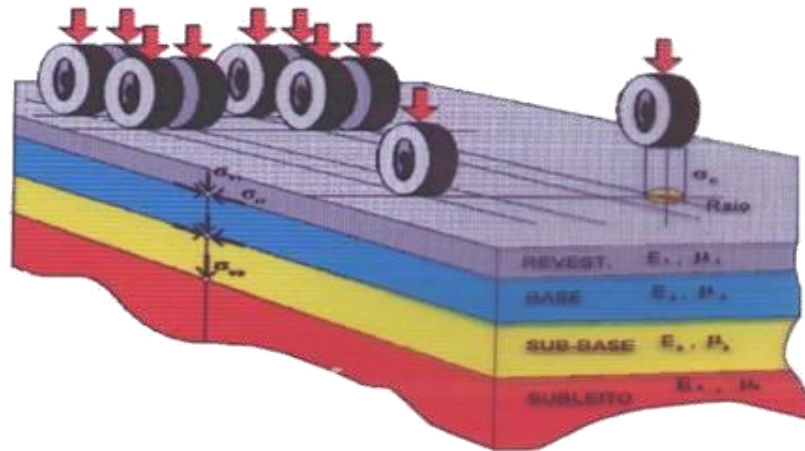
Novo método de dimensionamento de pavimentos do DNIT

- A seleção do ligante asfáltico impacta diretamente as características da mistura asfáltica e, portanto, o desempenho do pavimento.
- Mudar a especificação do CAP convencional é muito importante!
- Método MeDiNa (DNIT) considera os dois defeitos estruturais: FADIGA e AFUNDAMENTO (ATR)
- Foram definidas curvas de fadiga em função do tipo de asfalto e critérios de prevenção ATR (FN)



Caracterização Mecânica - FADIGA

DESEMPENHO (CAMPO)



X

COMPORTAMENTO MECÂNICO (LAB)

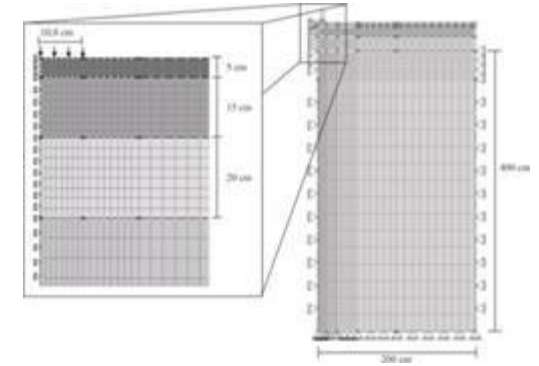
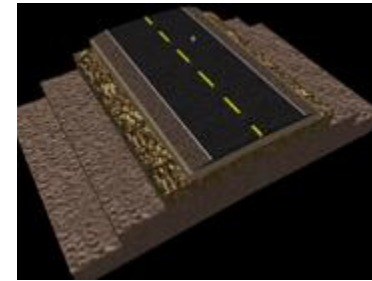
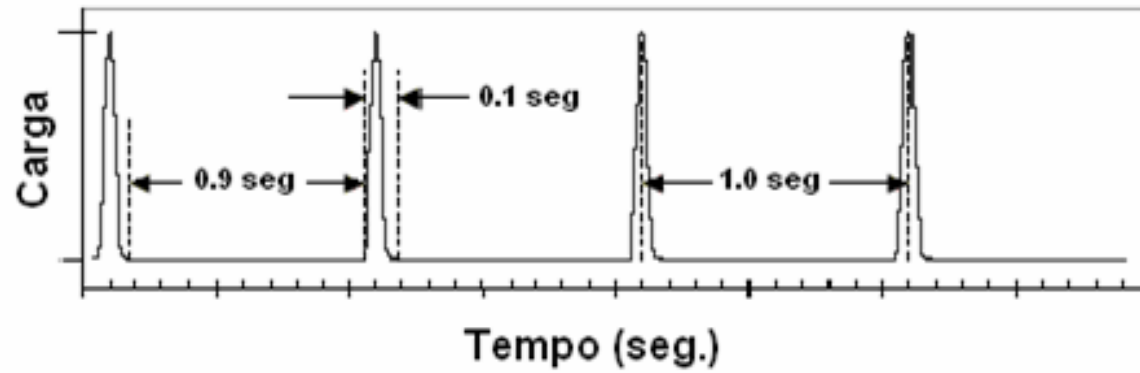


DNIT 135/2018 – ME Módulo de Resiliência – Misturas asfálticas

- Selecionado o ensaio por compressão diametral
- Histórico de mais de quatro décadas de uso
- Banco de dados permitiu criar “classes”



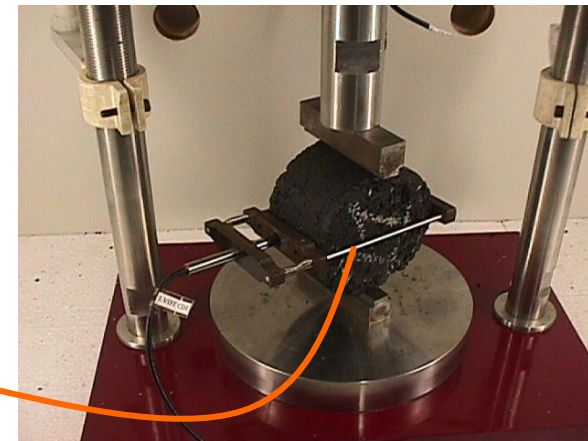
DNIT 135/2018 – ME Módulo de Resiliência – Misturas asfálticas



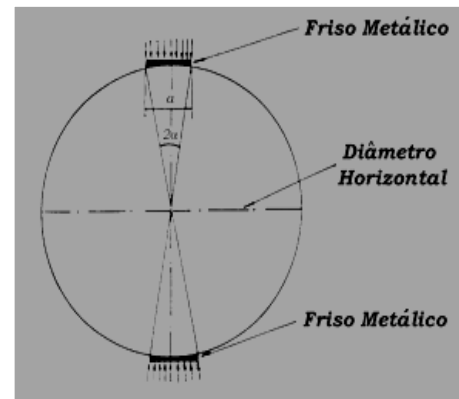
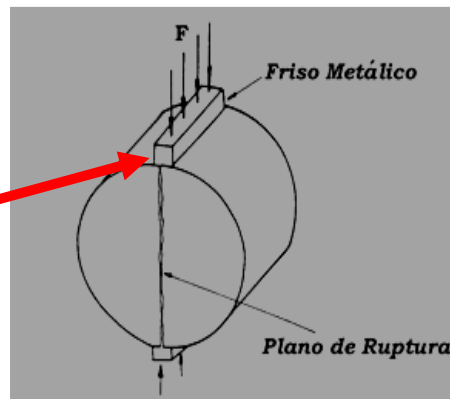
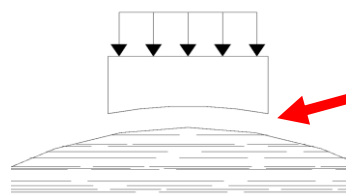
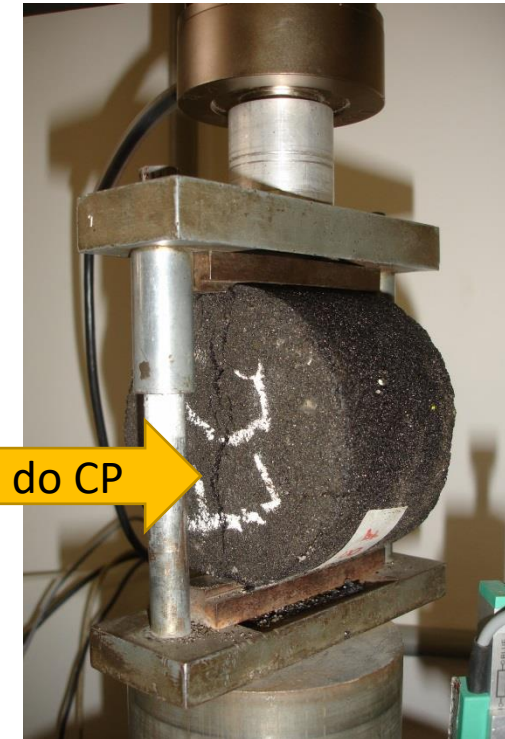
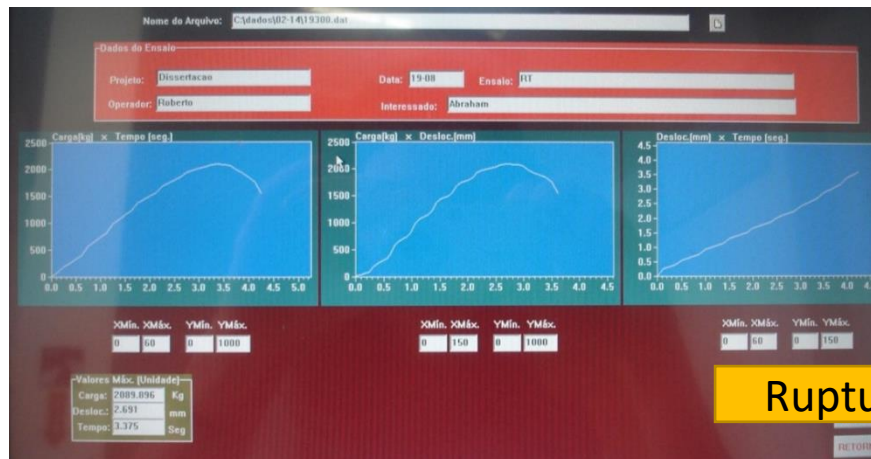
$$MR = \left(\frac{\sigma_t}{\epsilon_t} \right)$$

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi b d}$$

$\Delta/L = \text{medido com LVDT}$



DNIT 136/2018 – ME Resistência à Tração por compressão diametral – Misturas asfálticas



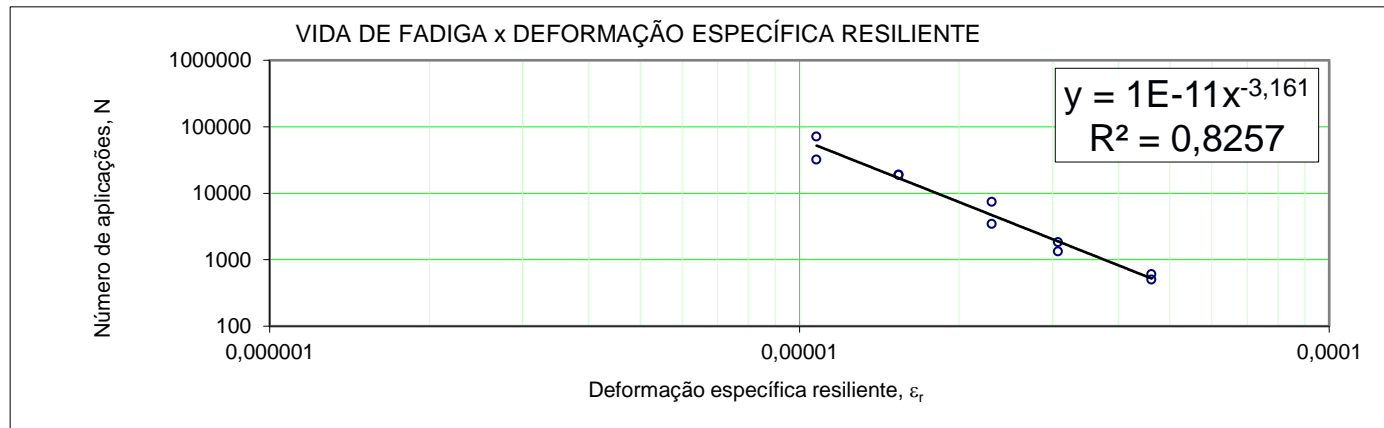
DNIT 183/2018 – ME Fadiga por compressão diametral – Misturas asfálticas



DNIT 183/2018 – ME Fadiga por compressão diametral – Misturas asfálticas



ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL								
Amostra:					Protocolo:			
Temperatura de ensaio:		25 °C		Operador(es):				
Módulo resiliente médio da amostra:				17152 MPa		Interessado:		
Resistência máxima à tração estática, $S_{Tmax.}$:				2,64 MPa		Data: Janeiro / 2021		
PAINEL		Equação do cil. de carga ($125mm$):			$Pm_{(0-10)} =$		0,0088 F + 0,0822	
PM-1					$F_{(0-10)} =$		114,07 Pm + -9,2705	
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Pressão manométrica (kgf/cm ²)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
20916	6,26	10,00	7	185,4	1,71	0,0000108	0,74	71473
20917	6,26	10,00	10	264,8	2,41	0,0000154	1,06	18976
20918	6,22	10,00	10	263,1	2,40	0,0000154	1,06	19145
20919	6,27	10,00	15	397,8	3,58	0,0000231	1,58	3478
20920	6,22	10,00	15	394,6	3,56	0,0000231	1,58	7466
20921	6,30	10,00	20	533,0	4,77	0,0000308	2,11	1338
20922	6,23	10,00	20	527,0	4,72	0,0000308	2,11	1842
20923	6,23	10,00	30	790,6	7,04	0,0000462	3,17	504
20924	6,25	9,99	30	792,3	7,05	0,0000462	3,17	613
20925	6,23	10,00	7	184,5	1,71	0,0000108	0,74	32350



“Afundamento” do revestimento

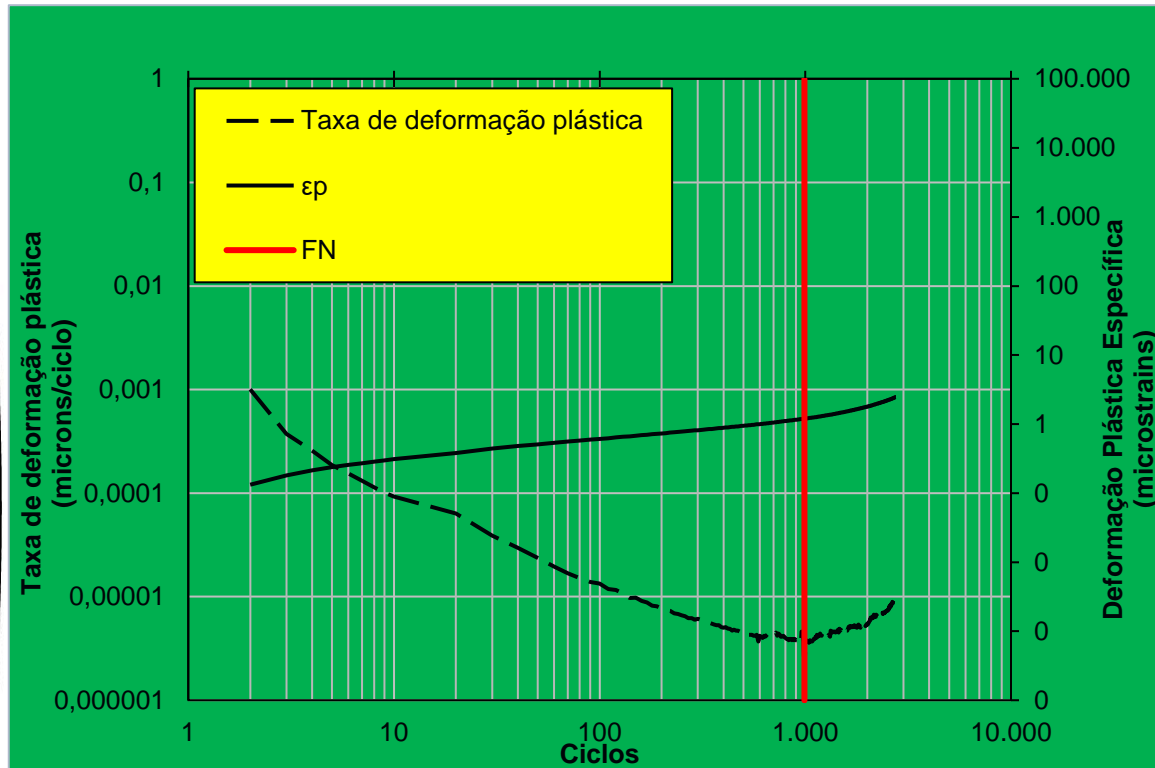


Em geral: problema de dosagem da mistura asfáltica ou tipo ligante

No método é definido critério de dosagem.



DNIT 184/2018 – ME – Misturas asfálticas



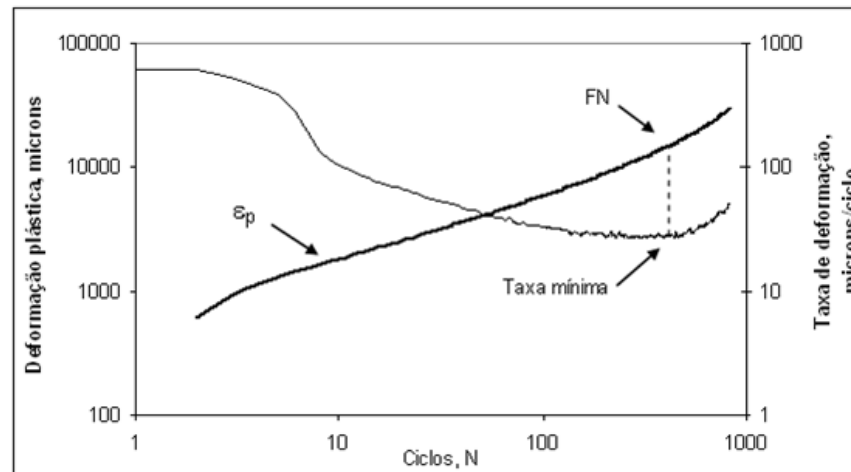
- **Flow Number** é o ciclo em que o corpo de prova passa a sofrer deformações a volume constante \square ruptura por cisalhamento



DNIT 184/2018 – ME – Misturas asfálticas

FN – número de fluência

- **Prevenção** da deformação permanente das misturas asfálticas
- Valor a ser atendido em função do tráfego



Dosagem Concreto Asfáltico

Preparação dos CPS no teor ótimo de ligante



ENSAIOS MECANICOS

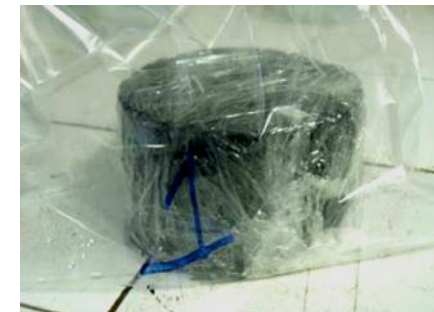
Flow Number



CDI e TDI



Lottman
Dano por umidade
induzida



Método MeDiNa

Classe	Flow Number (FN)	N recomendado Condições Normais	N recomendado Condições Severas
1	FN \geq 100 ciclos	N < 1e6	Não recomendado
2	100 ciclos \leq FN < 300 ciclos	1e6 \leq N < 1e7	N < 1e6
3	300 ciclos \leq FN < 750 ciclos	1e7 \leq N < 1e8	1e6 \leq N < 1e7
4	750 ciclos \leq FN < 2000 ciclos	N \geq 1e8	1e7 \leq N < 1e8
5	FN \geq 2000 ciclos	-	N \geq 1e8

Fonte: Nascimento (2014)

valores intermediários são interpolados



Método MeDiNa

DNIT 135/2018 - ME



DNIT 136/2018 - ME



DNIT 183/2018 - ME

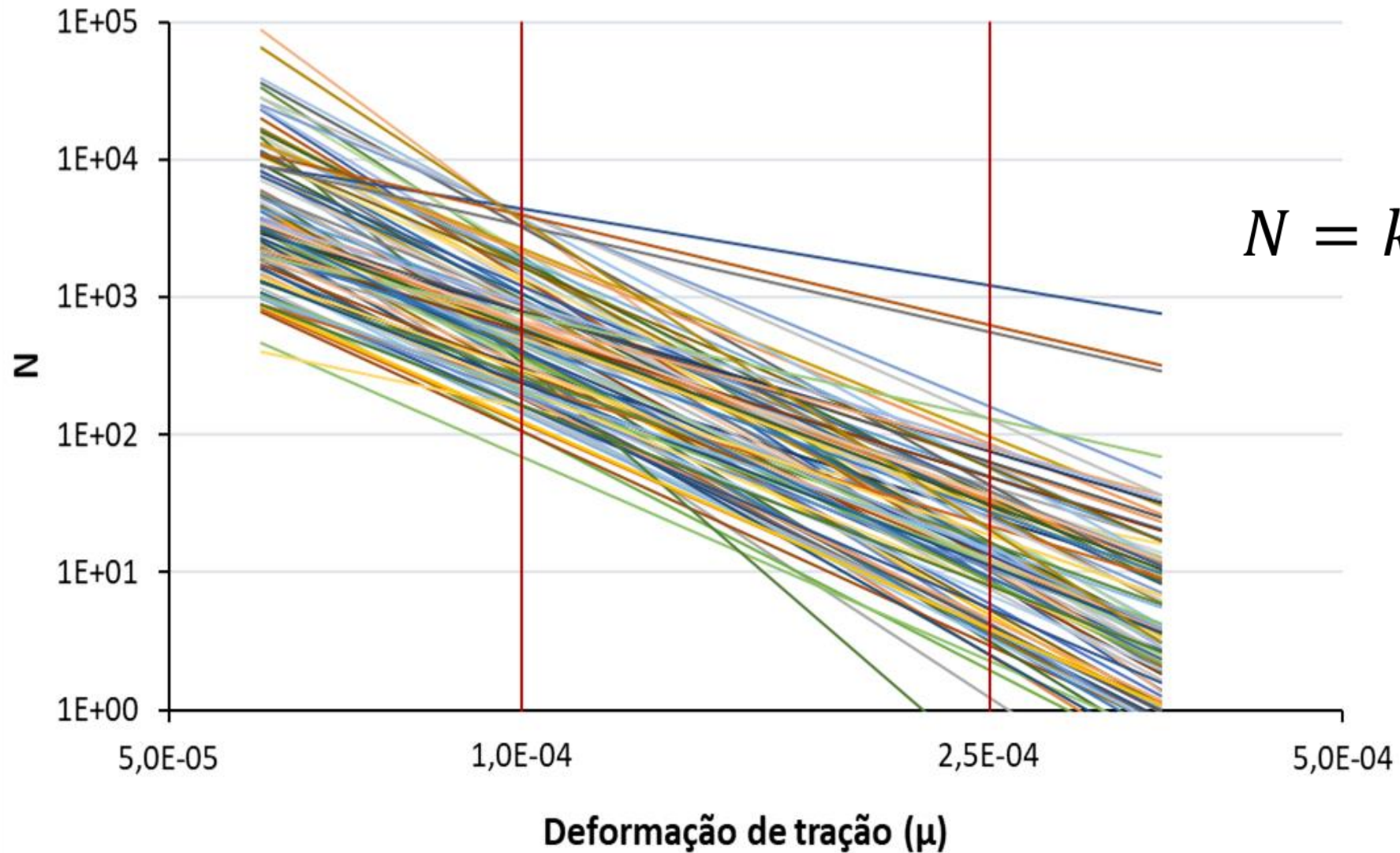


DNIT 184/2018 - ME





Método MeDiNa



Atualização da Função Transferência do dano de fadiga para área trincada do programa MeDiNa - Filipe Franco – UFRJ

Método MeDiNa – Classes de fadiga

Classe Fadiga	MR (MPa)	$N = k_1 \epsilon^{k_2}$		FFM
		K ₁	K ₂	
1	5764	$5,496e^{-11}$	-3,253	0,84
2	6743	$1,110 e^{-13}$	-3,979	0,86
3	8000	$1,000e^{-12}$	-3,750	0,90
4	10492	$1,910e^{-5}$	-1,900	1,00

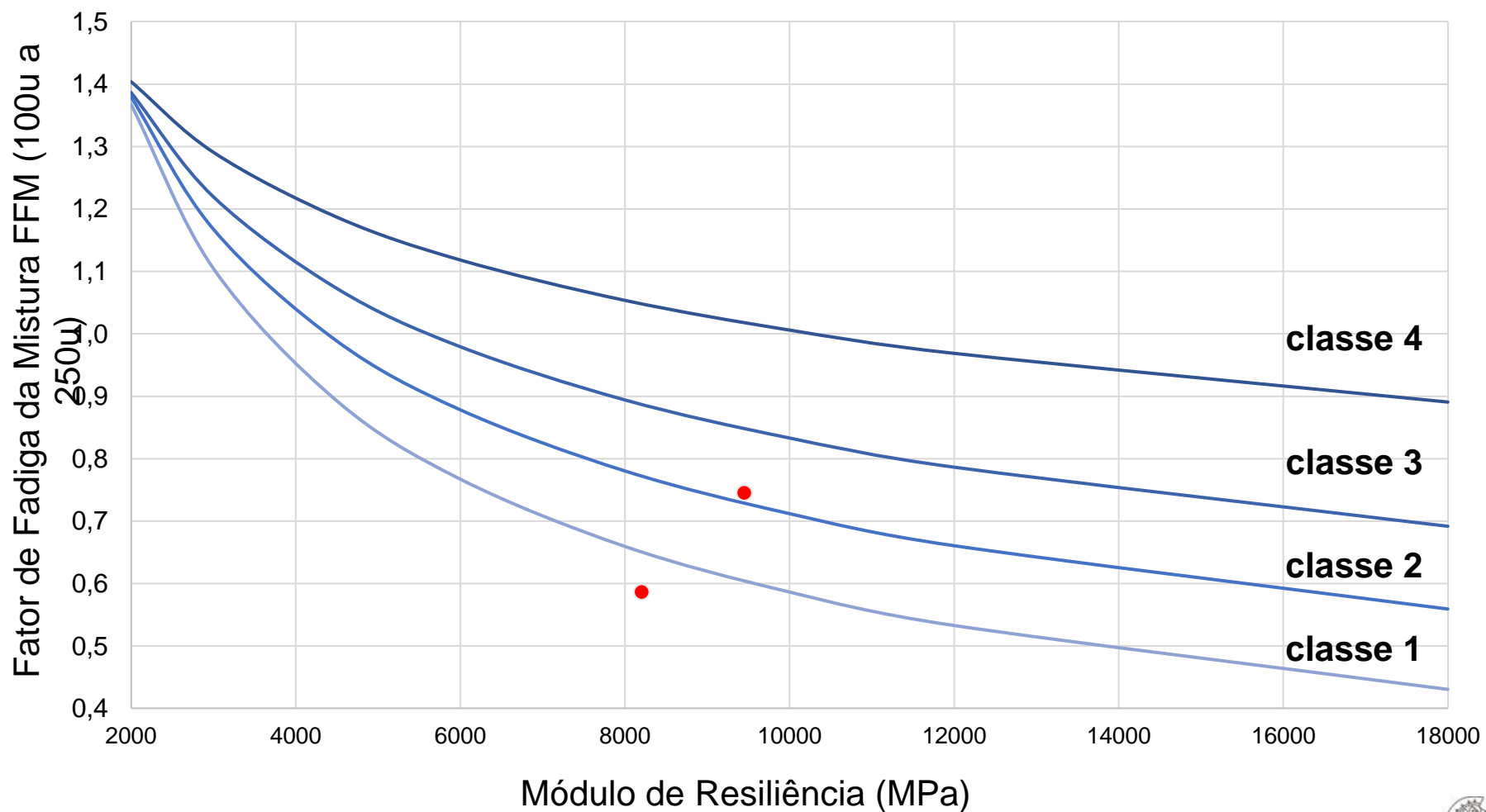


Método MeDiNa – Classificação das misturas asfálticas

Faixa	Intervalo	Regressão	R ²
0	$N \leq 4,5 \cdot 10^6$	-	-
1	$4,5 \cdot 10^6 < N \leq 6,0 \cdot 10^6$	$FFM = 74,58 \cdot MR^{-0,526}$	0,83
2	$6,0 \cdot 10^6 < N \leq 7,5 \cdot 10^6$	$FFM = 31,31 \cdot MR^{-0,410}$	0,95
3	$7,5 \cdot 10^6 < N \leq 1,0 \cdot 10^7$	$FFM = 15,37 \cdot MR^{-0,316}$	0,93
4	$N > 1,0 \cdot 10^7$	$FFM = 6,77 \cdot MR^{-0,207}$	0,67



Método MeDiNa – Classificação das misturas asfálticas



Método MeDiNa – Comparação estrutura tipo vs diferentes classes de fadiga

$N = 1,0E +07$

Confiabilidade = 85%

Critério de ruptura = 30%

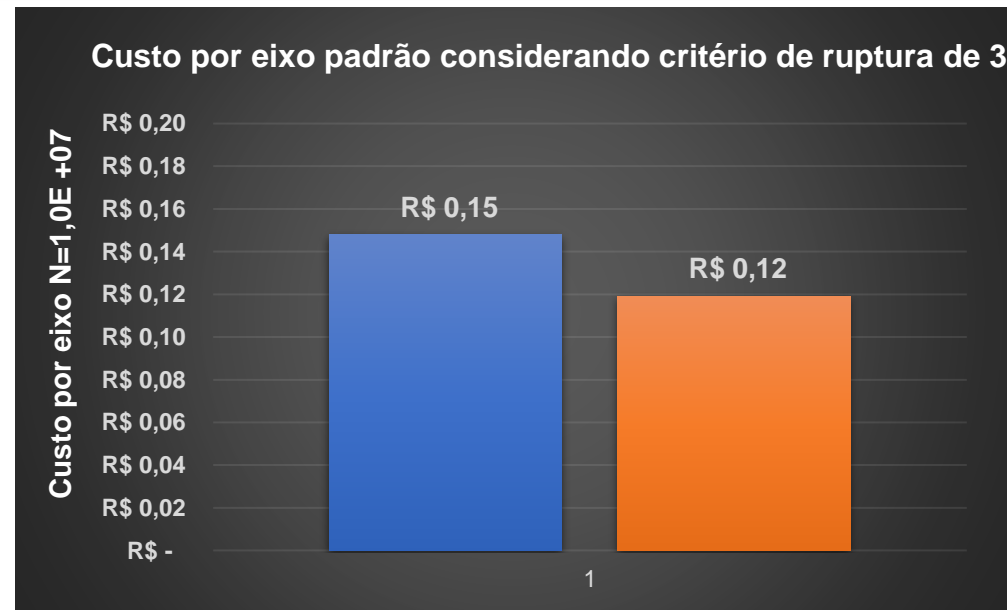


Método MeDiNa – Custo por eixo / 1000m x 3,6m

Critérios usados na análise de custo por eixo para as duas estruturas avaliadas:

- Custo de implantação pavimento novo.
- SICRO outubro / 2022
- Custos regionais março / 2023 para Usinagem e aplicação no Rio de Janeiro, com DMT de 30Km

Descrição do serviço	Espessura (cm)	Custo R\$	
Camada Subleito	40	R\$	75,224.49
Camada de SB	20	R\$	50,475.05
Camada de Base BGS	30	R\$	147,616.08
Imprimação CM30	1L/m ²	R\$	19,279.96
Pintura de Ligação RR-1C	0.8l/m ²	R\$	16,399.96
Revestimento CAP 30/45 - Classe 2	12	R\$	882,849.38
Revestimento CAP 30/45 - Classe 0	16	R\$	1,170,182.16



Grata a todos

Laura Maria Goretti da Motta

laura@coc.ufrj.br