

# PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

Conceitos, avaliação funcional,  
estrutural e gerenciamento

26/03/2018

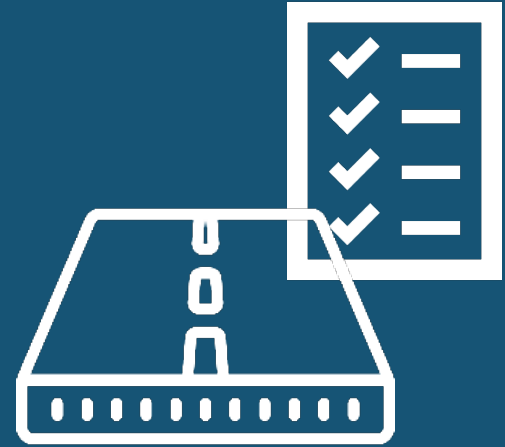
# APRESENTAÇÃO



# PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

1. **CONCEITOS GERAIS**
  2. **AVALIAÇÃO FUNCIONAL**
  3. **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**
  4. **GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**
- 
- A decorative graphic at the bottom of the slide consisting of multiple thin, light blue wavy lines that create a sense of movement and depth.

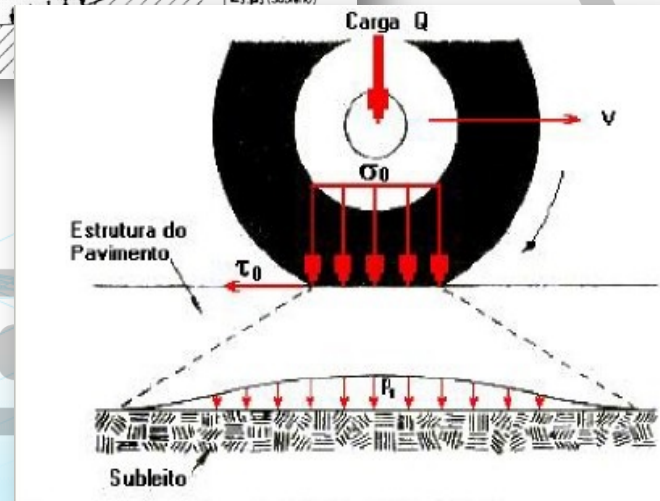
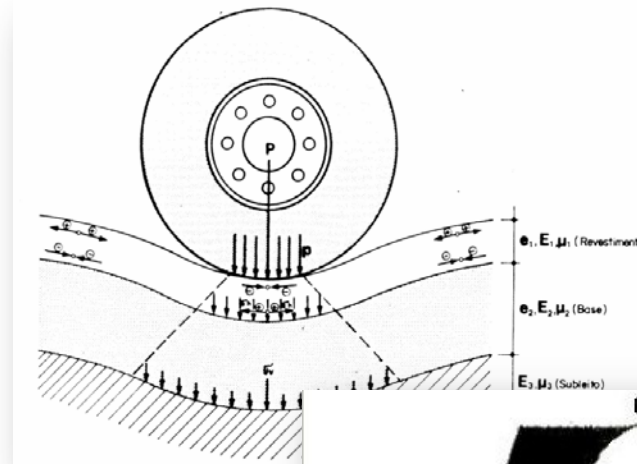
# PAVIMENTOS: CONCEITOS GERAIS



## FUNÇÕES DOS PAVIMENTOS

Estrutura construída após a terraplenagem, destinada a:

- Proteger o subleito;
- Resistir e distribuir os esforços verticais oriundos de veículos, equipamentos e cargas em geral;
- Melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança.



## RÍGIDOS



**GRANDE ÁREA  
DE DISTRIBUIÇÃO  
DE CARGA**

**PEQUENA PRESSÃO  
NA FUNDAÇÃO DO  
PAVIMENTO**

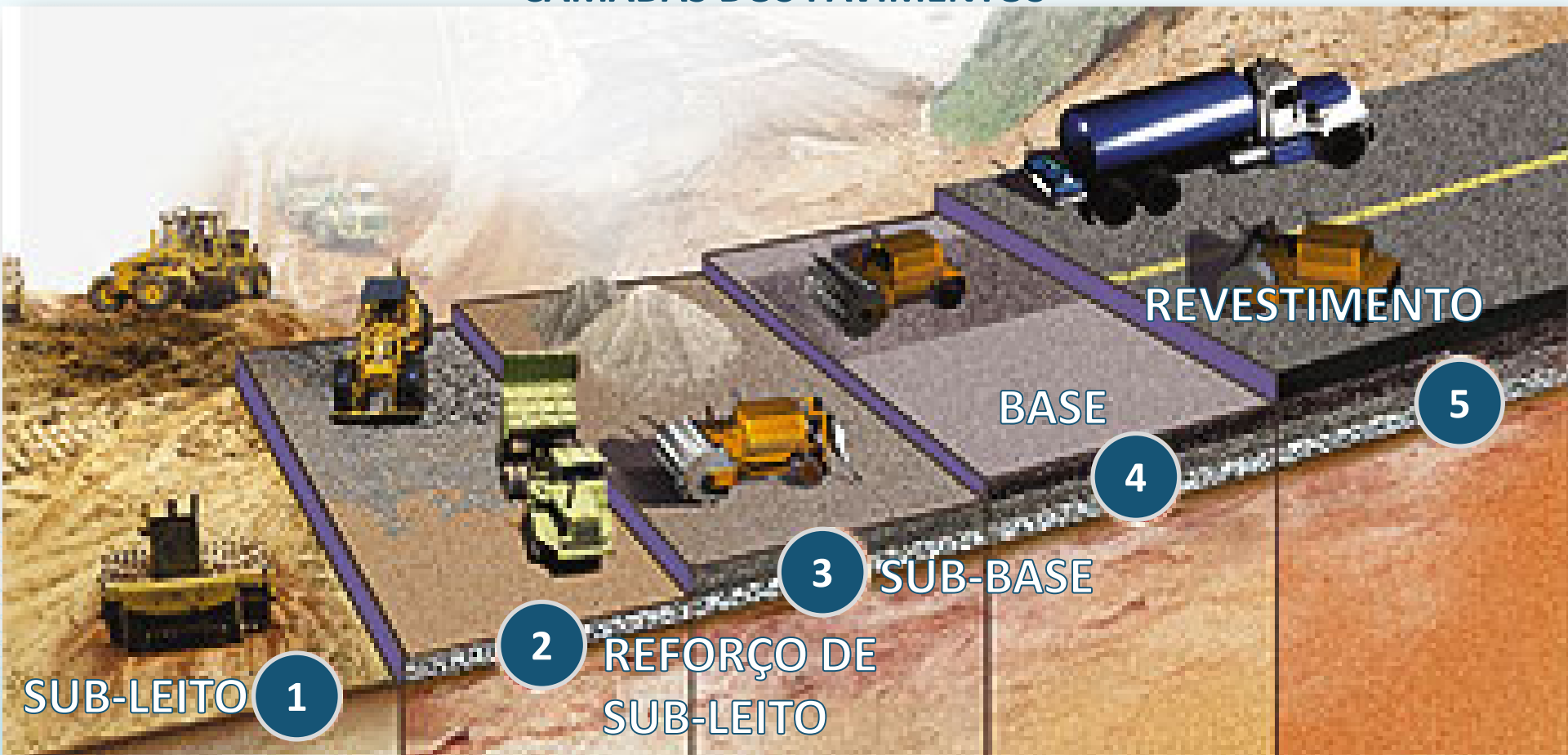
## FLEXÍVEIS



**PEQUENA ÁREA  
DE DISTRIBUIÇÃO  
DE CARGA**

**GRANDE PRESSÃO  
NA FUNDAÇÃO DO  
PAVIMENTO**

## CAMADAS DOS PAVIMENTOS



SUB-LEITO

1

2

REFORÇO DE  
SUB-LEITO

3

SUB-BASE

4

BASE

5

REVESTIMENTO

# AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

## CONDIÇÕES FUNCIONAIS

- CONFORTO
- SEGURANÇA
- Levantamentos visuais:
  - PRO-006: IGG
  - PRO-008: LVC
- Irregularidade (IRI/QI)
- Condições de atrito:
  - Macrotextura
  - Microtextura

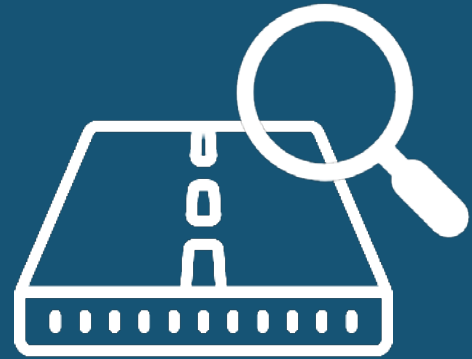


## CONDIÇÕES ESTRUTURAIS

- RESISTÊNCIA
- VIDA ÚTIL
- Ensaio destrutivos
  - Poços de inspeção
  - Sondagens rotativas
- Ensaio não destrutivos
  - Viga Benkelman
  - FWD
  - LWD
  - Georadar



# AVALIAÇÃO FUNCIONAL



## CONDIÇÕES FUNCIONAIS

- CONFORTO
- SEGURANÇA

- Levantamentos visuais:
  - PRO-006: IGG
  - PRO-008: LVC
- Irregularidade (IRI/QI)
- Condições de atrito:
  - Macrotextura
  - Microtextura



## CONDIÇÕES ESTRUTURAIS

- RESISTÊNCIA
- VIDA ÚTIL
- Ensaio destrutivos
  - Poços de inspeção
  - Sondagens rotativas
- Ensaio não destrutivos
  - Viga Benkelman
  - FWD
  - LWD
  - Georadar

## PRO-006: IGG - Índice de Gravidade Global

O IGG é um levantamento feito para avaliar a condição superficial do pavimento, é calculado em função de pesos dados aos defeitos, conforme quadro resumo de defeitos – Codificação e Classificação (anexo D) e obedecendo aos procedimentos contidos na Norma Rodoviária DNIT 006/2003 – PRO.

## Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)  Nota: NOTA:Para efeito de Ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências Tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do Tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O e P	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

## Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$



Foto B-1 – Trinca isolada



Foto B-3 – Trincas interligadas em bloco



Foto B-2 – Trincas interligadas do tipo couro de jacaré



Foto B-4 – Painela



Foto B-5 – Remendos



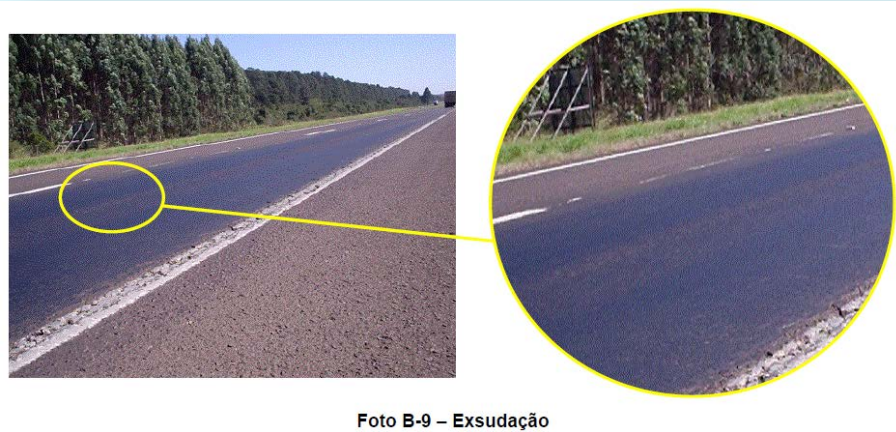
Foto B-7 – Ondulações ou corrugações



Foto B-6 – Flecha na trilha de roda



Foto B-8 – Desgaste





## PRO-008: LVC – Levantamento Visual Contínuo

O LVC é utilizado para avaliar a superfície do pavimento, o levantamento é feito na rodovia com o carro em movimento ( $\pm 40$  km/h), anotando-se todos os defeitos visíveis, onde avalia-se os tipos de defeitos de acordo com a severidade 1, 2 ou 3 e sua frequência, se é alta, média ou baixa, tendo as condições estabelecidas através da Norma DNIT 008/2003-PRO.

## Frequência de defeitos

Painelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	$\geq 5$
M	Média	2 – 5
B	Baixa	$\leq 2$
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	$\geq 50$
M	Média	50 – 10
B	Baixa	$\leq 10$

## IES – Índice do Estado da Superfície do pavimento

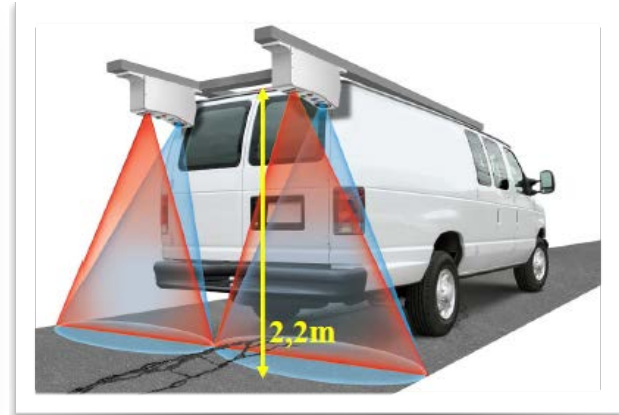
DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

## IRI - International Roughness Index (Índice de Irregularidade Internacional)

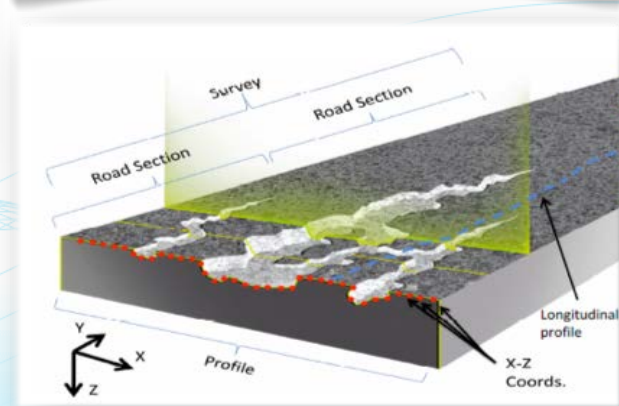
É medido através do Perfilômetro laser, um equipamento composto por 05 sensores laser, para medição de irregularidades no pavimento, é utilizado também para a medição no afundamento da trilha de roda



## PAVSCAN - PAVEMENT SCANNER



*Solução Integrada para Avaliação Funcional dos Padrões de Desempenho dos Pavimentos.*

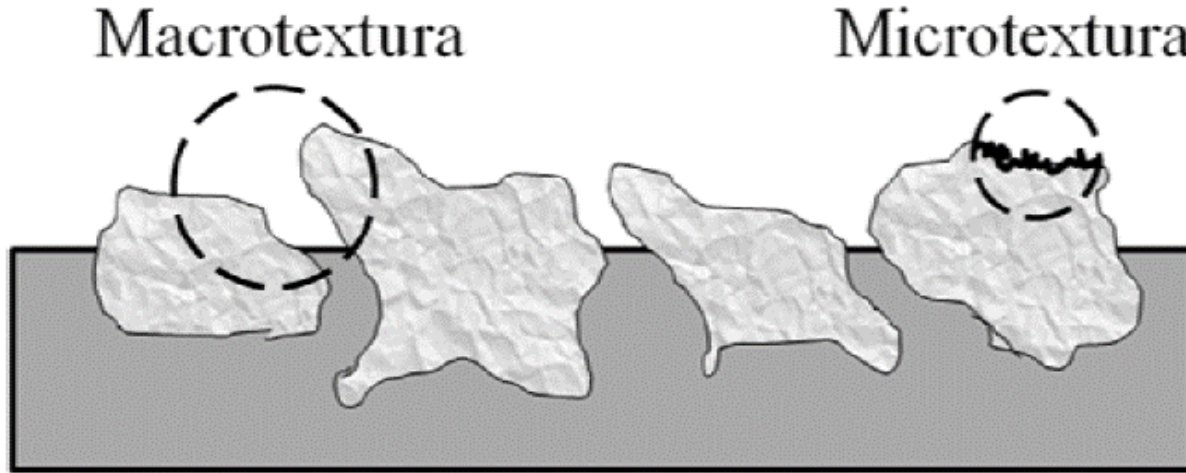


## PAVSCAN: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Detecção automática de fissuras/trincas e sua severidade;
- Operação dia e noite;
- Até 4160 pontos na trilha de roda;
- Dados 3D e 2D para caracterização: fissuras, panelas, desagregação, trincamentos, juntas no concreto, etc.;
- Pode operar em superfícies asfálticas e de concreto;
- Medidas de macro textura de toda a largura da faixa;
- Perfil longitudinal (IRI - International Roughness Index);
- Inclinação transversal e longitudinal.


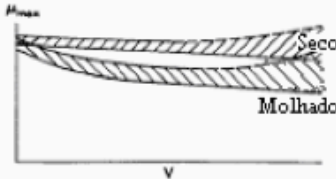

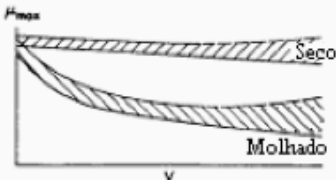
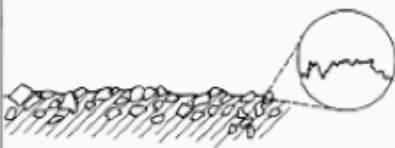
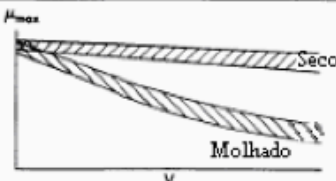

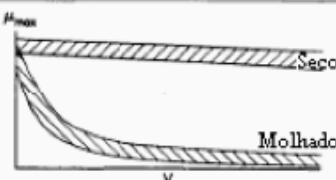


## AVALIAÇÃO FUNCIONAL – ATRITO / ADERÊNCIA





# AVALIAÇÃO FUNCIONAL – ATRITO / ADERÊNCIA

SUPERFÍCIE			Gráfico aproximado da variação do coeficiente de atrito em função da velocidade.
No.	MACRO-TEXTURA	MICRO-TEXTURA	
I	Macro-textura aberta permite boa drenagem da área de contato pneu-pavimento. Em condições molhadas, o coeficiente de atrito diminui com o aumento da velocidade. Em altas velocidades o coeficiente de atrito pode aumentar um pouco devido ao efeito da histerese	 <p>Micro-textura áspera permitem penetração substancial do filme fino de fluido, nível geral de atrito é alto.</p>	
II		 <p>Micro-textura suave ou polida tem propriedades pobres de penetração do fluido e em geral resultados baixos de atrito disponível</p>	
III	Macro-textura fechada não permite uma boa drenagem da área de contato pneu-pavimento. O coeficiente de atrito diminui rapidamente com o aumento da velocidade.	 <p>Micro-textura áspera permitem penetração substancial do filme fino de fluido, nível geral de atrito é alto.</p>	
IV		 <p>Micro-textura suave ou polida tem propriedades pobres de penetração do fluido e em geral resultados baixos de atrito disponível</p>	

## MANCHA DE AREIA

Neste ensaio, utiliza-se um volume conhecido de areia que é distribuído por meio de movimentos circulares, espalha-se a areia buscando a forma mais próxima possível de um círculo, é necessário repetir este processo por no mínimo 05 vezes, mede-se o diâmetro 04 vezes e tira-se uma média do valor encontrado, então é possível determinar a **macrotextura superficial**.



## PÊNDULO BRITÂNICO

O ensaio é feito da seguinte maneira: o pêndulo é nivelado e posicionado sobre o pavimento no sentido do tráfego, isto é feito para que o giro do pêndulo ocorra na mesma direção de operação dos veículos, com a pista molhada o pêndulo é liberado, podendo-se então avaliar características de rugosidade dos agregados e a microtextura do pavimento.

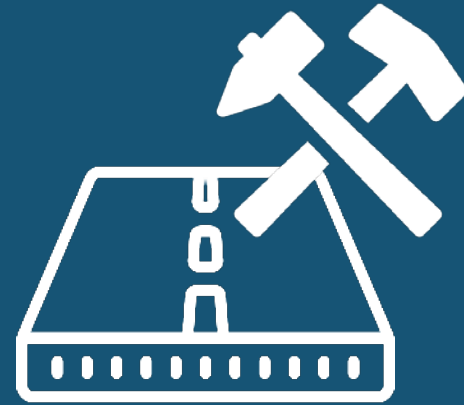


## GRIP TESTER

O Grip Tester é um reboque de três rodas que mede o coeficiente de atrito da superfície avaliada, simulando a pior condição para o pavimento, isto é, com a superfície molhada.



# AVALIAÇÃO ESTRUTURAL



## CONDIÇÕES FUNCIONAIS

- CONFORTO
- SEGURANÇA
- Levantamentos visuais:
  - PRO-006: IGG
  - PRO-008: LVC
  - PRO-062: ICP
- Irregularidade (IRI/QI)
- Condições de atrito:
  - Macrotextura
  - Microtextura



## CONDIÇÕES ESTRUTURAIS

- RESISTÊNCIA
- VIDA ÚTIL
- Ensaio destrutivo
  - Poços de inspeção
  - Sondagens rotativas
- Ensaio não destrutivo
  - Viga Benkelman
  - FWD
  - LWD
  - Georadar

Avaliação Estrutural

# ENSAIOS DESTRUTIVOS



## SONDAGEM ROTATIVA

- Controle tecnológico tradicional:
  - Espessura do revestimento;
  - Teor de betume, granulometria, índice de vazios, grau de compactação;
  - Resistência à tração por compressão diametral e módulo de resiliência.
- Desvantagens principais:
  - Ensaio pontuais;
  - Indiretos (não medem propriedades mecânicas diretamente e empregam correlação de resultados de laboratório com a resistência e/ou deformabilidade).





## POÇOS DE INSPEÇÃO

- Controle tecnológico tradicional:
  - Característica visual e espessura das camadas;
  - Umidade;
  - Peso específico aparente in situ;
  - Ensaios complementares em laboratório;
  - Dificuldade de caracterização do comportamento real (coleta de amostras indeformadas).
- Desvantagens principais:
  - Ensaios pontuais;
  - Indiretos (não medem propriedades mecânicas diretamente e empregam correlação de resultados de laboratório com a resistência e/ou deformabilidade).





	Camada	Espessura (cm)	Material	Aspecto Visual
1	Asfáltica	1,5	Micro revestimento	Trincas e reparos
2	Asfáltica	9,0	CBUQ	Compacto
3	Asfáltica	10,0	CBUQ	Compacto
4	Base	16,0	Solo Cimento	Compacto
5	Sub-Base	20,0	Argila Arenosa Amarela	Compacto
6	Sub-Leito	20,0	Argila Siltosa Amarela	Compacto



Avaliação Estrutural

# ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS

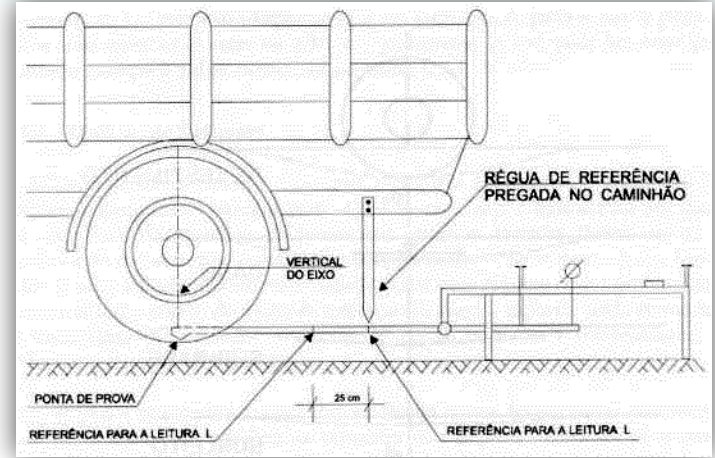
## DCP - Dynamic Cone Penetrometer

Rápida medição in-situ das propriedades de resistência de camadas de pavimentos a partir da relação de golpes necessários para a penetração de um cone na(s) camada(s) em estudo.



## VIGA BENKELMAN

É uma viga, que, quando posicionada na roda traseira de um caminhão, estando carregado com uma carga de 8,2 tf, permite que seja avaliada a deflexão do pavimento.



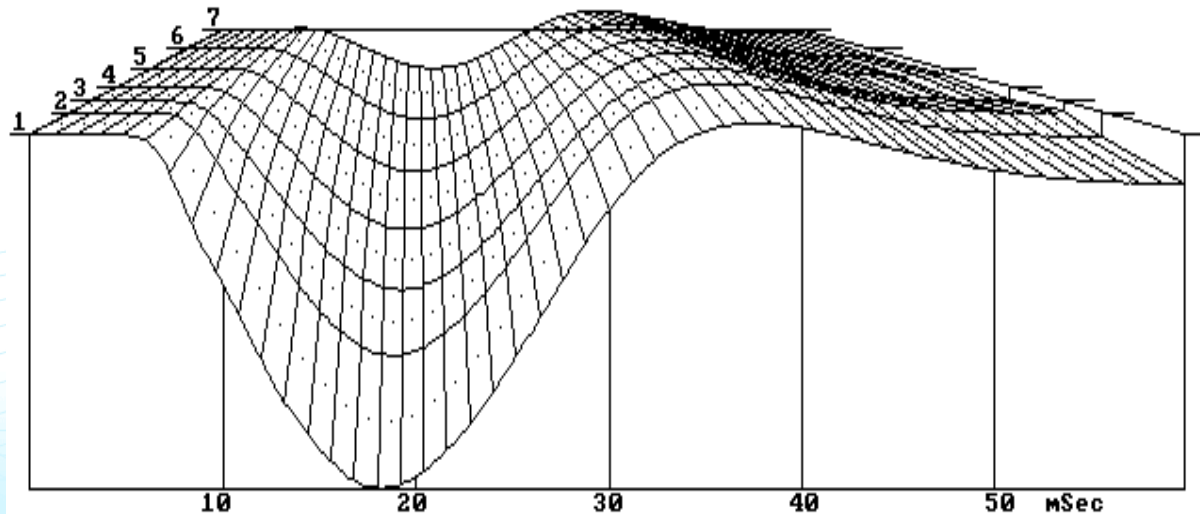
## FWD - Falling Weight Deflectometer

É um defletoômetro de impacto projetado para simular o efeito de cargas de roda em movimento. Isto é obtido pela queda de um conjunto de massas, a partir de alturas, sobre um sistema de amortecedores de borracha, que transmitem a força aplicada a uma placa circular com 30 cm de diâmetro apoiada no pavimento.



## FWD - Falling Weight Deflectometer

Os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento (bacia de deflexões) são medidos por 7 geofones com os seguintes espaçamentos: 0, 20, 30, 45, 65, 90, 120 cm



## LWD – Light Weight Deflectometer

É um equipamento utilizado para medir a capacidade de suporte do subleito e infraestrutura do pavimento, é ideal para garantia e controle de qualidade no subleito, sub-base, base e no pavimento flexível, em pavimentos novos ou em obras já existentes, ajuda a identificar a necessidade de investigação com o FWD ou outras técnicas de análise de materiais.





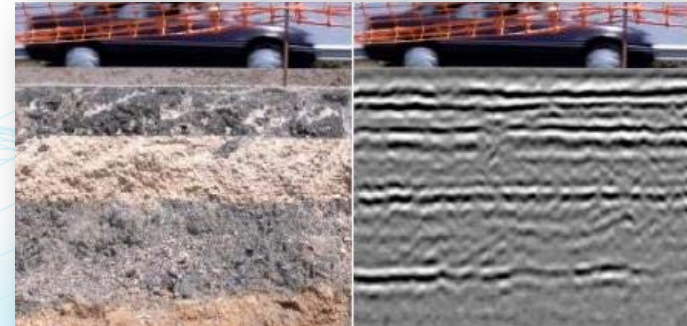
## LWD – Light Weight Deflectometer

- Célula de carga mede o valor máximo da força de impacto da queda de um peso com 10, 15 ou 20 kg, incorporada em uma placa de carga com diâmetro de 300mm;
- Os deslocamentos (deflexões) são medidos pelos geofones em tempo real, armazenados e apresentados graficamente em tablet;
- O módulo de resiliência é calculado e visualizado em tempo real.

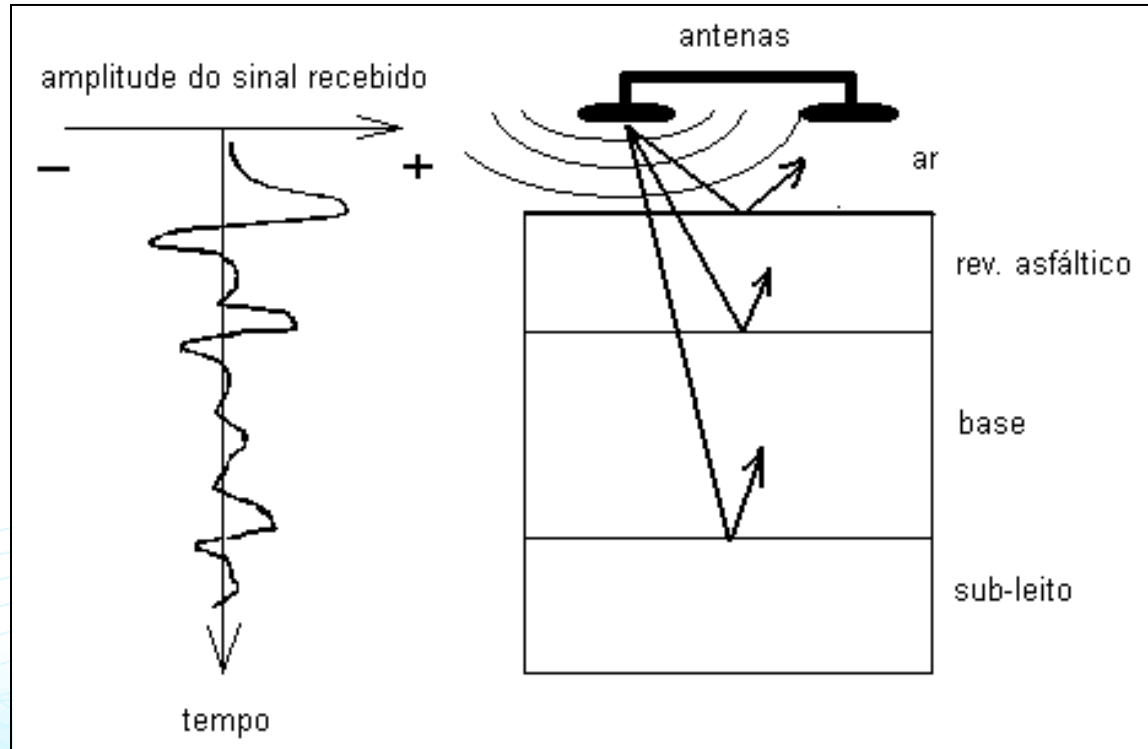


## GPR - Ground Penetrating Radar (Georadar)

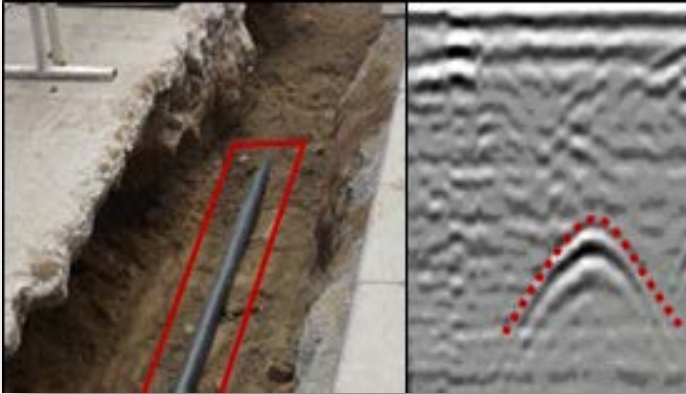
Georadar é um equipamento com duas antenas, uma emissora e a outra receptora, utilizado para refletir ondas eletromagnéticas, ajuda na identificação da espessura das camadas do pavimento, verifica as condições dos materiais das camadas e ajuda a detectar vazios sob placas de concreto-cimento.



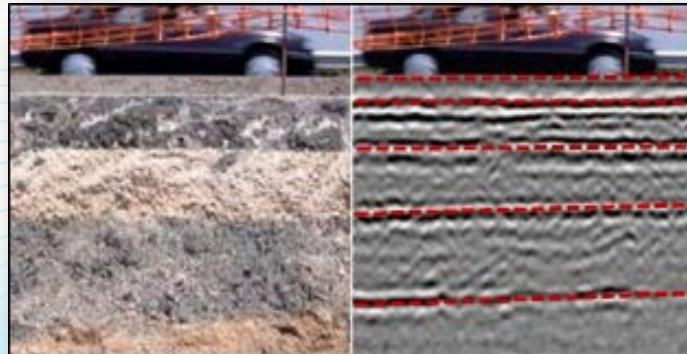
# GPR - Ground Penetrating Radar (Georadar)



## GPR - Ground Penetrating Radar (Georadar)



Reflexão pontual gerada por uma tubulação.

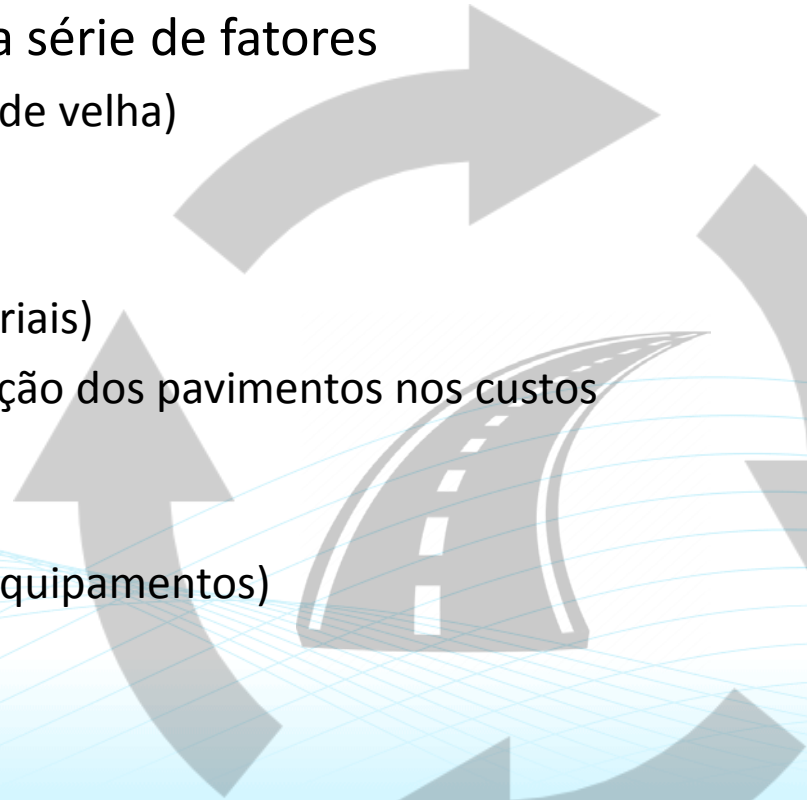


Reflexão plana típica de camadas do solo.

# GERÊNCIA DOS PAVIMENTOS

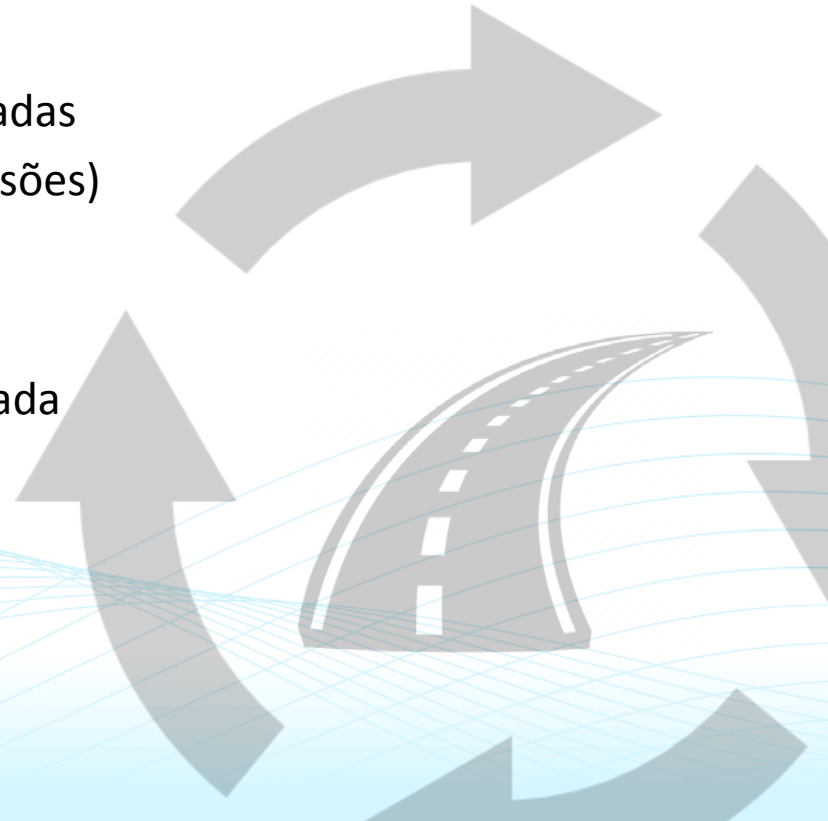


## HISTÓRICO BRASILEIRO

- Maior ímpeto a **partir de 1983** por uma série de fatores
    - Necessidade de manutenção oportuna (rede velha)
    - Órgãos de financiamento incentivando
    - Orçamentos relativamente restritos
    - Limitação de recursos (energéticos e materiais)
    - Reconhecimento do efeito direto da condição dos pavimentos nos custos operacionais dos veículos
    - Conscientização em relação ao ambiente
    - Desenvolvimento tecnologia (métodos e equipamentos)
    - Evolução dos computadores
- 
- The background features a stylized road with dashed white lines curving to the right. Several large, grey, curved arrows are overlaid on the scene, pointing in various directions, suggesting a process or evolution. The overall aesthetic is clean and professional, with a light blue and white color palette.

# HISTÓRICO BRASILEIRO

- **Décadas de 1990 e 2000**
  - Componente institucional de obras financiadas
  - Impulso no fim da década de 1990 (Concessões)
- **Década de 2010**
  - Novos recursos tecnológicos na última década



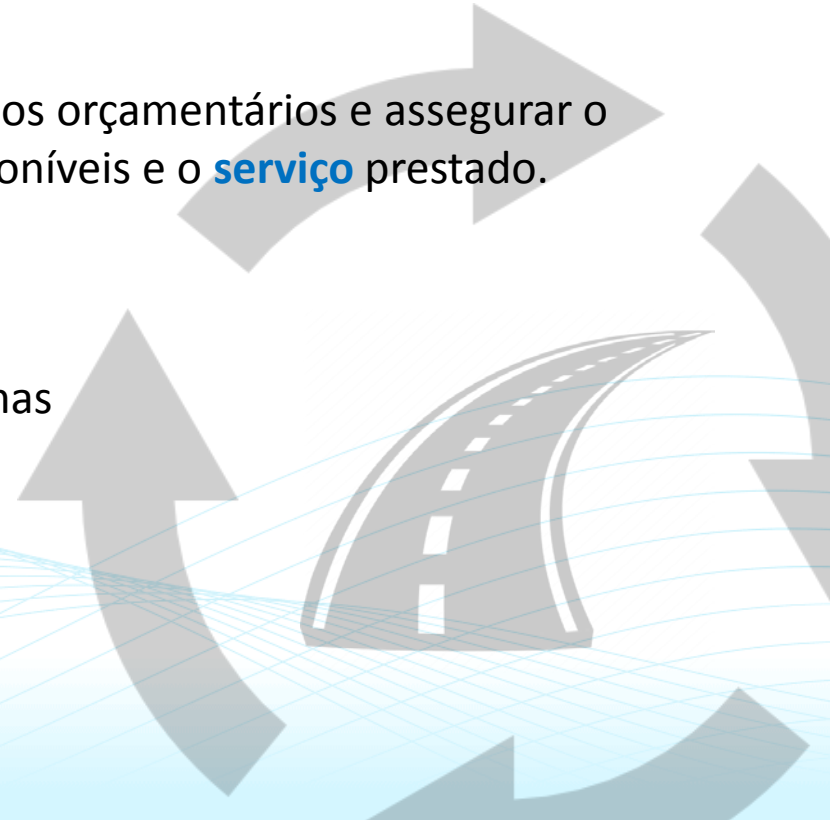
# GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

- **Finalidade**

- Propiciar a difícil administração dos recursos orçamentários e assegurar o **melhor compromisso** entre os **meios** disponíveis e o **serviço** prestado.

- **Fundamentos básicos**

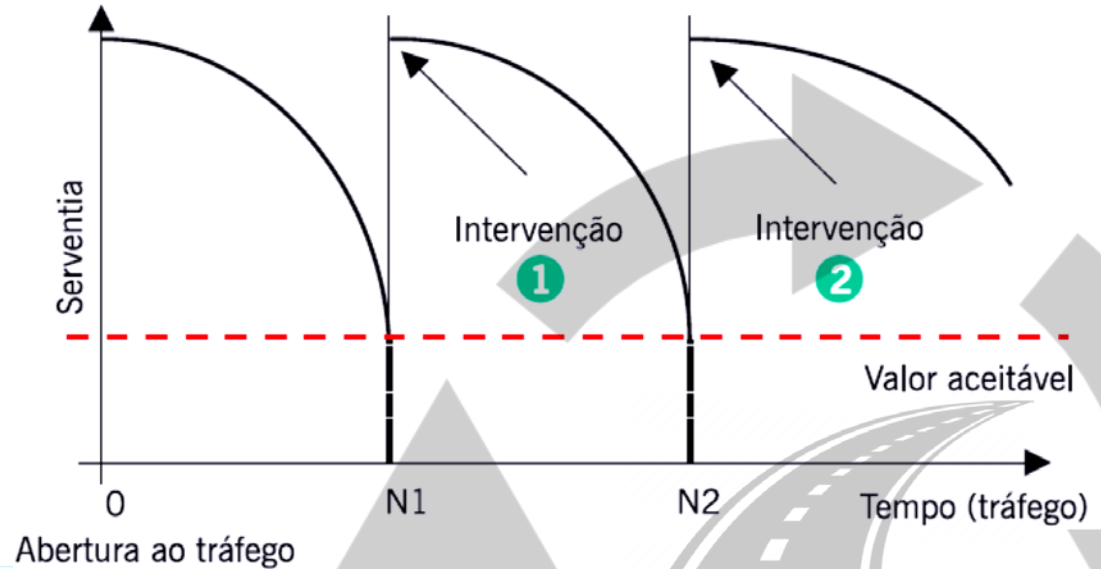
- Consciência da complexidade dos problemas
- Necessidade de uma abordagem global
- Adaptações a realidade local





## QUESTÕES PARA GERÊNCIA

- Quais são as necessidades existentes?
- Como atribuir prioridades a estas necessidades?
- De que modo pode-se programar os trabalhos segundo as prioridades estabelecidas, situando-os dentro do orçamento disponível?



## O SGP SERVE PARA...

- Armazenamento de dados
- Análise de informações
- Diagnóstico de pavimentos
- Elaboração de estudos de recuperação
- Previsão de desempenho futuro
- Planejamento de investimentos ao longo do tempo (programa de manutenção)
- Gestão rodoviária
- Otimização de recursos



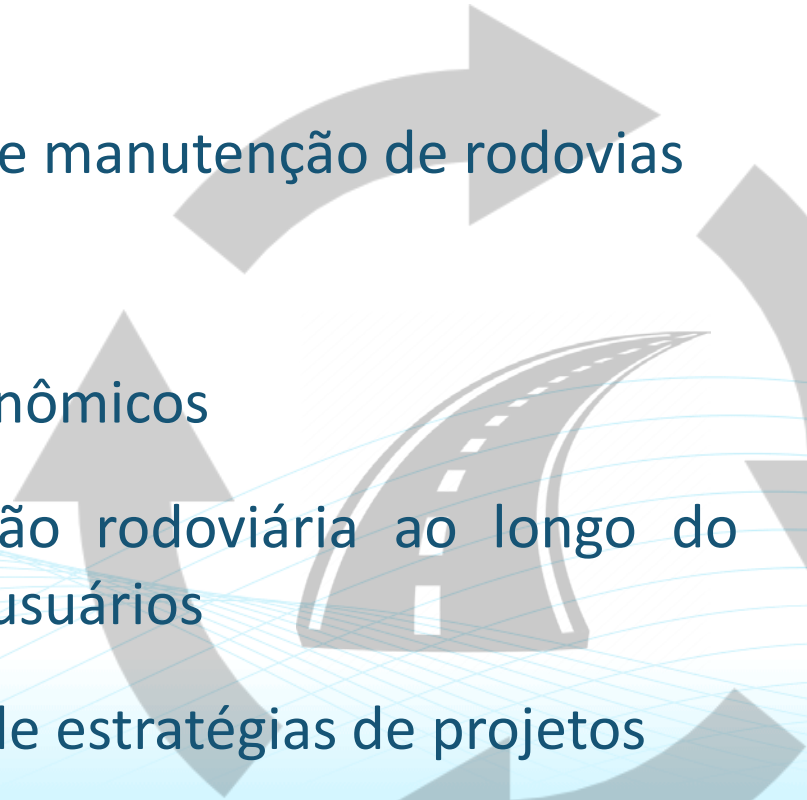
# O CATÁLOGO DE SOLUÇÕES DO SGP-DNIT

Tráfego		VMDc <= 800		800 < VMDc <= 1600			1600 < VMDc <= 2400				2400 < VMDc <= 3200				VMD > 3200				
		Dc/Dadm <= 1,1	Dc/Dadm > 1,1	Dc/Dadm <= 1,1	1,1 < Dc/Dadm <= 1,5	Dc/Dadm > 1,5	Dc/Dadm <= 1,1	1,1 < Dc/Dadm <= 1,5	1,5 < Dc/Dadm <= 2	Dc/Dadm > 2	Dc/Dadm <= 1,1	1,1 < Dc/Dadm <= 1,5	1,5 < Dc/Dadm <= 2	Dc/Dadm > 2	Dc/Dadm <= 1,1	1,1 < Dc/Dadm <= 1,5	1,5 < Dc/Dadm <= 2	Dc/Dadm > 2	
Condição Funcional	Estrutura																		
		IRI <= 2,5 m/km	TR <= 10	Mi	H4	Mi	H4	H7	Mi	H4	H9	H10	Mi	H4	Hpo8	Hpo10	Mi	Hpo4	Hpo8
TR > 10	FSp+Mi		FSp+H4	FSp+Mi	FSp+H4	FSp+H7	FSp+Mi	FSp+H4	FSp+H9	FSp+H10	FSp+Mi	FSp+H4	FSp+Hpo8	FSp+Hpo10	FSp+Hpo4	FSp+Hpo4	FSp+Hpo8	FSp+Hpo10	
2,5 m/km < IRI <= 4 m/km	TR <= 10	REP+TSD	H4	H4	H4	H7	H4	H4	H9	H12	H4	H4	Hpo8	Hpo10	Hpo4	Hpo4	Hpo8	Hpo10	
	TR > 10	FSp+REP+TSD	FSp+REP+H4	FSp+TSD+H4	FSp+TSD+H5	FSp+TSD+H7	FSp+TSD+H4	FSp+TSD+H5	FSp+TSD+H9	REC4	FSp+TSD+H5	FSp+TSD+H5	FSp+TSD+Hpo8	REC4	FSp+TSDpol+Hpo4	FSp+TSDpol+Hpo4	FSp+TSDpol+Hpo8	REC6	
IRI > 4 m/km	TR <= 10	REP+H4	REP+H4	REP+H5	REP+H6	REP+H8	REP+H5	REP+H6	REP+H10	REC4	REP+H5	REP+H6	REC4	REC4	REP+Hpo5	REP+Hpo6	REC5	REC6	
	TR > 10	FS3+TSD+H4	FS5+TSD+H6	FS5+TSD+H5	FS5+TSD+H6	REC3	FS5+TSDpol+H5	FS5+TSDpol+H6	REC4	REC4	FS5+TSDpol+H5	FS5+TSDpol+H6	REC4	REC4	FS5+TSDpol+Hpo4	REC5	REC5	REC6	


**H D M - 4**  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

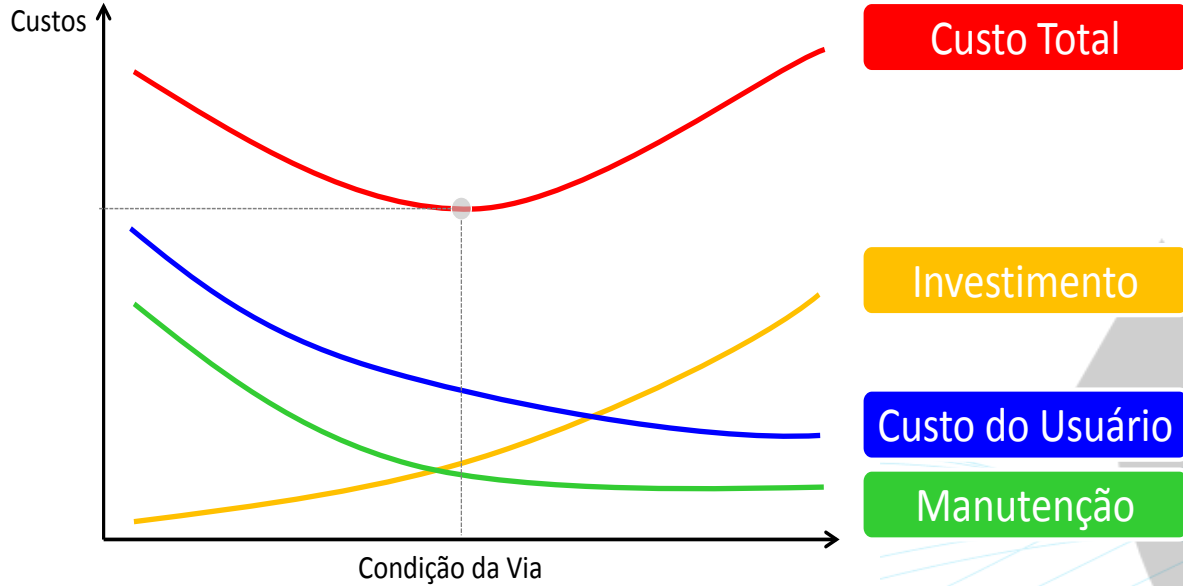


## O QUE É?

- Modelo para simulação de projetos e manutenção de rodovias
  - Desenvolvido pelo Banco Mundial
  - Combina parâmetros técnicos e econômicos
  - Simulação da evolução da condição rodoviária ao longo do tempo e dos efeitos nos custos dos usuários
  - Previsão de desempenho e análise de estratégias de projetos
- 

## OBJETIVO

- Análise Técnica e Econômica de Projetos
  - Elaboração e Comparação de Políticas de Manutenção
  - Planejamento de Futuras Intervenções
  - Formulação de programas de investimento para uma rede rodoviária
  - Otimização de Recursos Disponíveis
- 
- The background features a stylized road with a dashed center line curving to the right. Surrounding the road are several large, grey, curved arrows that form a circular path, suggesting a continuous or iterative process. The overall background is light blue with faint, wavy lines.



- Maximizar Benefícios
- Minimizar Custos
- Encontrar um equilíbrio



[www.dynatest.com.br](http://www.dynatest.com.br)

**Ernesto Preussler**

[ernesto@dynatest.com.br](mailto:ernesto@dynatest.com.br)

SÃO PAULO  
(11) 3149.3969

BRASÍLIA  
(61) 3039.8466

RIO DE JANEIRO  
(21) 2224.8830