



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

PTR 3522

Gestão de Pavimentos

Profa. Kamilla Vasconcelos
Prof. José Tadeu Balbo

AULA 1



Mentimeter

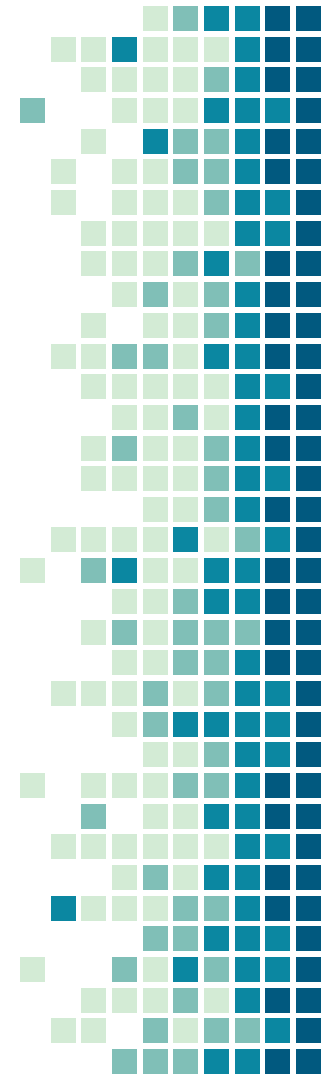
Please enter the code

Submit

The code is found on the screen in front of you

menti.com

Code: 2410 4305

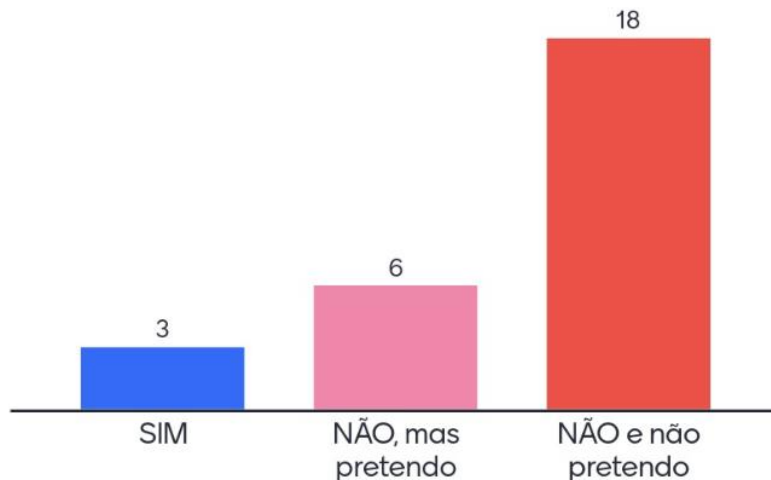


"GESTÃO DE PAVIMENTOS" em uma palavra

84 Responses



Você já teve alguma experiência (estágio, iniciação científica, monitoria...) relacionada à PAVIMENTAÇÃO?



O que você espera aprender em PTR 3522?

24 Responses

Como funciona o gerenciamento de rodovias

A continuação/ parte de visão mais real da obra de pavimentos

Nocões sobre gestão de pavimentos.

A gestão de projetos de vias e pavimentação

Como gerenciar recursos de maneira eficiente, aprender mais sobre políticas públicas e privadas de controle de pavimentos

Como gerir de forma eficiente uma concessão rodoviária e como implementar as manutenções de pavimentação sem prejudicar a operação.

Visão geral da pavimentação sob um ponto de vista gerencial

Organizar e planejar métodos a cuidar de pavimentos garantindo uma boa prestação de serviço

Como compatibilizar e otimizar uma rotina de gestão de pavimentos de forma efetiva e que agregue valor ao usuário

ALGUNS NÚMEROS
RELACIONADOS AO
TRANSPORTE
RODOVIÁRIO E À
PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

TRANSPORTE RODOVIÁRIO – MALHA

1.720.909,0 km é a extensão total da malha rodoviária em **2021**
(No período de 2009 a 2019 a malha pavimentada cresceu apenas 0,5%)

12,4% é pavimentada: 213.500,0 km

9,1% é planejada: 157.309,0 km

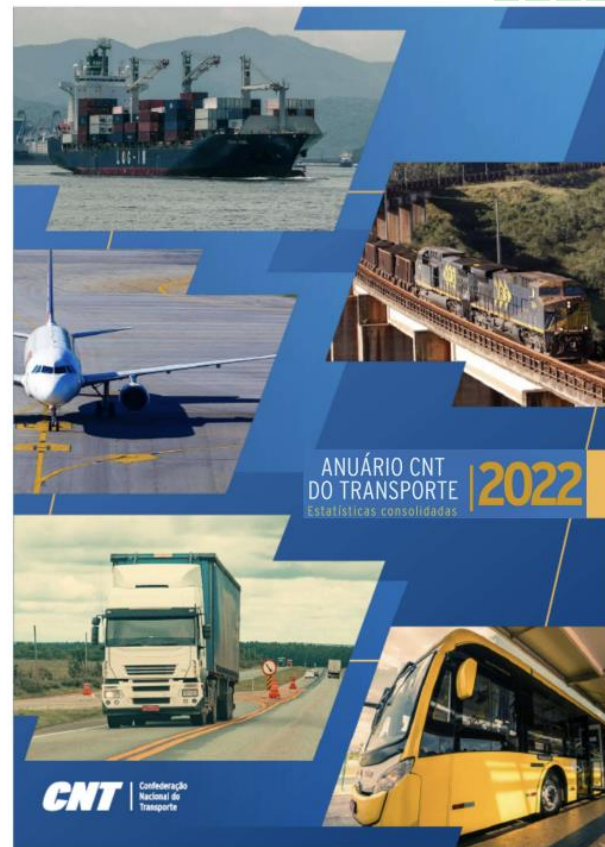
78,5% é não pavimentada: 1.350.100,0 km

Em **2009**, a extensão rodoviária brasileira era 1.712.092,7 km, sendo:

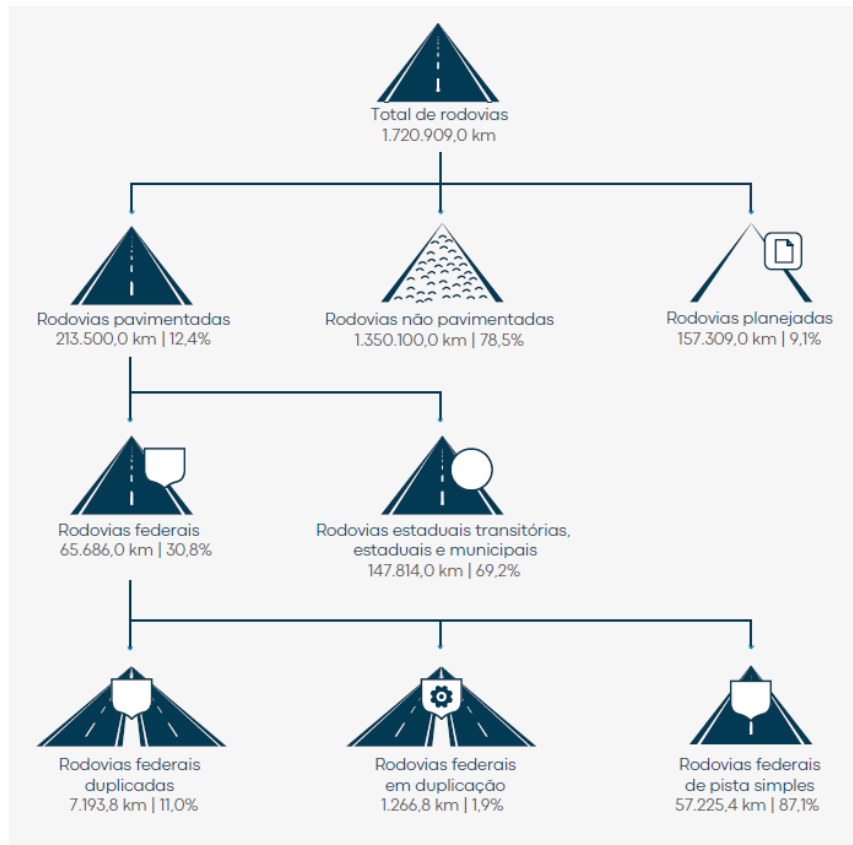
12,4% pavimentada: 212.491,40 km

7,7% planejada: 131.233,3 km

79,9% não pavimentada: 1.368.368,0 km



MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA



Fonte: Elaboração CNT, com dados de DNIT (2022) e Ministério da Infraestrutura (2020).

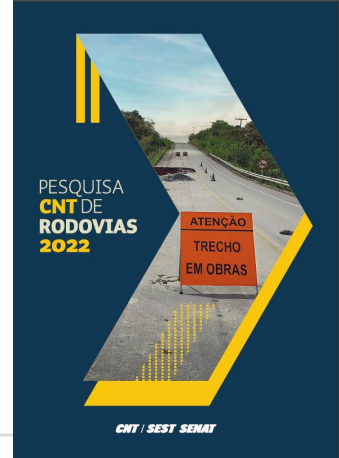
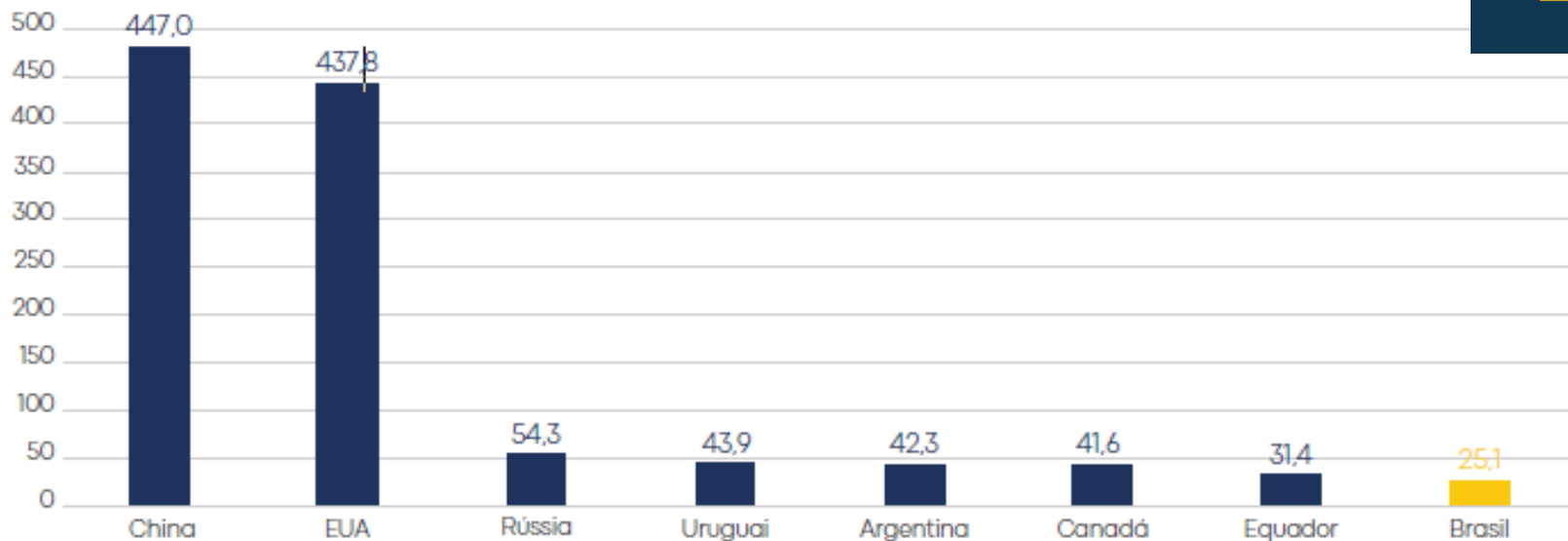
PESQUISA
CNT DE
RODOVIAS
2022

ATENÇÃO
TRECHO
EM OBRAS

CNT / SEST SENAT

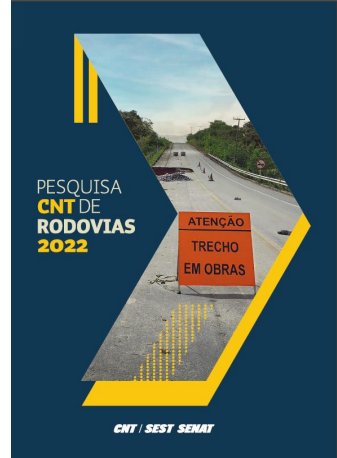
DENSIDADE DA MALHA RODOVIÁRIA PAVIMENTADA POR PAÍS

(VALORES EM km/1000 km²)

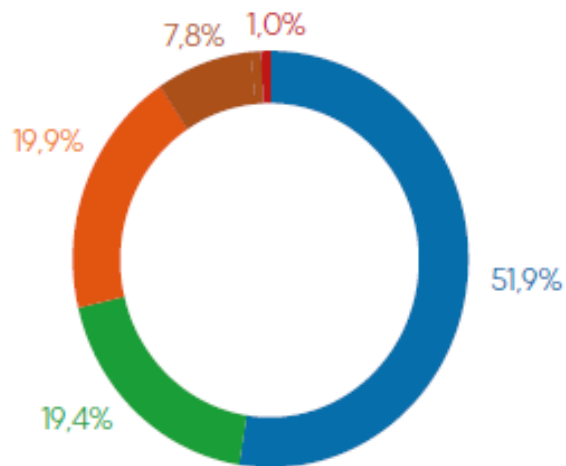


CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO

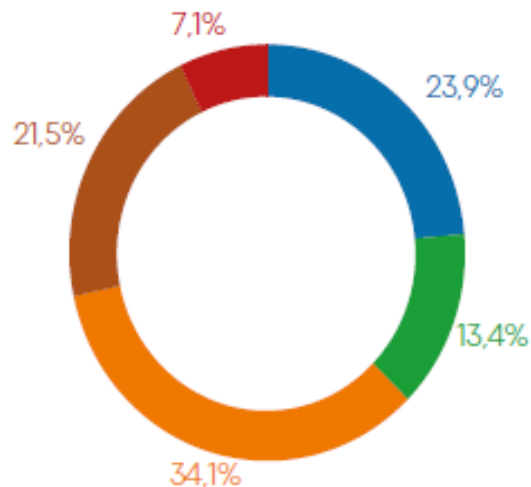
GESTÃO CONCEDIDA E PÚBLICA



Gestão concedida



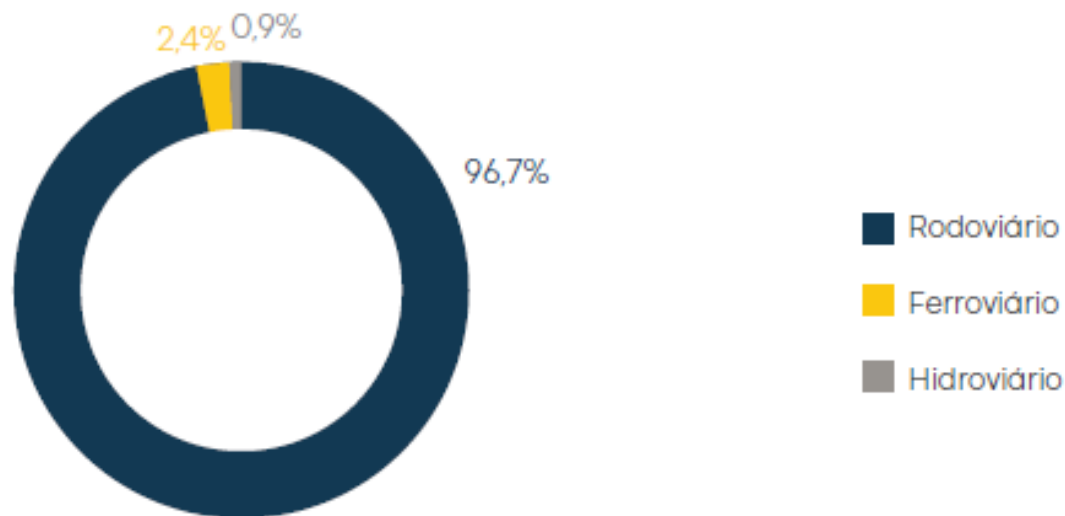
Gestão pública



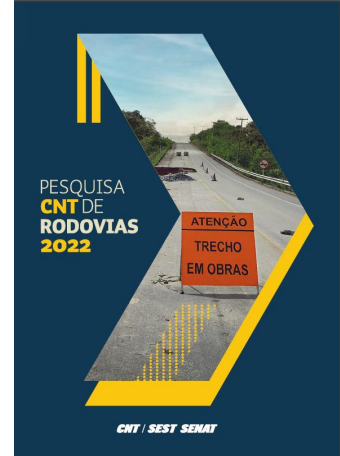
- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim
- Péssimo

CONSUMO DE ÓLEO DIESEL DO SETOR DE TRANSPORTE BRASILEIRO POR MODO

EM PERCENTUAL (%) - 2021

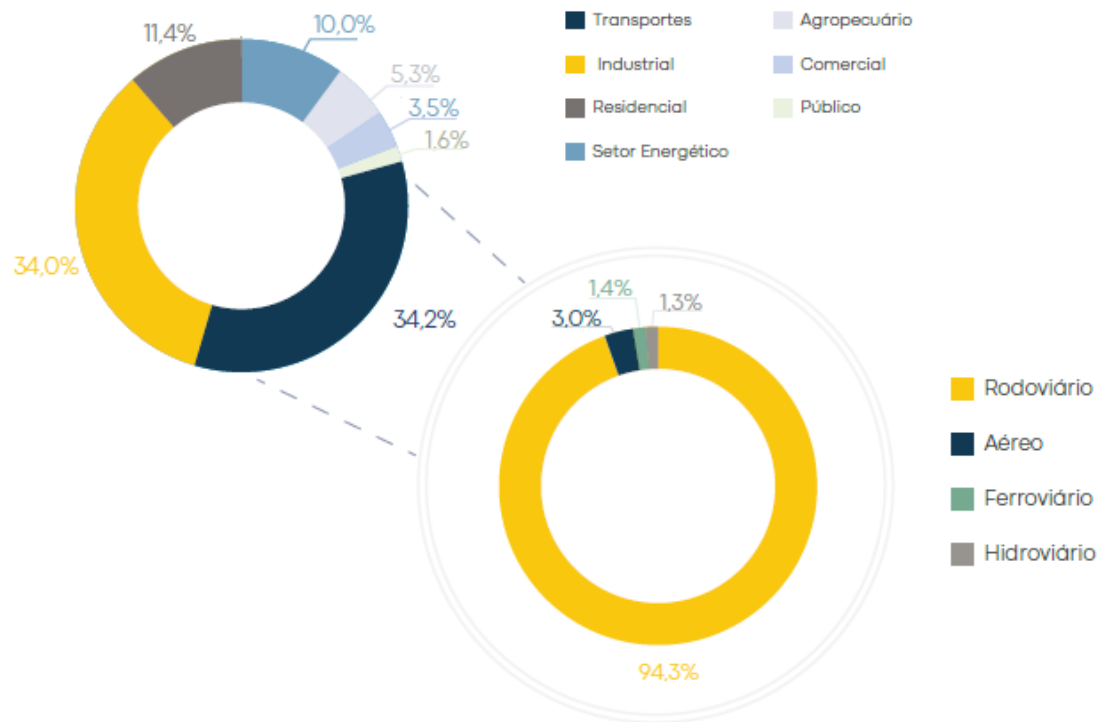


Fonte: Elaboração CNT, com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2022).

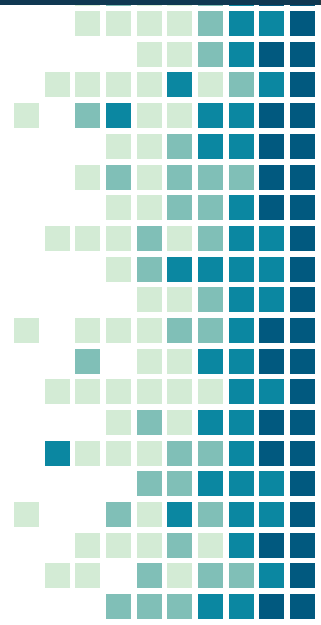
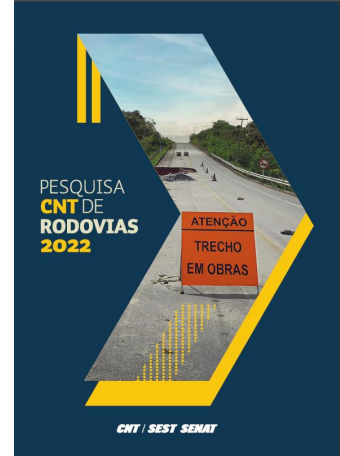


CONSUMO DE ENERGIA NOS SETORES DO BRASIL E DISTRIBUIÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTE

EM PERCENTUAL (%) - 2021

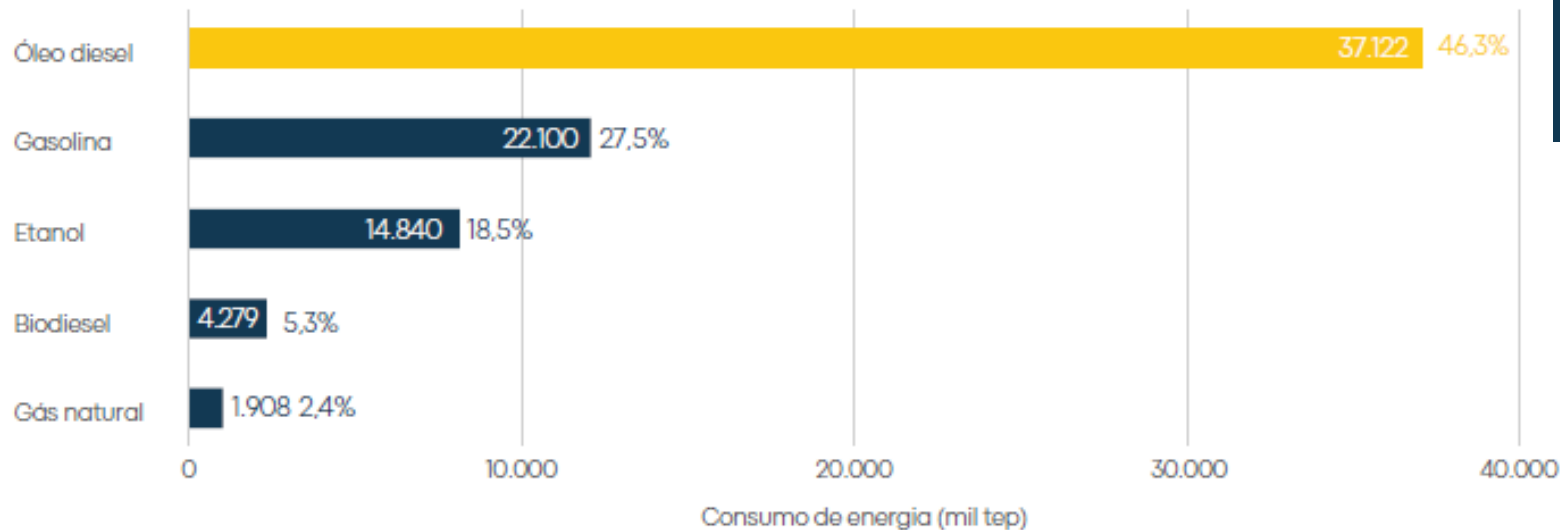


Fonte: Elaboração CNT, com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2022).

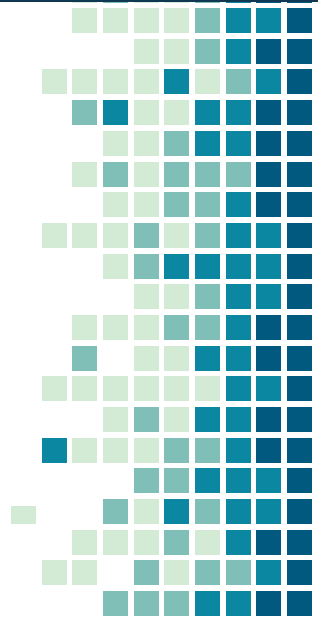
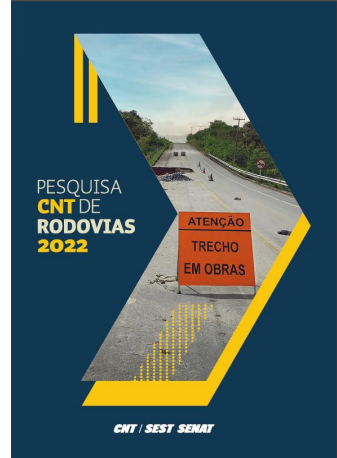


CONSUMO DE ENERGIA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO BRASILEIRO POR FONTE

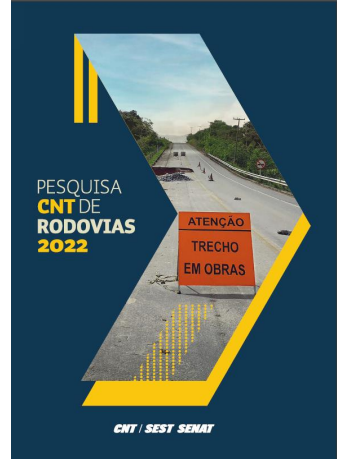
EM 1000 TONELADAS EQUIVALENTES DE PETRÓLEO E EM PERCENTUAL (%) - 2021



Fonte: Elaboração CNT, com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2022).

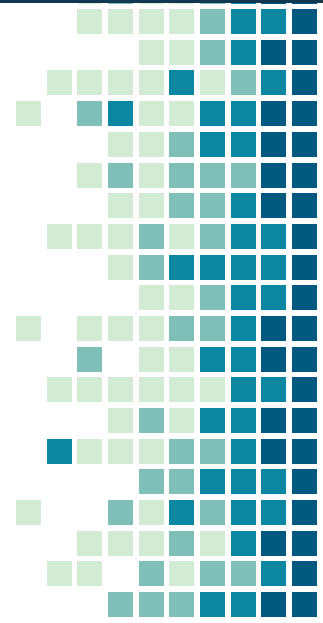
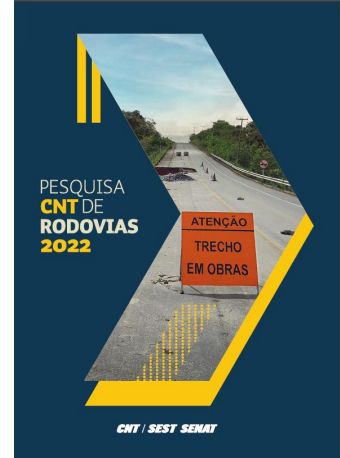
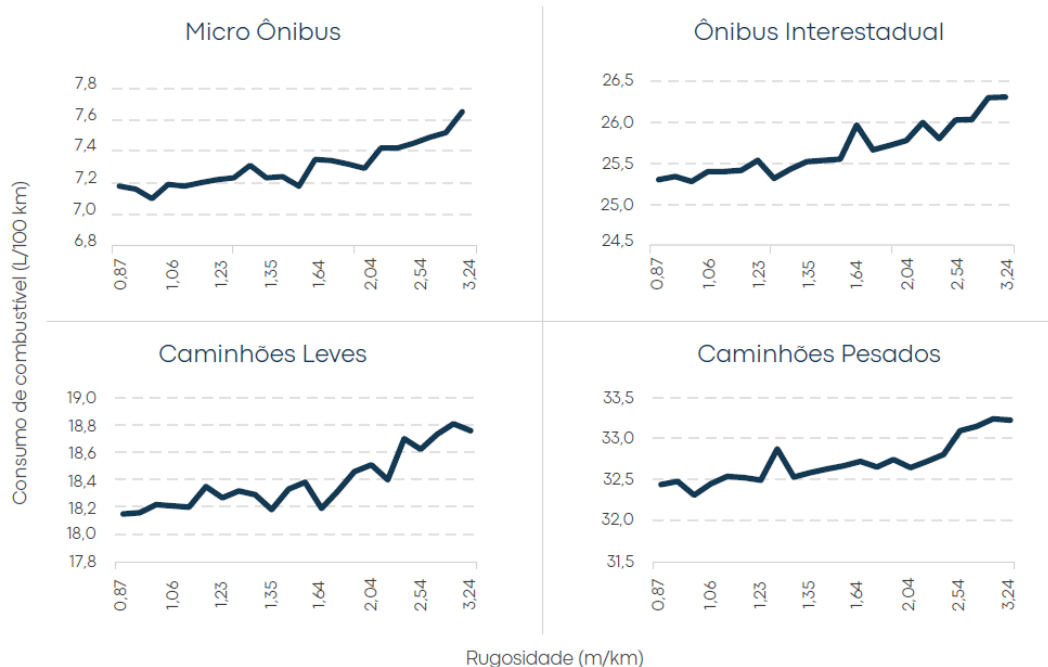


EM MILHÕES DE TONELADAS DE DIÓXIDO DE CARBONO (Mt CO₂eq)



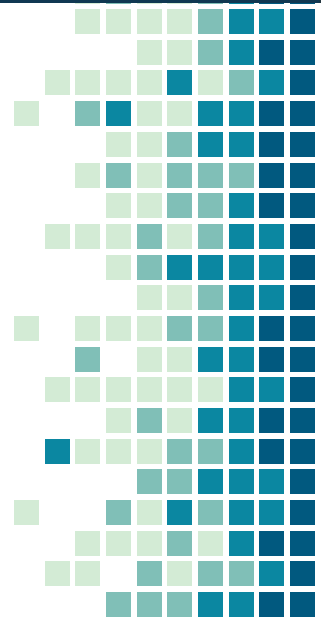
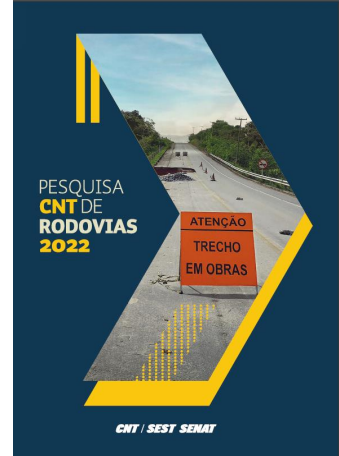
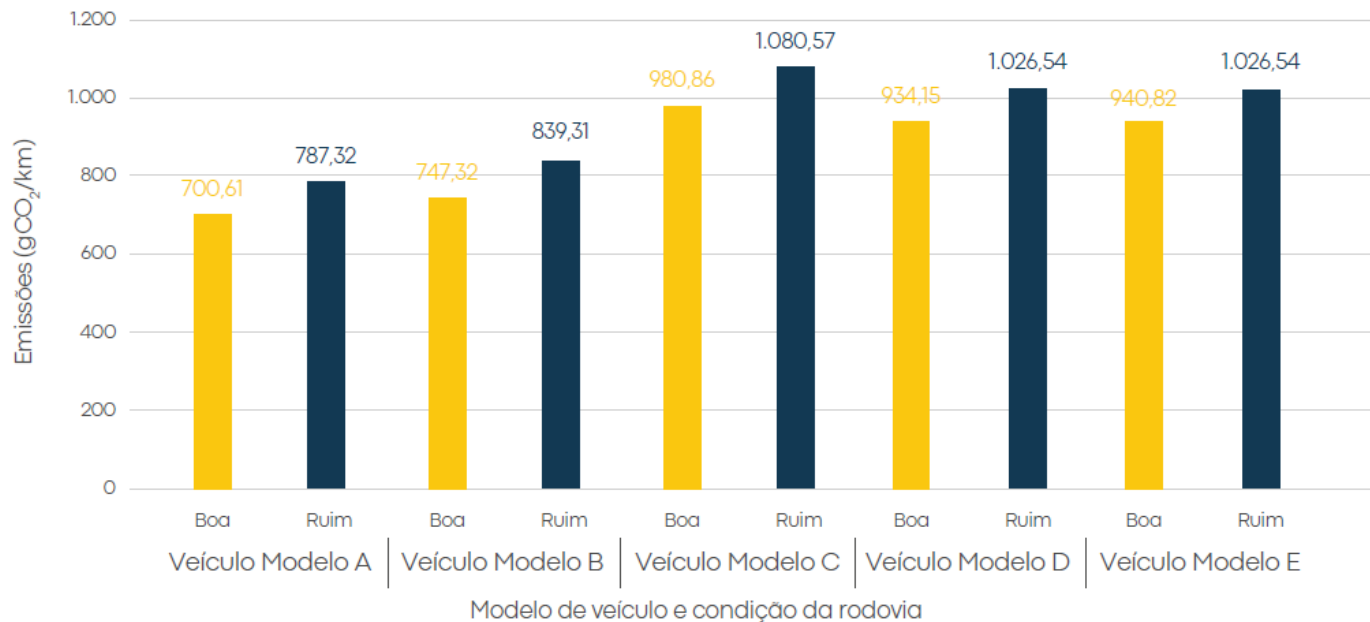
Nota: Dados primários do gráfico são do Balanço Energético Nacional e Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2016.

VARIAÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM RELAÇÃO AO IRI DAS RODOVIAS (m/km) TRANSITADAS POR VEÍCULOS RODOVIÁRIOS

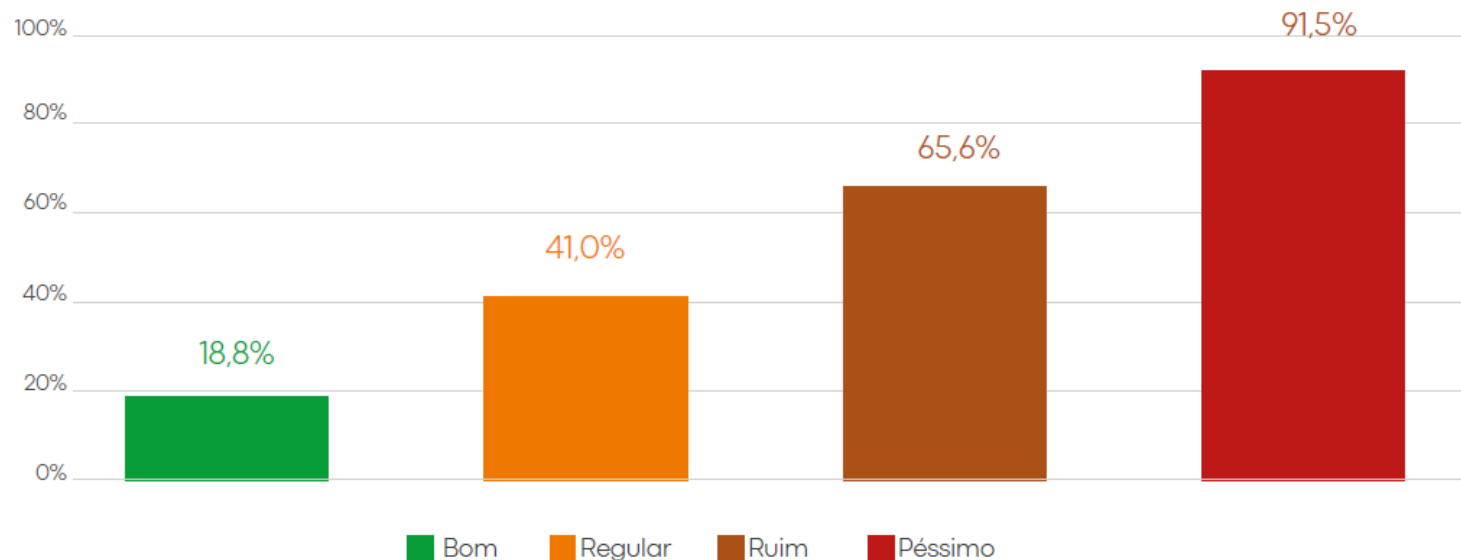


Fonte: Elaboração CNT, com dados do estudo de Liu, Xie e Zhang (2021), publicado na revista americana *Advances in Civil Engineering*.

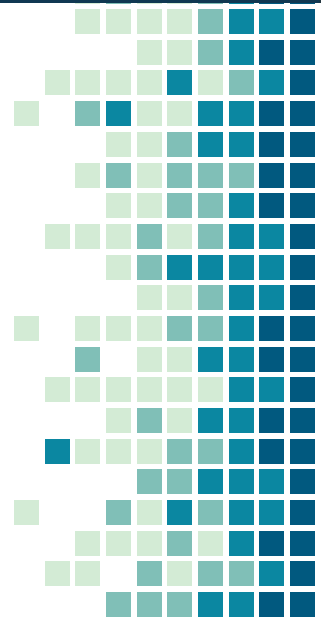
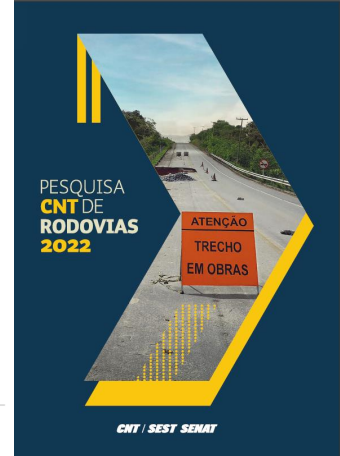
EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUILÔMETRO RODADO (gCO₂/km) EM CONDIÇÕES DE RODOVIAS DISTINTAS



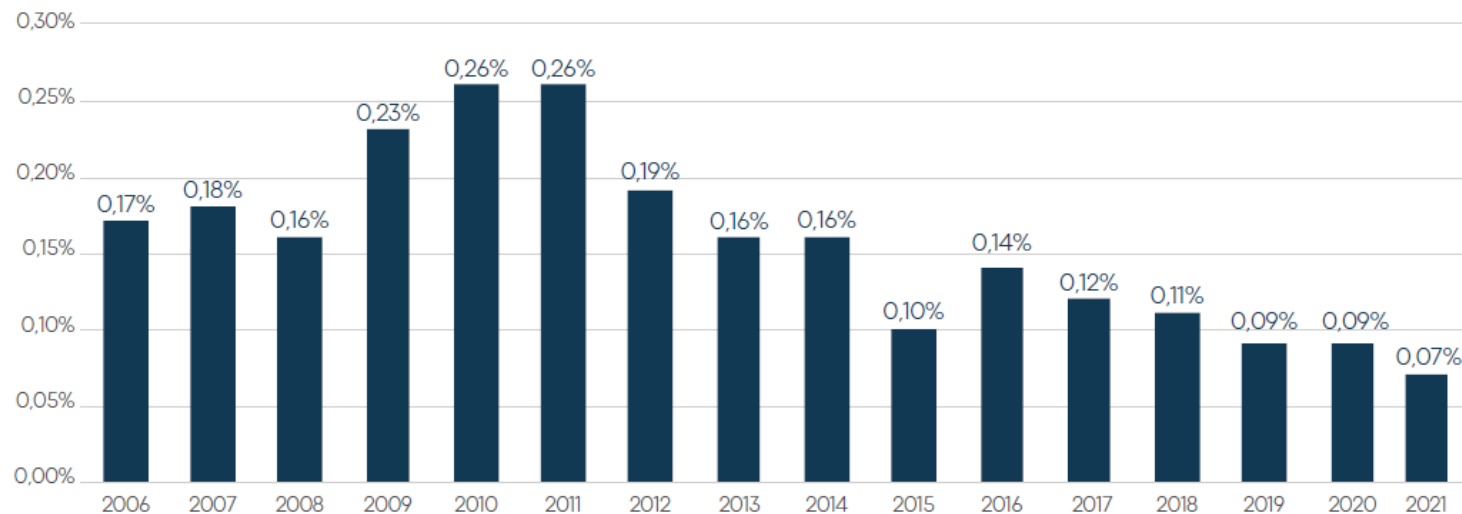
AUMENTO DO CUSTO OPERACIONAL DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS CONFORME O ESTADO DO PAVIMENTO



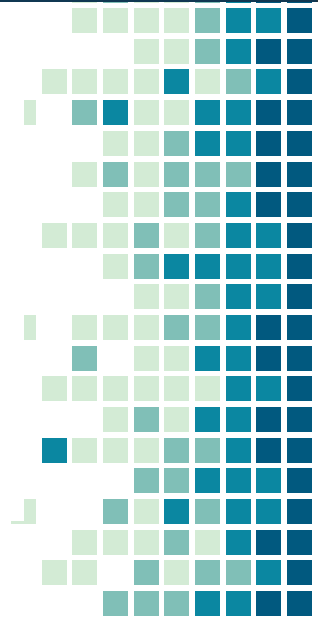
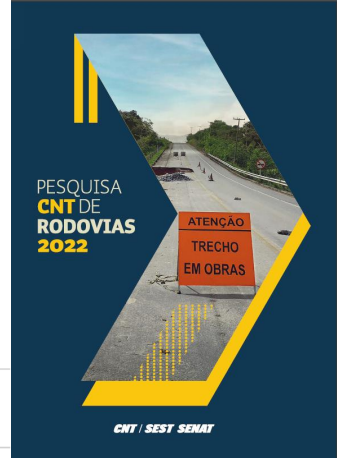
Fonte: Elaboração CNT, com dados da NTC & Logística.



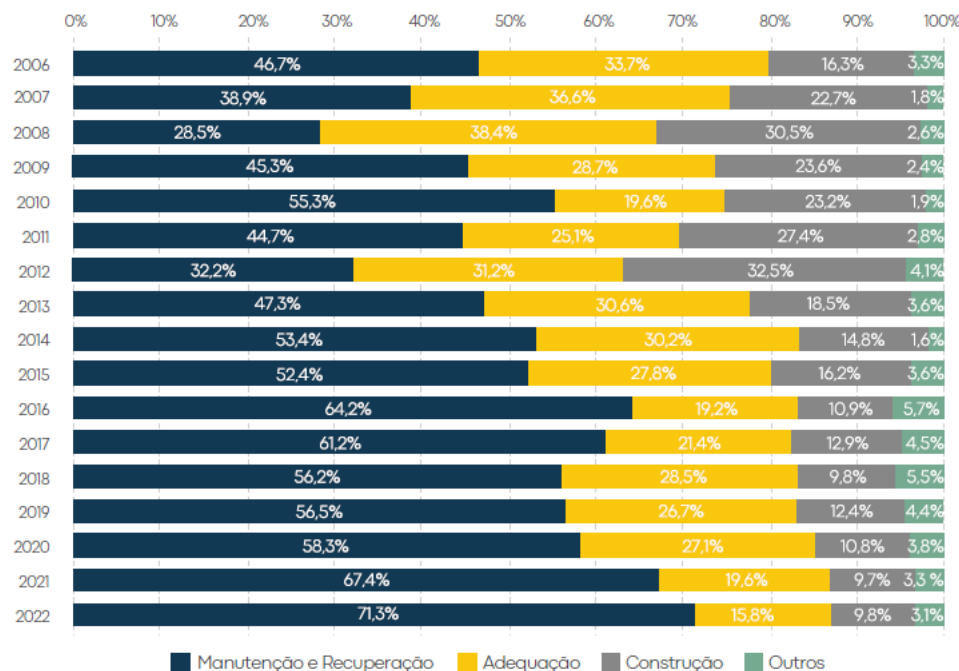
INVESTIMENTO PÚBLICO FEDERAL EM RODOVIAS NO BRASIL COMO PERCENTUAL DO PIB – 2006 A 2021



Nota: Elaboração CNT, com dados de Siga Brasil e IBGE.



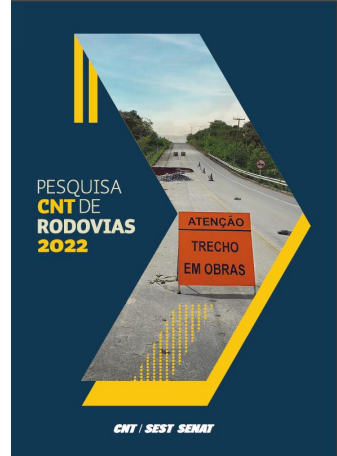
INVESTIMENTO PÚBLICO FEDERAL EM RODOVIAS NO BRASIL POR TIPO DE INTERVENÇÃO* - 2006 a 2022*



*Classificação CNT 2021 a partir das Ações Orçamentárias.

**Valor total pago de 2022 até agosto. As diferenças entre a soma das parcelas e respectivos totais são provenientes do critério de arredondamento.

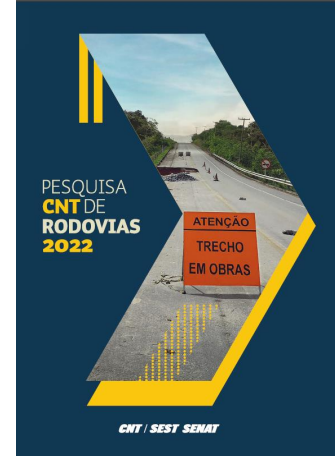
Fonte: Elaboração CNT, com dados do Siga Brasil.



O Brasil possui cerca de **65,0% de sua matriz de transporte de cargas** dependente do modo rodoviário⁸², responsável também por **95,0% do transporte de passageiros**. Uma vez que o setor representa uma atividade-chave da economia, influenciando no preço dos bens e serviços, a qualidade das rodovias se torna fundamental para definição do nível de produtividade nacional e para a redução do chamado “**custo Brasil**”⁸³

⁸² Boletim Unificado CNT, de agosto de 2022. Link de acesso: cnt.org.br/boletins

⁸³ Representa o conjunto de dificuldades adicionais estruturais, burocráticas, trabalhistas e econômicas que geram custos e prejudicam o crescimento do país. Consulta em: 23 de set. 2022. Link de acesso: gov.br/produtividade-ecomercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/reducao-do-custo-brasil/sobre-o-projeto-1



O CENÁRIO NAS CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS NO BRASIL

2021

2022

O setor em números - 2021

25.028 Km

DE RODOVIAS
concedidas

73

CONCESSIONÁRIAS
em operação
(47 associadas)

R\$11,6

BILHÕES
aplicados

26.537 km
de rodovias
concedidas

75

concessionárias
em operação (52 associadas)

R\$15,4
bilhões
aplicados

53 mil
pessoas
empregadas



R\$6,19

BILHÕES
investidos em melhorias
nas rodovias

R\$5,41

BILHÕES
aplicados na manutenção
e operação

R\$3,37

BILHÕES
gerados em tributos
federais

R\$1,48

BILHÃO
pagos ao poder
concedente (outorga)

R\$980

MILHÕES
gerados em impostos
municipais



R\$9,5
bilhões
investidos em melhorias
nas rodovias

R\$5,9
bilhões
investidos na
manutenção e operação

R\$3,7
bilhões
gerados em tributos
federais

R\$1,1
bilhão
gerado em impostos
municipais

2021

Cerca de 25 mil quilômetros de rodovias a serem concedidas nos próximos anos

O setor de concessões de rodovias vive uma nova e promissora etapa de sua história. Em meio à crise econômica gerada pela pandemia de Covid-19, o Governo Federal licitou três trechos de rodovias, com mais de R\$ 24 bilhões em investimentos previstos.

O setor se prepara para viver um aumento histórico e desafiador da malha rodoviária concedida em função das crescentes dificuldades fiscais do poder público. Para os próximos anos, a expectativa é de duplicação da extensão dos trechos rodoviários concedidos, com a adição cerca de 25 mil quilômetros com novas licitações a serem realizadas pelo Governo Federal e por estados da federação. Um crescimento jamais registrado, que só reforça a relevância do setor para o desenvolvimento econômico do País.



Estadual	6.924 km
Federal	18.260 km
Total	25.184 km

2022

Perspectivas de futuro para o setor

A despeito dos desafios e das dificuldades recentemente enfrentadas pelo Brasil e pelo mundo, sobretudo com a crise de Covid-19, pode-se dizer que o setor de concessões de rodovias vive uma etapa promissora de sua história.

Prova disso é que, só em 2022, foram **mais de 3 mil km** de rodovias licitadas, com **mais de R\$ 34 bilhões** em investimentos previstos. Atualmente operando mais de 26 mil km no País, as concessionárias de rodovias aportaram, de 1998 até 2022, **mais de R\$ 236 bilhões** na modernização e operação dos trechos que administram.

Para os próximos anos, a expectativa é de quase duplicação da extensão dos trechos rodoviários concedidos no Brasil, com a adição de cerca de **30 mil quilômetros** com novas licitações a serem realizadas pelo Governo Federal e por estados da federação.

Um crescimento inédito, que reforça que os programas de concessões de rodovia são o caminho adequado e sustentável para a infraestrutura do País, com qualidade regulatória, segurança jurídica e alinhadas aos mais altos padrões éticos de integridade.



Estadual	6.881 km
Federal	23.228 km
Total	30.109 km

Fonte: RADAR PPP (www.radarppp.com)

ÍNDICE ABCR

O Índice ABCR é calculado com base no fluxo total de veículos que passa pelas praças pedagiadas.



VEÍCULOS LEVES

CARROS, MOTOCICLETAS E CAMINHONETES

RELAÇÃO COM:

CONSUMO DA POPULAÇÃO
RENDIA DISPONÍVEL
EMPREGO

O fluxo de veículos leves aumenta na medida que as pessoas estão com poder de compra e consumo.

Quanto maior o nível de atividade, maiores serão os deslocamentos, e vice-versa.

MEDIR OS DESLOCAMENTOS NAS RODOVIAS É UMA FORMA DE, INDIETAMENTE, CAPTAR:



Níveis de atividade econômica



Consumo da população



Produção



Investimento



VEÍCULOS PESADOS

CAMINHÕES, ÔNIBUS, E TRATORES

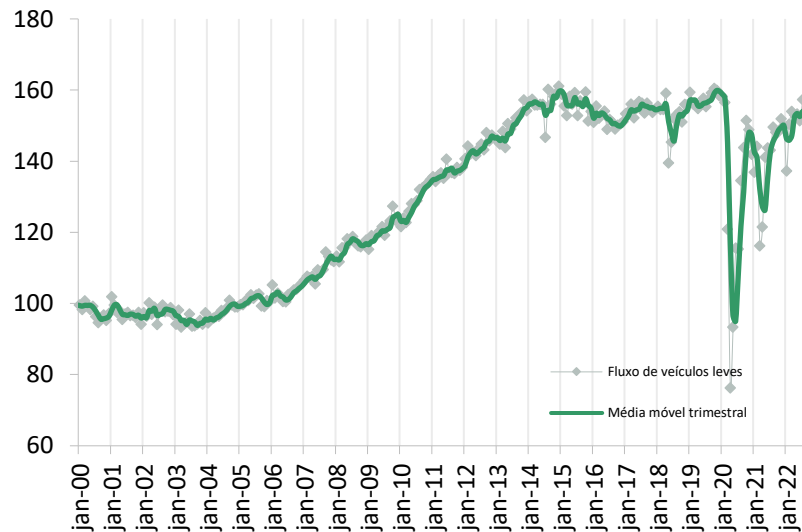
RELAÇÃO COM:

VOLUME DE PRODUÇÃO
INDÚSTRIA AGRÍCOLA

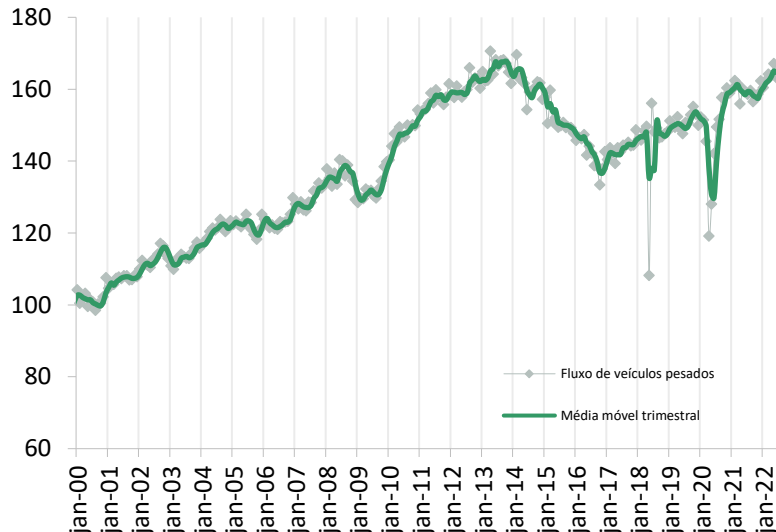
O fluxo de cargas aumenta na medida em que a produção cresce no País.

ÍNDICE ABCR

Brasil - Fluxo de veículos leves

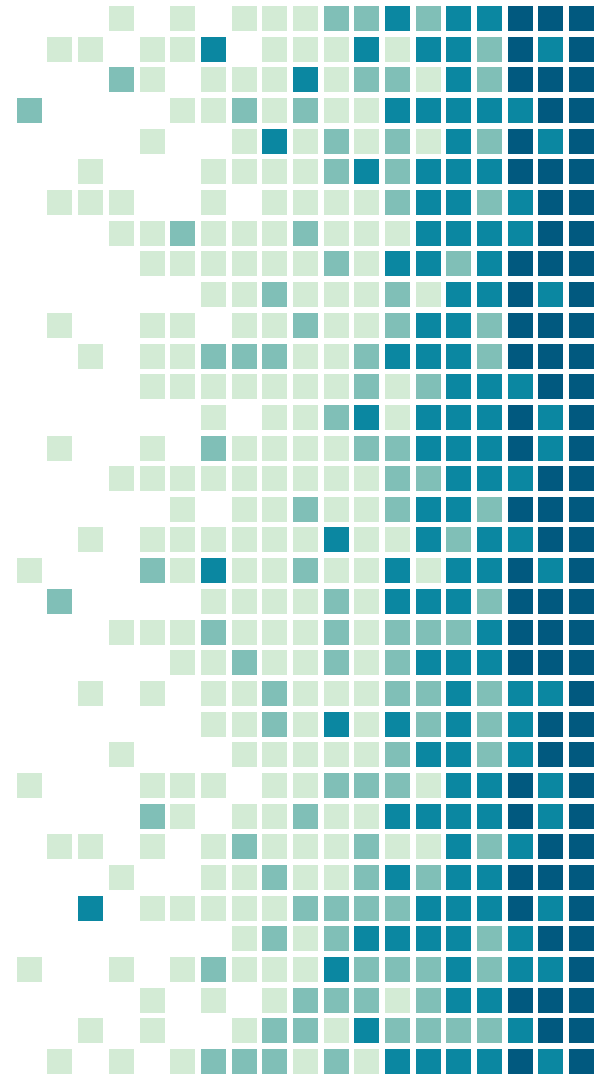


Brasil - Fluxo de veículos pesados



1.

INTRODUÇÃO SOBRE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS



OS PAVIMENTOS...

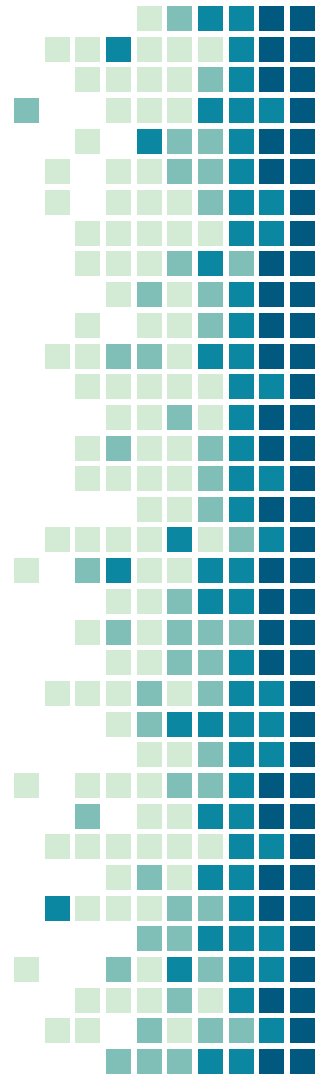
RODOVIÁRIO e URBANO

AEROPORTUÁRIO e PORTUÁRIO

FERROVIÁRIO

DE PASSAGEIROS

DE CARGA



SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)

Um SGP é um **conjunto de ferramentas** que serve para **auxiliar os tomadores de decisão** na busca de **estratégias viáveis**, para avaliar, prover e manter os pavimentos em boas condições durante um determinado período de tempo (AASHTO, 1990).

PRINCIPAIS OBJETIVOS DE UM SGP

- Usar um conjunto de **informações confiáveis** e auxiliar a tomada de decisão.
- Propiciar conforto e segurança ao usuário, **reduzindo os custos de operações dos veículos**.
- Possibilitar por meio de **critérios administrativos, técnicos, e econômicos**, as tomadas de decisões de seleção e priorização das intervenções em uma rede de pavimentos.

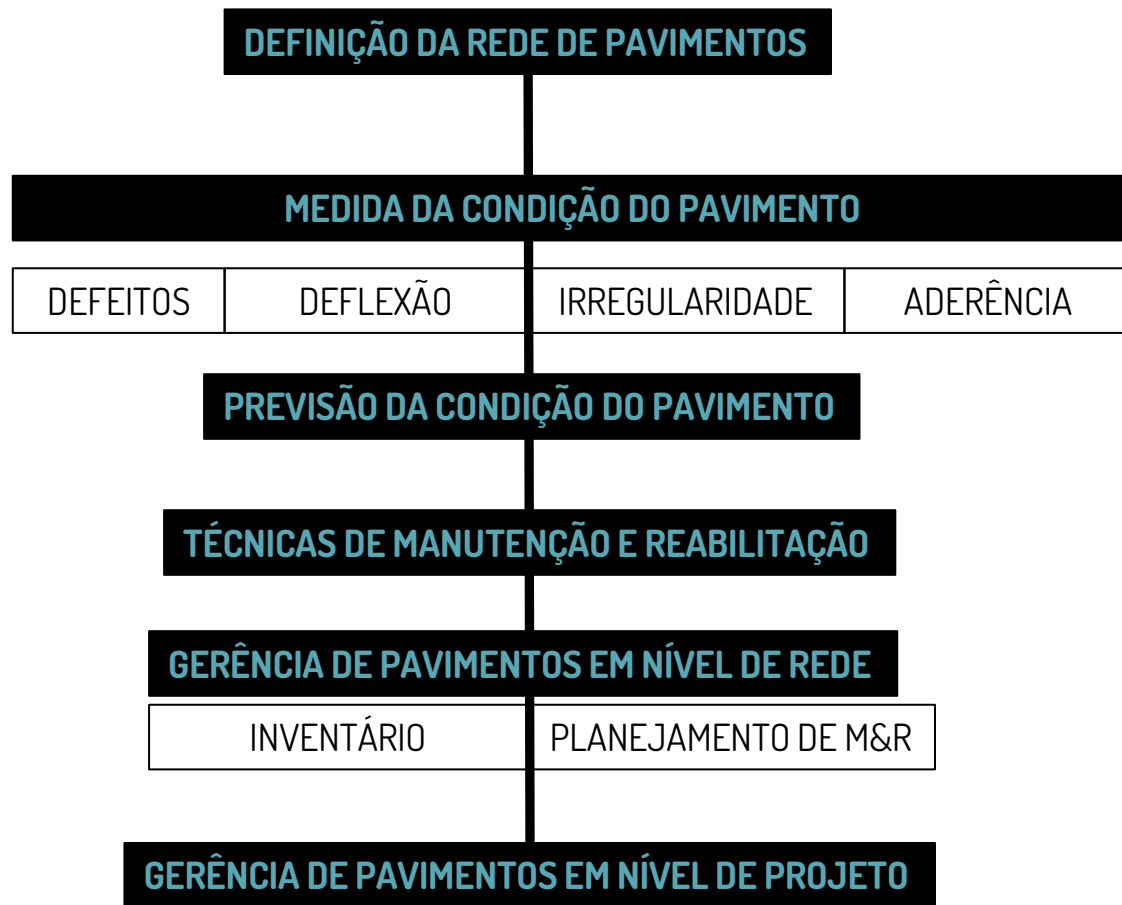


Nível de REDE x Nível de PROJETO

A Gerência em nível de rede indica os trechos prioritários da malha rodoviária que devem ser objeto de investimentos em manutenção. Já a Gerência em nível de projeto envolve atividades detalhadas do próprio projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha.



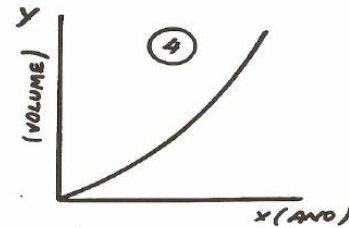
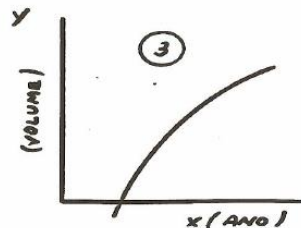
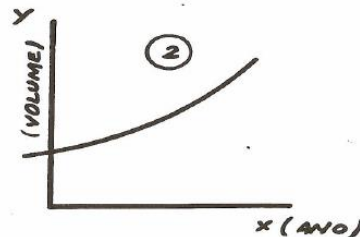
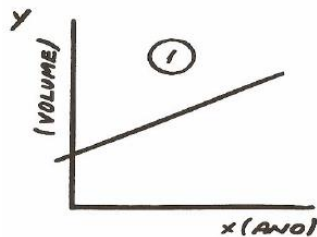
A análise em nível de rede permite a escolha das alternativas das estratégias de M&R. Em seguida, é efetuada uma análise, em nível de projeto, para a definição das atividades de manutenção ou, se for o caso, de dimensionamento de reforços ou de restauração. A partir destas definições, são efetuadas as análises econômicas e estabelecidas as prioridades.



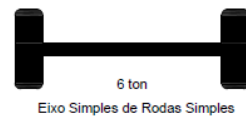
TRÁFEGO RODOVIÁRIO

PROJEÇÃO DO TRÁFEGO ► PREVISÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

Regressão	Equação	Tipo
linear	$y = a + bx$	1
exponencial	$y = a \cdot e^{bx}$	2
logarítmica	$y = a + b \cdot \ln x$	3
potencial	$y = a x^b$	4



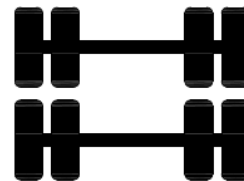
TRÁFEGO RODOVIÁRIO



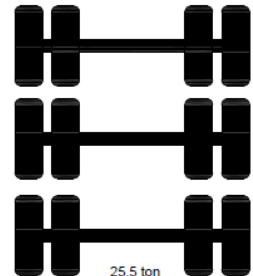
6 ton
Eixo Simples de Rodas Simples



10 ton
Eixo Simples de Rodas Duplas



17 ton
Eixo Tandem Duplo



25,5 ton
Eixo Tandem Triplo

1985

Lei nº 7.408
Tolerância máx.
permitida de **5%**
(PBT e eixos)

1999

Res. nº 102/99
Tolerâncias máx. de 5%
para o PBT e **7,5% para**
os eixos

2007

Res. nº 258/99
Decisão de alteração da
tolerância da carga por
eixo para 5%

2014

Res. nº 489/14
Decisão de alteração da
tolerância da carga por
eixo para 7,5% ou 10%, a
depende do
cumprimento aos limites
do PBT

2015

Lei nº 13.103
Tolerância máx.
permitida de **10%**
para as cargas por
eixo

2021

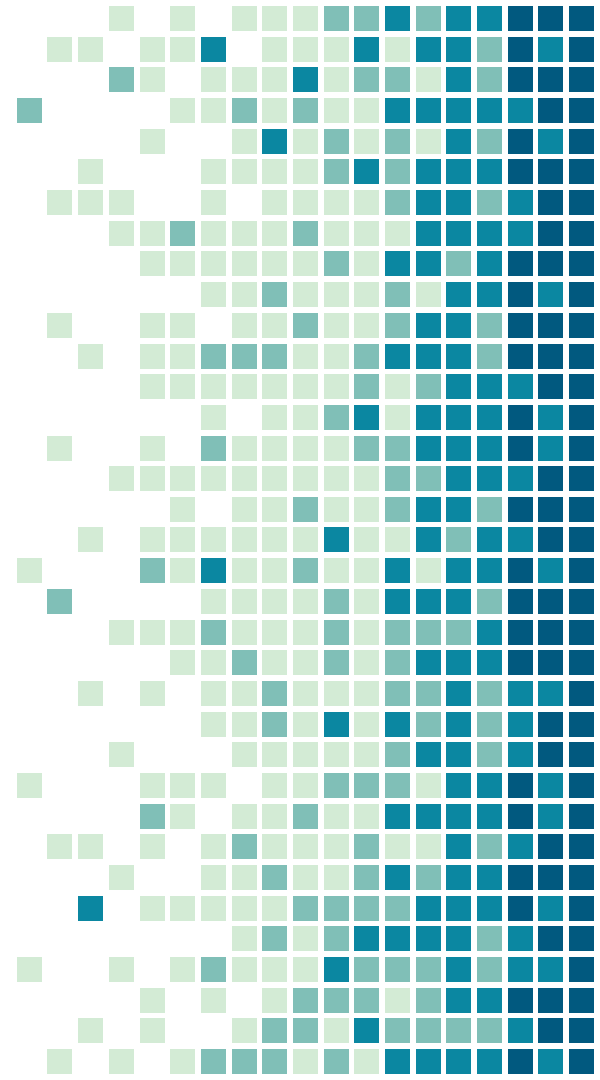
Medida Provisória nº 1050
de 18/maio/21
Tolerâncias máx. de 5% para
o PBT e **12,5% para os eixos** (até 50ton somente pelo PBT)



2.

MONITORAÇÃO

Objetiva, Funcional, Segurança,
Estrutural

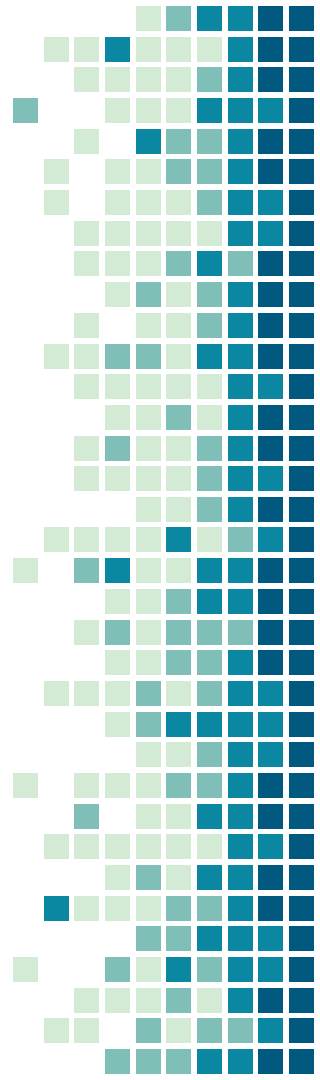


SERVENTIA

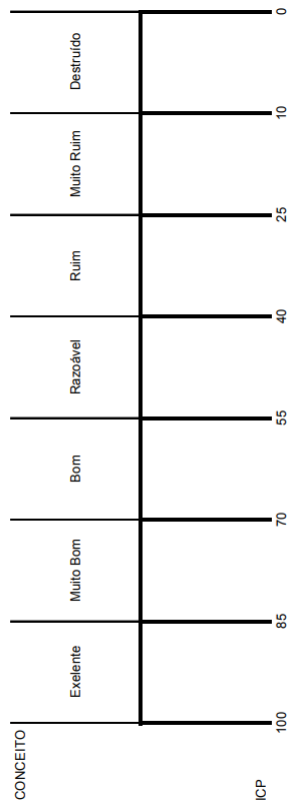
A **serventia** é a capacidade que um pavimento tem de propiciar conforto, segurança e economia ao usuário.

A **recomposição da serventia** ou **reabilitação de um pavimento** pode ser necessária devido a uma ou mais das razões citadas a seguir:

- Qualidade de rolamento inadequada;
- Excesso de defeitos de superfície;
- Redução da aderência pneu-pavimento;
- Necessidade excessiva de serviços de conservação;
- Custos elevados para o usuário;
- Capacidade estrutural inadequada para a solicitação de tráfego prevista.



AVALIAÇÃO OBJETIVA



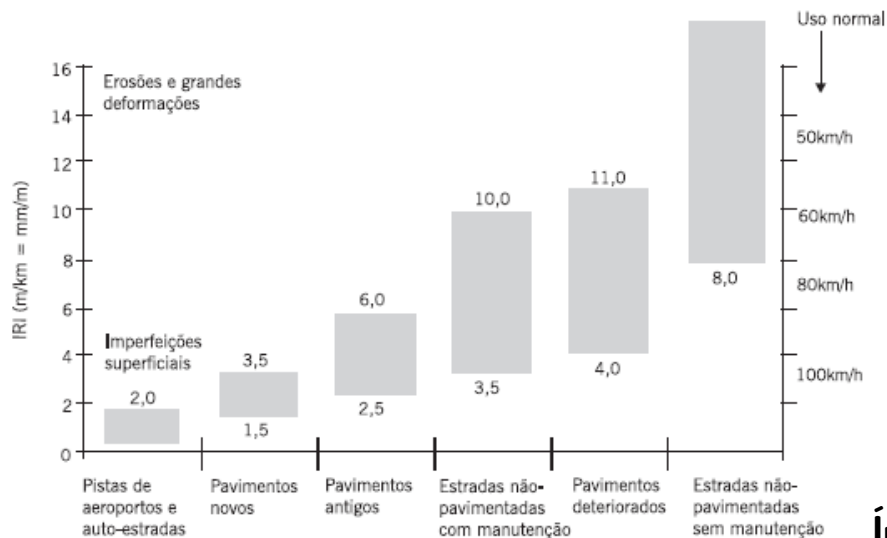
Índice de Gravidade Global (IGG) - DNIT 006/2003 PRO

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

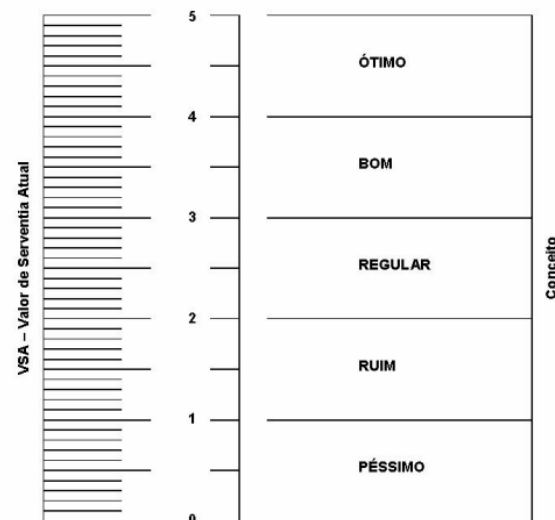
Índice de Condição do Pavimento (ICP, ou do inglês PCI) - DNIT 062/2004 PRO

AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Conforto



Valor de Serventia Atual (VSA) - DNIT 009/2003 PRO



Índice de Irregularidade Longitudinal
(do inglês, IRI)

AVALIAÇÃO FUNCIONAL (cont.)

Irregularidade - Equipamentos



MERLIN



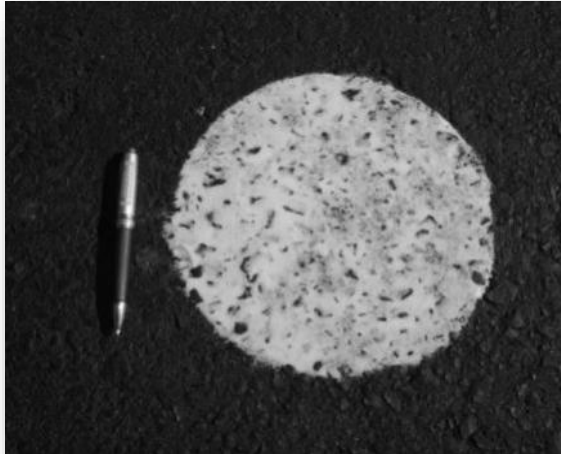
LASER

AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

Aderência em Pista Molhada - MACROTEXTURA

Mancha de Areia
(ASTM E 965-96 2001)

Altura Média de Mancha de Areia (Hm)



MPD (Mean Profile Depth) a Laser



AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

Aderência em Pista Molhada - MICROTEXTURA

PÊNDULO BRITÂNICO
ASTM E 303 (2008)

VRD (Valor de Resistência à Derrapagem)



GRIPTESTER
ASTM E 1844 (2008)



AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Capacidade de Carga

Destrutiva (Extração de amostras)



Fonte: Profa. Liedi Bernucci

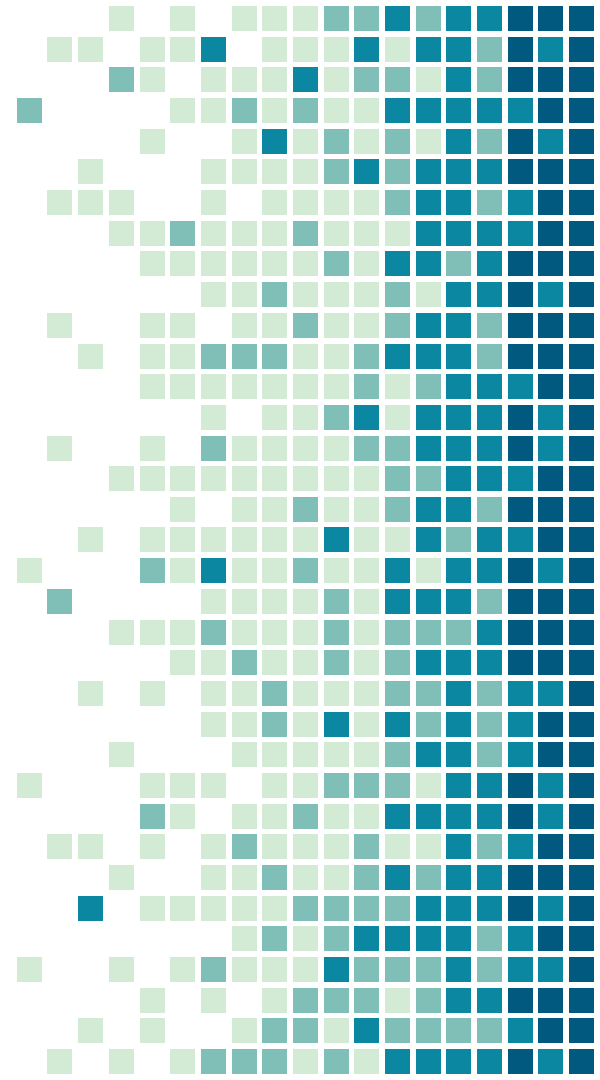


Não Destrutiva (Levantamento deflectométrico)



3. MODELOS DE DESEMPENHO

Objetivos e Tipos de Modelos



OBJETIVOS

- ⚙️ Previsão das condições futuras dos pavimentos;
- ⚙️ Formulação de programas de monitoração.
- ⚙️ Avaliação de consequências de adoção ou retardamento de intervenções;
- ⚙️ Estabelecimento de estratégias de manutenção e de programas otimizados de investimentos;

TIPOS DE MODELOS

- ⚙ Mecanísticos – f (tensão, deformação, deflexão)
- ⚙ Empírico-Mecanístico – f (indicadores de deterioração)
- ⚙ Regressão-Matemático-Estatístico – f (tráfego, CBR, fator ambiental)
- ⚙ Subjetivos – f (experiência)

PRINCIPAIS MODELOS DE DESEMEPNNHO

Irregularidade



Trincamento por Fadiga

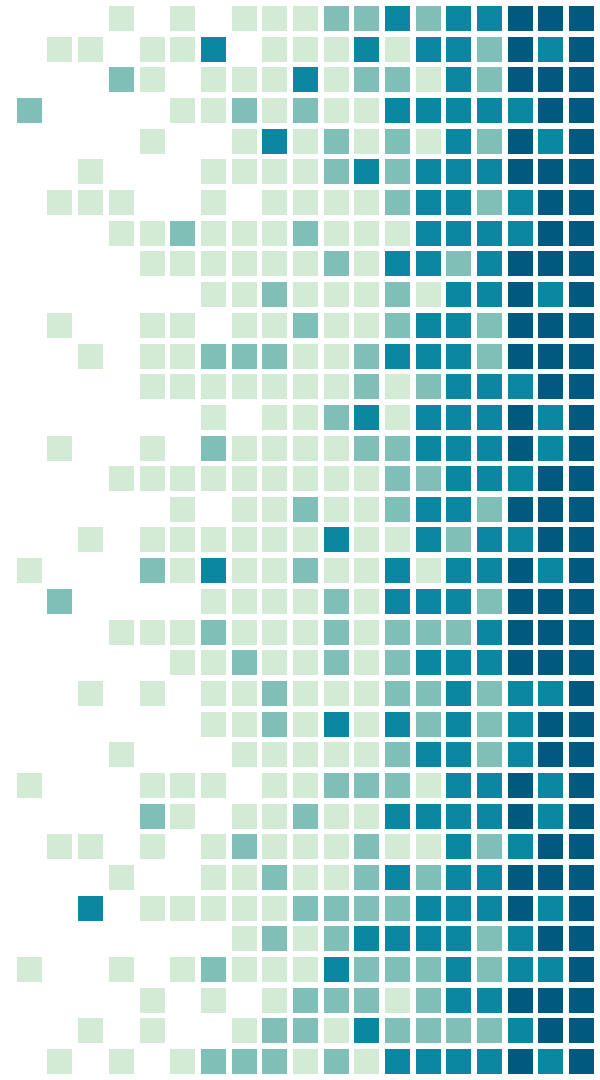


Deformação Permanente



4. TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

Sustentabilidade, Benefícios

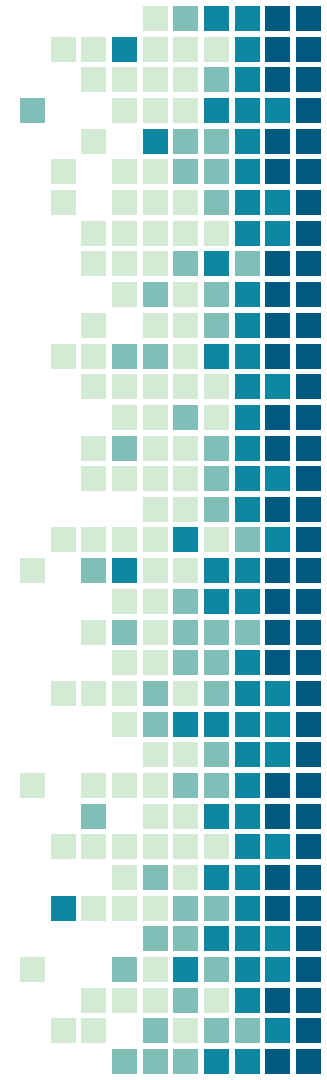


MANUTENÇÃO DE RODOVIAS

f (Tipo de Pavimento; Nível de Deterioração; Recursos Disponíveis)

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS:

- ▼ tempo de viagem
- ▼ custos operacionais
- ▲ qualidade e confiabilidade dos serviços
- ▼ acidentes
- ▼ emissões de poluentes
- ▲ competitividade do transporte de carga

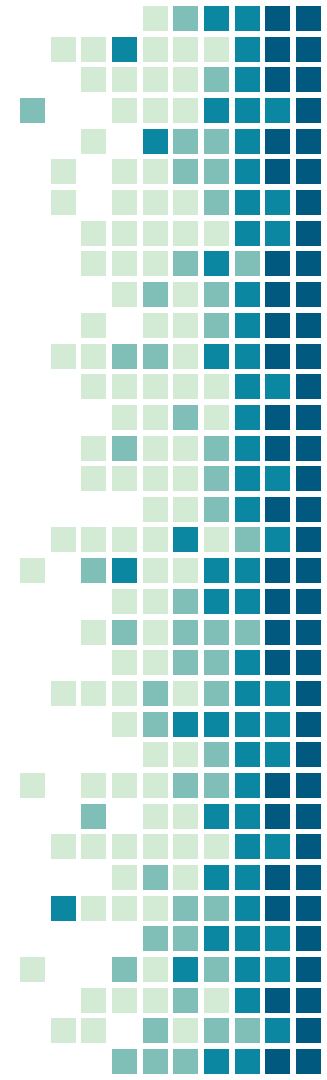


MANUTENÇÃO DE RODOVIAS

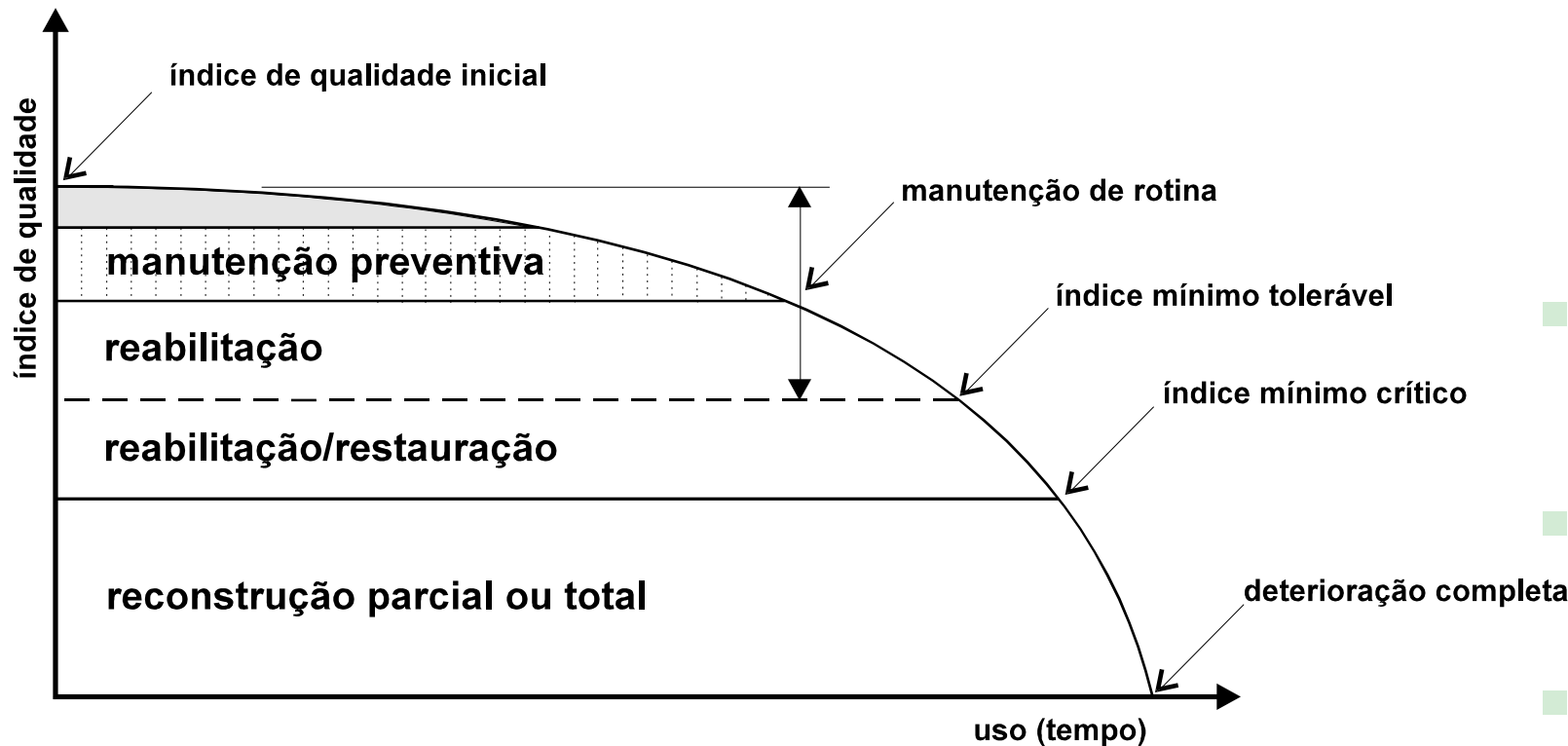
PROBLEMAS FUNCIONAIS
e
PROBLEMAS ESTRUTURAIS



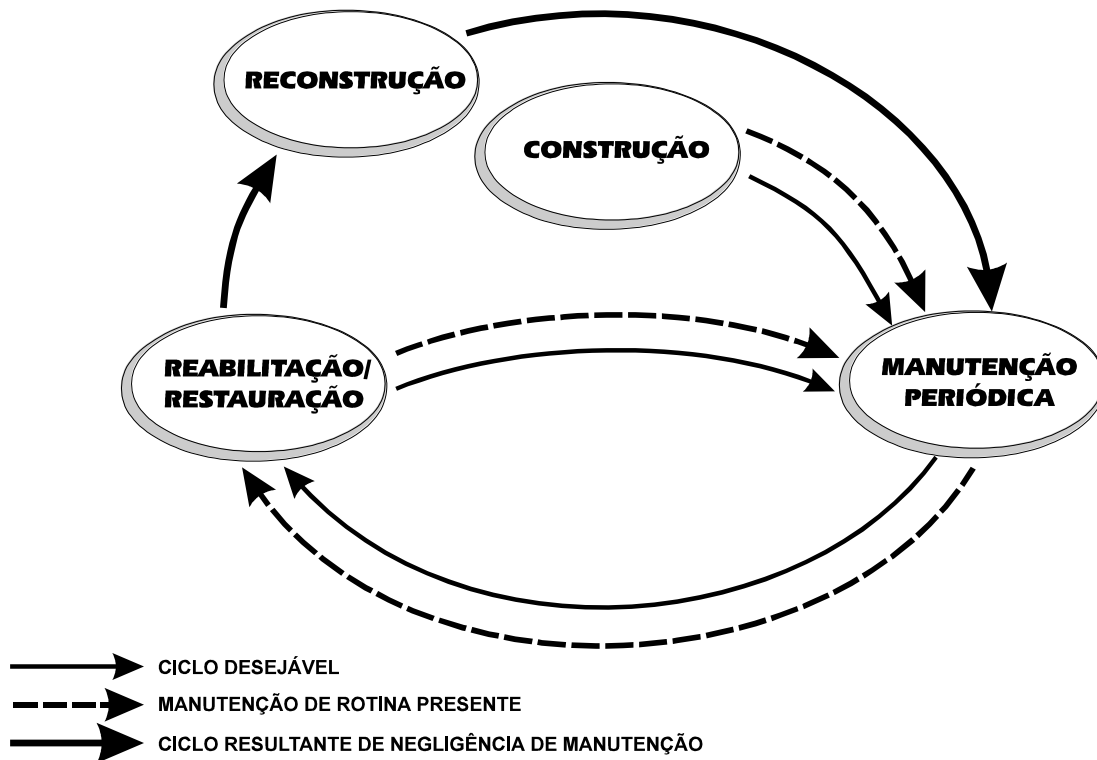
SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS



MANUTENÇÃO DE RODOVIAS

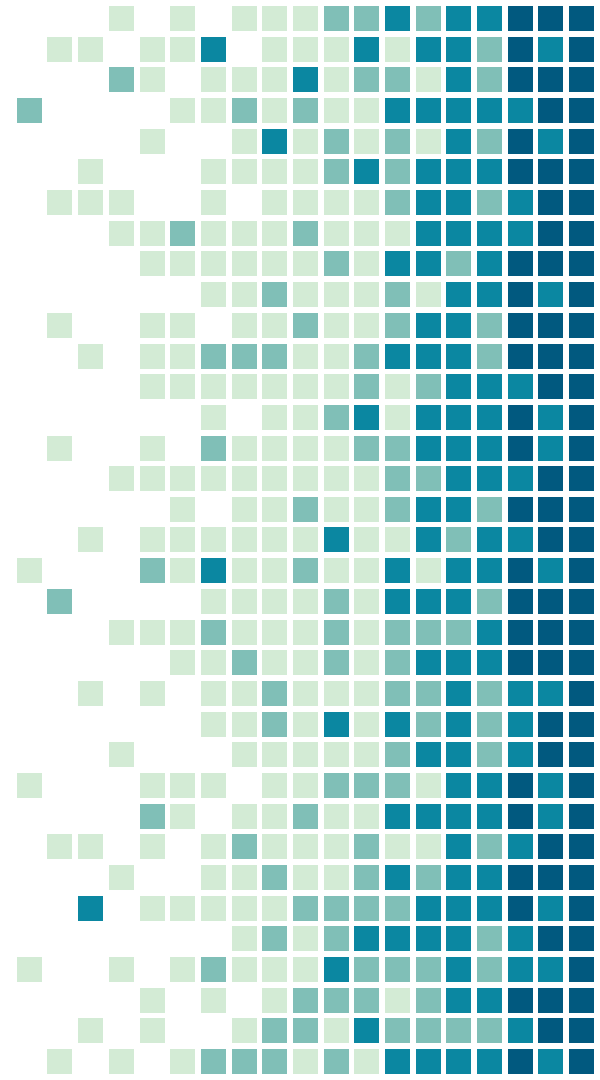


MANUTENÇÃO DE RODOVIAS



5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

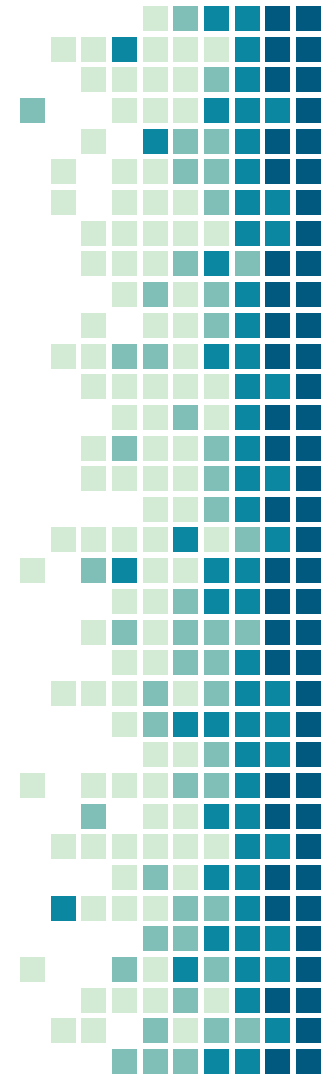
≠ financeira



INVESTIMENTOS EM RODOVIAS

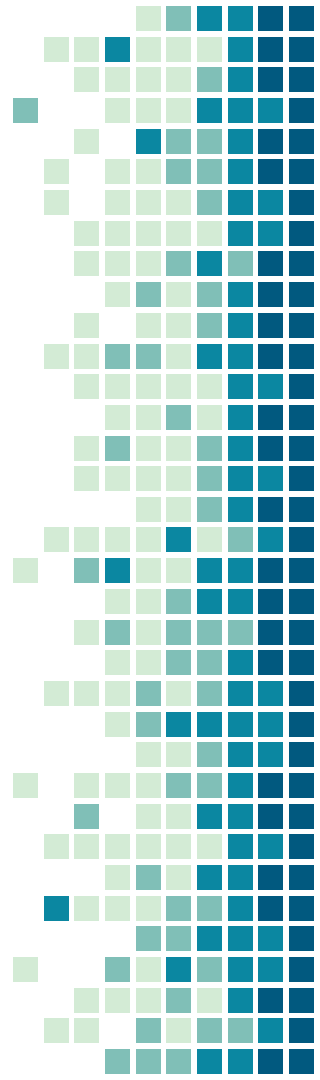
Tipos de Investimentos: Construção; Ampliação de capacidade; Extensão/Prolongamento; **Manutenção**

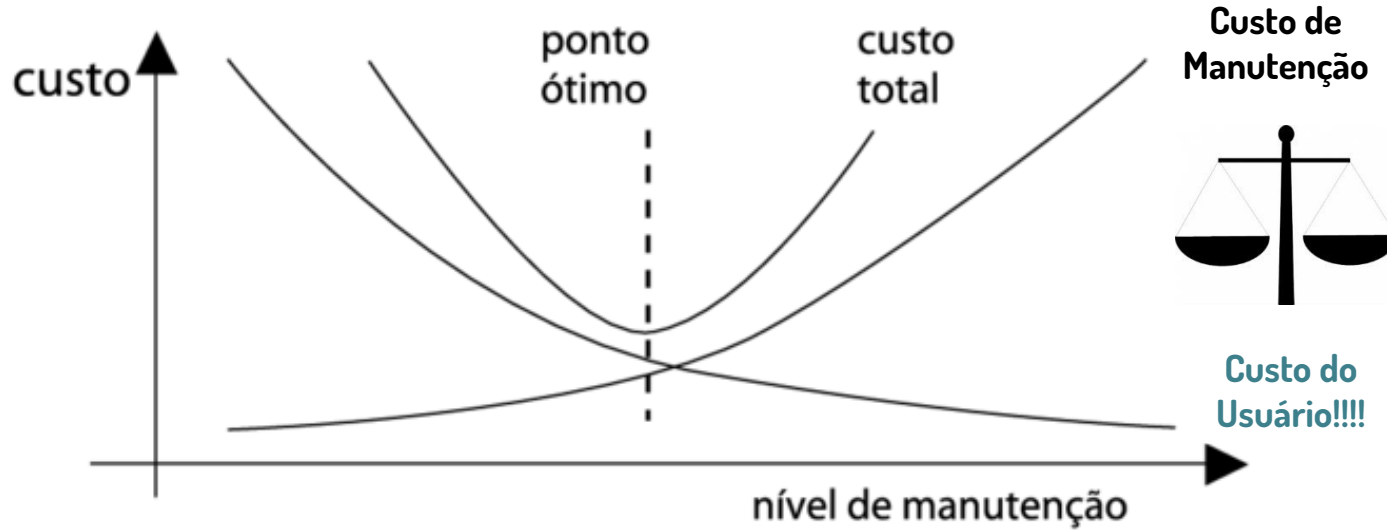
Tipos de Avaliação: Técnica; Econômica; Institucional; Financeira; Ambiental



O QUE SE OBJETIVA COM A AVALIAÇÃO ECONÔMICA?

- ⚙️ Quanto de \$ é necessário?
- ⚙️ Como utilizar o \$?
- ⚙️ Como escolher em que vias aplicar o \$?
- ⚙️ Quando aplicar em cada via?
- ⚙️ Qual a melhor alternativa para cada trecho?
- ⚙️ Como assegurar à sociedade que o recurso esteja sendo usado da melhor forma possível?





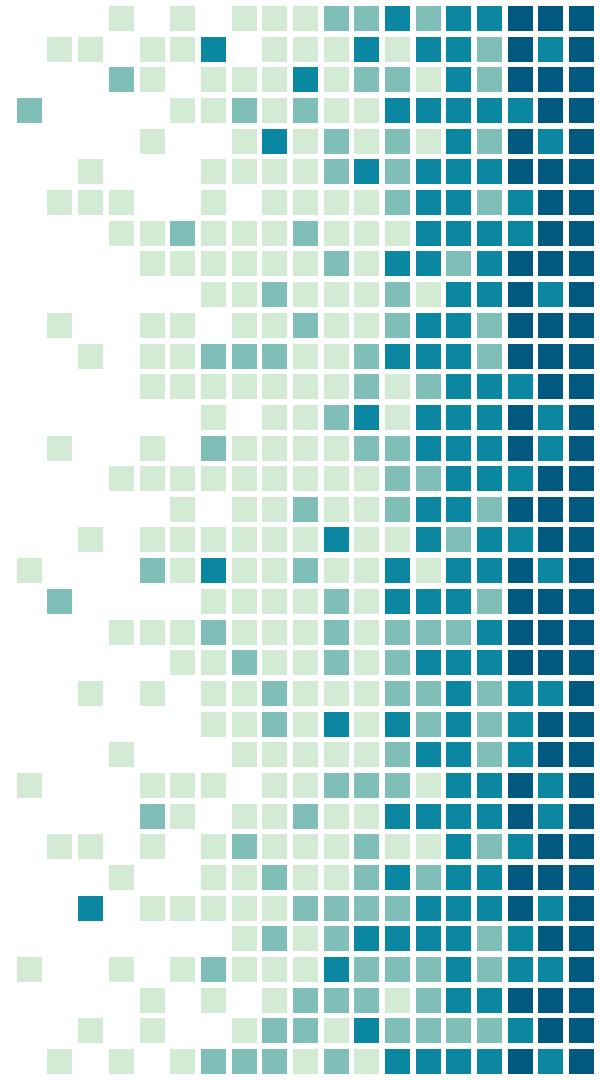
CUSTO DO USUÁRIO

- ⚙️ **Custo operacional dos veículos** (combustível, pneu, óleos, manutenção, desgaste) – f (geometria e condições da via, estado da superfície do pavimento)
- ⚙️ **Custo de atrasos** (depende da finalidade da viagem)
- ⚙️ **Custo de acidentes**



6. SOFTWARES DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

HDM-4



ESTRUTURA GERAL DE UM SOFTWARE DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

- ⚙️ **Avaliação de condição do pavimento** (banco de dados) – defeitos de superfície, irregularidade, condição estrutural
- ⚙️ **Avaliação de ativos** (extensões, áreas, materiais, custos)
- ⚙️ **Análise de estratégias de manutenção** (árvores decisórias, modelos de desempenho)
- ⚙️ **Orçamento plurianual**
- ⚙️ **Consultas e Relatórios**



H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

volumes **one - five**

The Highway Development and Management Series




 volume one Overview of HDM-4 THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES	 volume two Applications Guide THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES	 volume three Software User Guide THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES	 volume four Analytical Framework and Model Descriptions THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES	 volume five A Guide to Calibration and Adaptation THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES
ENGLISH	ENGLISH	ENGLISH	ENGLISH	ENGLISH
ESPAÑOL				
FRANÇAIS				
РУССКИЙ				
1	2	3	4	5
H D M - 4	H D M - 4	H D M - 4	H D M - 4	H D M - 4



Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys¹

This standard is issued under the fixed designation D5340; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of airport pavement condition through visual surveys of asphalt-surfaced pavements, including porous friction courses, and plain or reinforced jointed portland cement concrete pavements, using the Pavement Condition Index (PCI) method of quantifying pavement condition.

1.2 The PCI for airport pavements was developed by the U.S. Army Corps of Engineers through the funding provided by the U.S. Air Force (1, 2, 3).² It is further verified and adopted by FAA (4), and the U.S. Naval Facilities Engineering Command (5).

1.3 The values stated in inch-pound units are to be regarded as standard. The values given in parentheses are mathematical conversions to SI units that are provided for information only and are not considered standard.

1.4 This standard does not purport to address all of the

sample unit should be chosen. If every sample unit is surveyed, then there are no additional sample units.

2.1.2 *asphalt concrete (AC) surface*—aggregate mixture with an asphalt cement binder. This term also refers to surfaces constructed of coal tars and natural tars for purposes of this test method.

2.1.3 *pavement branch*—a branch is an identifiable part of the pavement network that is a single entity and has a distinct function. For example, each runway, taxiway, and apron areas are separate branches.

2.1.4 *pavement condition index (PCI)*—a numerical rating of the pavement condition that ranges from 0 to 100 with 0 being the worst possible condition and 100 being the best possible condition.

2.1.5 *pavement condition rating*—a verbal description of pavement condition as a function of the PCI value. Fig. 1 shows two examples of PCI rating scales.

Escala de PCI Padrão

100	BOM
85	SATISFATÓRIO
70	REGULAR
55	RUIM
40	MUITO RUIM
25	PÉSSIMO
10	FRACASSADO
0	

Índice de Condição de Pavimento. Escala de Classificação. ASTM – 5340 (Adaptada)

Fonte: RoadRunner

• Avaliação Objetiva

• Critério de Avaliação Unificado

• Norma ASTM – D 5340

UM OLHAR PARA OS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

