

Irregularidade Longitudinal de Pavimentos: Conceitos, Aplicações Práticas e Desdobramentos

Deividi da Silva Pereira (UFSM)

Lucas Dotto Bueno (UFSM)

Apoio: Equipe GEPPASV/UFSM

APRESENTAÇÃO

Universidade Federal de Santa Maria (2024)

Professores – 2.054

Técnicos Administrativos em Educação – 2.493

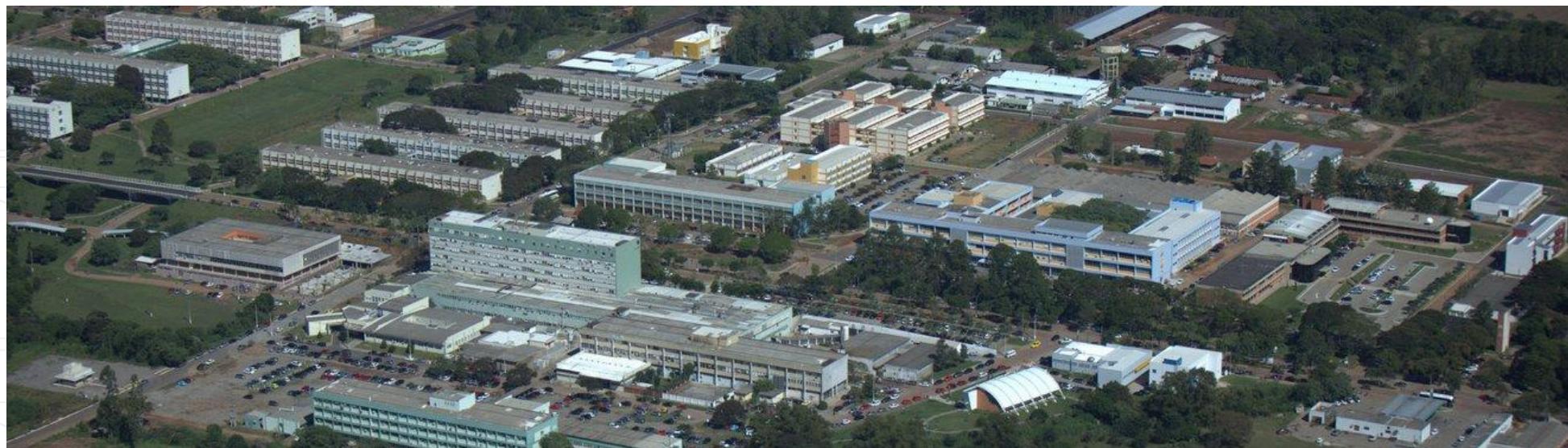
Estudantes – 26.212

Graduação – 129 cursos

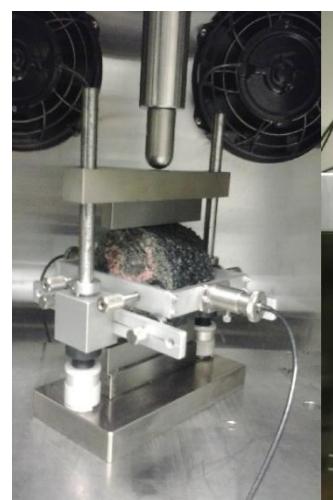
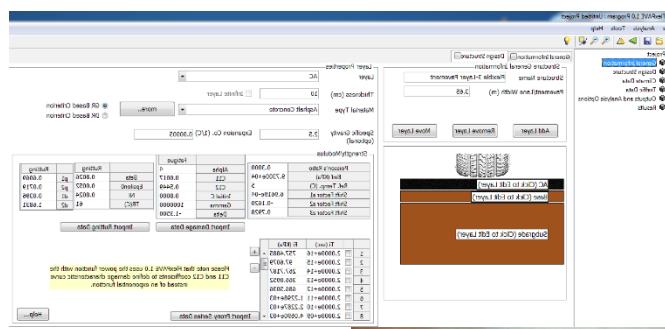
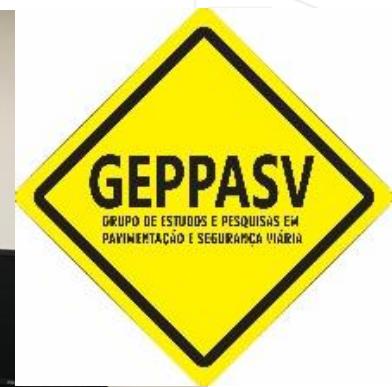
Pós-Graduação – 61 Mestrado e 34 Doutorado



1960



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

TED 545/2022 – UFSM/DNIT

OBJETO: Desenvolvimento de estudos técnicos especializados na área de dimensionamento de pavimentos asfálticos, implantação de trechos experimentais, previsão da irregularidade longitudinal e avaliação de misturas asfálticas, com o intuito contribuir com a Coordenação-Geral do Instituto de Pesquisa em Transportes (CGIPT-IPR) e a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP) do DNIT no cenário prático/tecnológico rodoviário brasileiro, visando futuras evoluções nos métodos de dimensionamentos de pavimentos

Resumidamente:

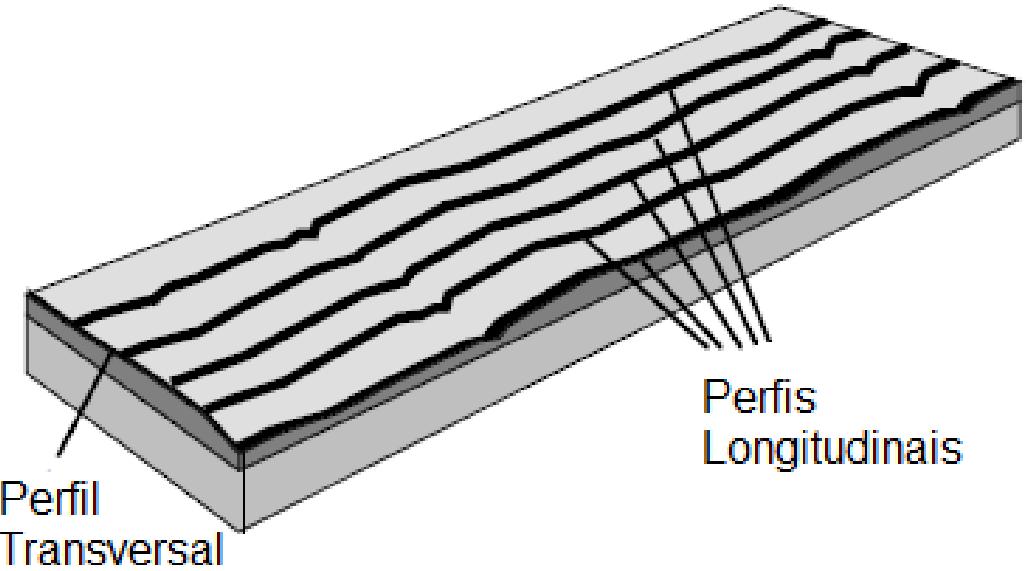
- Implantação de trechos experimentais
- **Previsão da irregularidade longitudinal**
- Avaliação de misturas asfálticas



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Conceitos iniciais:

- De acordo com DNER PRO 164/94: “é o desvio da superfície da rodovia, em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.”
- Prof. F. Domingues: “é o conjunto dos desvios de sua superfície, ao longo das trilhas de roda, em relação à superfície ideal projetada, com características tais que **afeta o movimento dos veículos, a qualidade do rolamento, as cargas dinâmicas que atuam sobre a via e a drenagem da superfície.**”

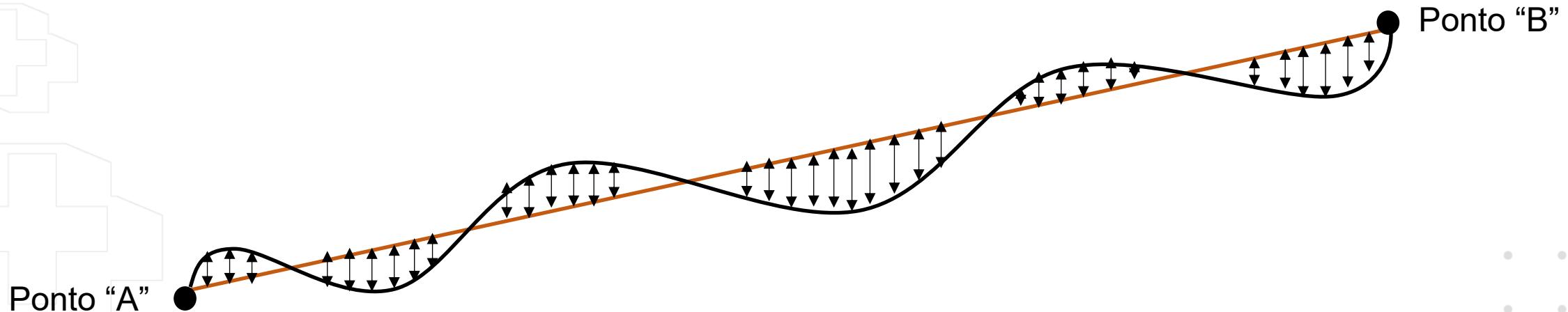


Fonte: Adaptado de Sayers e Karamilhas (1998)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Conceitos iniciais:

- A ***irregularidade longitudinal*** é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada, nas trilhas de Roda;
- A irregularidade transversal é medida no sentido transversal da pista:
 - Deformação Plástica → ATR.
- Unidades de Medida
 - Quociente de Irregularidade (QI): [cont/km];
 - **International Roughness Index (IRI)** ou Índice Internacional de Irregularidade: [**m/km**].



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Processo de Mensuração:

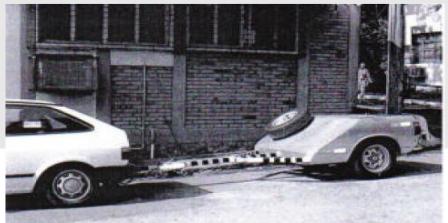
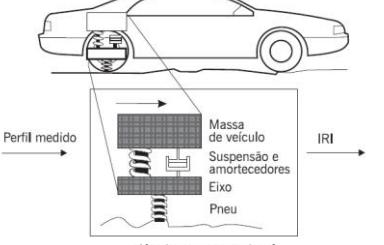
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Sistemas de medidas diretas do perfil • Método de Nível e Mira • <i>Dipstick</i>  	Sistemas baseados nas reações do veículo • Rugsímetro BPR • <i>Maysmeter</i> • <i>Bump Integrator</i> • PCA <i>roadmeter</i> , • Sistema Integrador IPR/USP  	Sistemas de medida com sonda sem contato • Perfilômetro “laser” • Perfilômetro Inercial.	Sistemas de medidas indiretas do perfil • Perfilômetro Dinâmico de superfície • Perfilômetro AASHTO • Analisador de perfil longitudinal – APL • Perfilômetro CHLOE; • MERLIN
			

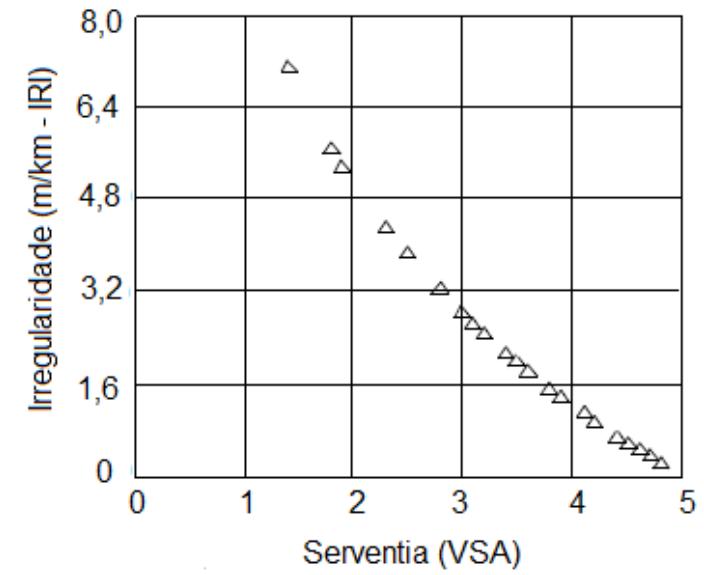
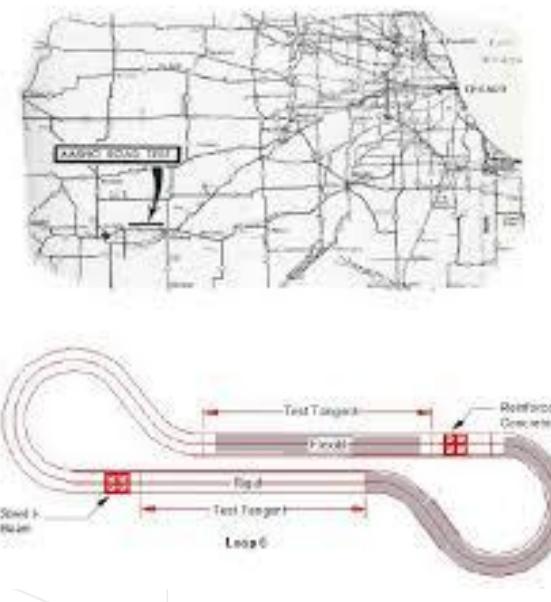
Figura 9.14 Princípio de funcionamento de equipamento tipo-resposta (Gillespie et al., 1980)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Histórico e Importância:

- AASHTO Road Test – 1956 até 1960 (Fonte: FWHA, 2022);
- Boa correlação entre serventia e irregularidade;
- Empregado em Gerência de Pavimentos;
- Gatilho para intervenções – Parâmetro de qualidade executiva e operacional;
- Utilizado para estimar custos de manutenção e reabilitação de pavimentos;
- Permite a previsão de custos operacionais;
- Há modelos de previsão de crescimento deste índice ao longo da vida útil do pavimento.



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ IRI - Valores normativos iniciais:

➤ DNIT 031/2006 – Aceitação do pavimento: **≤ 2,7 m/km.**

➤ Recentemente (**DNIT 031/2024** – Aceitação do pavimento):

➤ Pavimentos Novos: **≤ 2,0 m/km;**

➤ Restauração: ≤ 2,4 m/km.

➤ Bueno (2019) e Pavi (2019) realizaram uma proposta em função da importância hierárquica da via: **≤ 1,8 m/km (vias mais importantes)**

Conceito	IRI (m/km)
Ótimo	0,00 < IRI ≤ 1,90
Bom	1,90 < IRI ≤ 2,70
Regular	2,70 < IRI ≤ 3,50
Ruim	3,50 < IRI ≤ 4,60
Péssimo	IRI > 4,60

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)

Tipo de Via	Confiabilidade	IRI _{INICIAL} (m/km)	IRI _{MÁX} (m/km)
Sistema Arterial Principal	95%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Arterial Primário	85%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Arterial Secundário	75%	Inferior a 2,50	3,50
Sistema Coletor Primário	85%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Coletor Secundário	75%	Inferior a 2,50	3,50
Sistema Local	65%	Inferior a 2,50	3,50

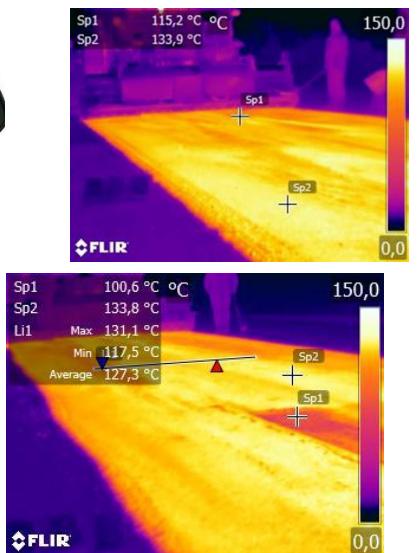
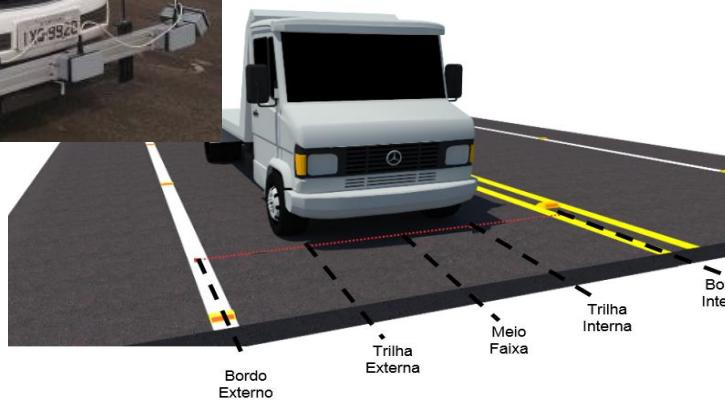
Fonte: Bueno (2019)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS



➤ Como “nasce” o IRI

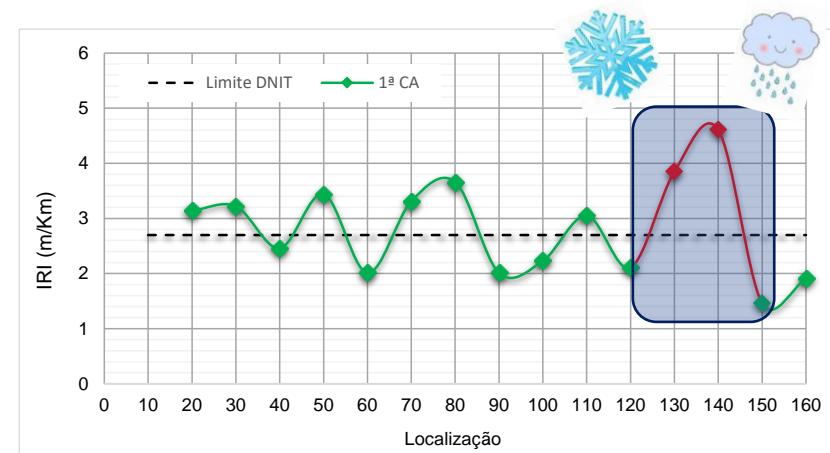
- Função da qualidade executiva das camadas e materiais empregados:
- PAVI (2019): IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR DO MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

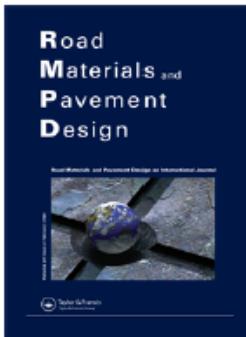
➤ Ações executivas na implantação/reabilitação para mitigar o impacto no IRI:

- Cuidado construtivo com as juntas;
- Controle adequado da temperatura de compactação;
- Evitar salgar a massa;
- Efectivo aquecimento da vibroacabadora;
- Fornecimento contínuo de massa asfáltica;
- Não expor camadas granulares por muito tempo, sobretudo sem imprimação.



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)



Road Materials and Pavement Design

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/trmp20>



Contribution to the mechanistic-empirical roughness prediction in asphalt pavements

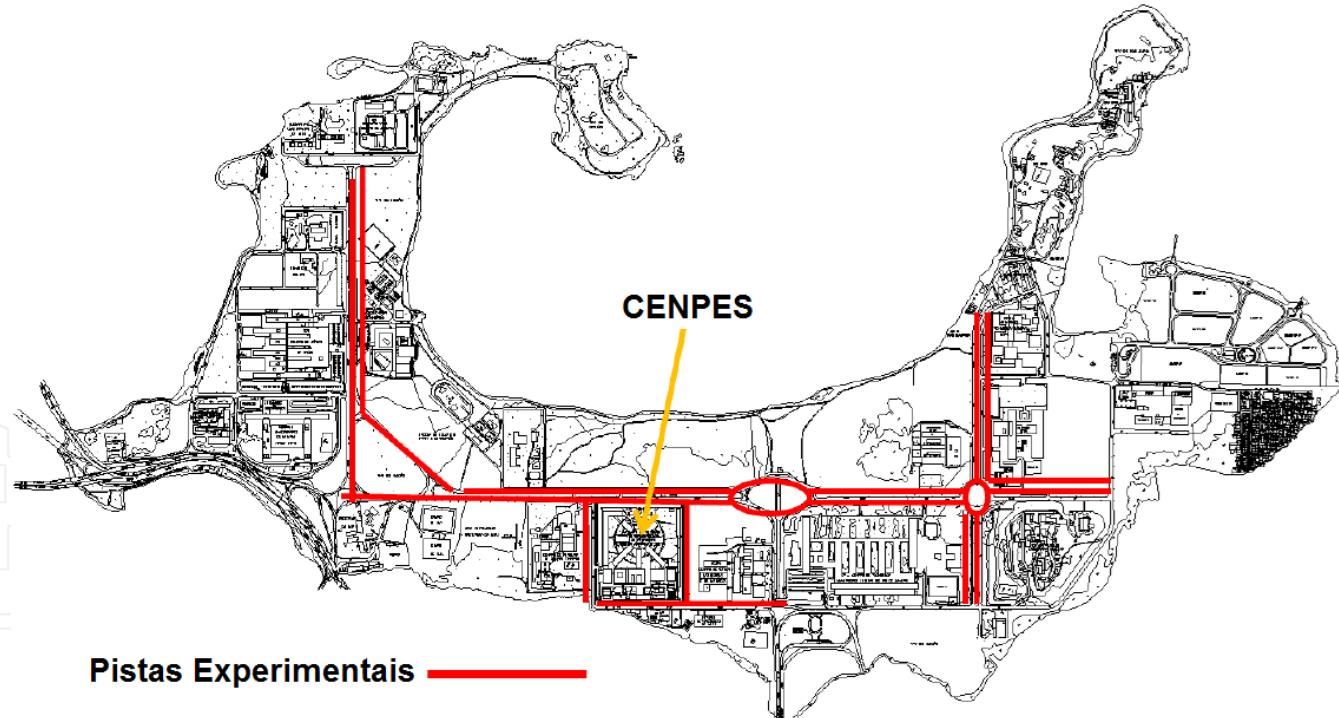
Lucas Dotto Bueno, Deividi da Silva Pereira, Luciano Pivoto Specht, Luis Alberto Herrmann do Nascimento, Silvio Lisboa Schuster, Marcos Antonio Fritzen, Youngsoo Richard Kim & Ana Helena Back

To cite this article: Lucas Dotto Bueno, Deividi da Silva Pereira, Luciano Pivoto Specht, Luis Alberto Herrmann do Nascimento, Silvio Lisboa Schuster, Marcos Antonio Fritzen, Youngsoo Richard Kim & Ana Helena Back (2022): Contribution to the mechanistic-empirical roughness prediction in asphalt pavements, *Road Materials and Pavement Design*, DOI: [10.1080/14680629.2022.2029758](https://doi.org/10.1080/14680629.2022.2029758)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/14680629.2022.2029758>

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- **Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)**
 - Trechos monitorados no Rio de Janeiro/RJ: Parceria entre *CENPES/PETROBRAS* e *COPPE/UFRJ* - “Projeto Fundão”



Fonte: Adaptado de Nascimento (2015)

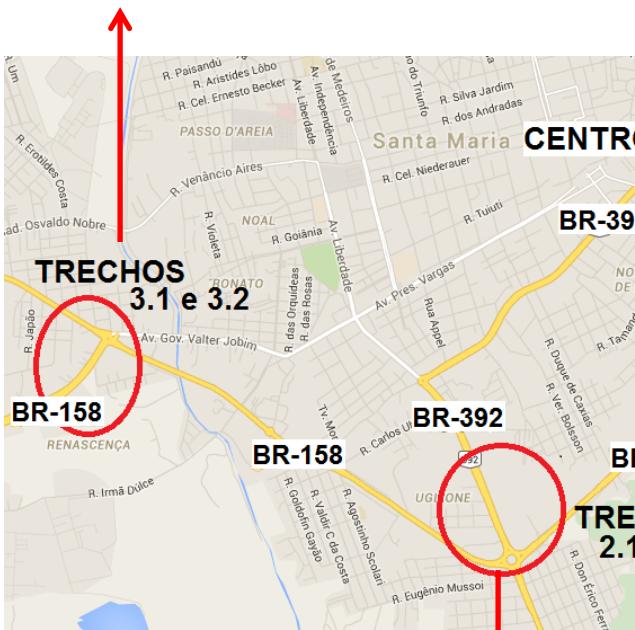
**Seleção de 27 segmentos
(Nascimento, 2015)**

Segments de
reabilitação dos
pavimentos existentes

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

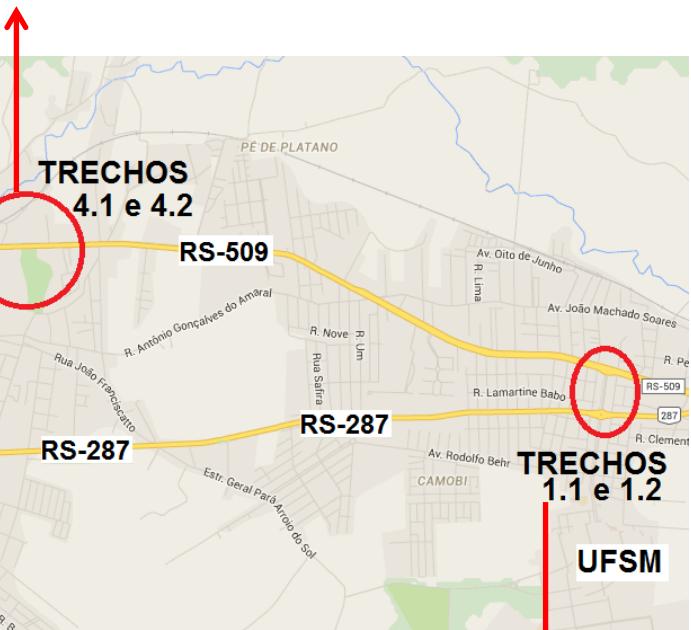
- **Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)**
 - Trechos monitorados em Santa Maria/RS: Parceria entre a *Rede de Tecnologia em Asfalto ANP/Petrobras* e a UFSM

BR-158 – “Trevo dos Quartéis”



Avenida Hélvio Basso

ERS-509 – “Faixa Velha”



Avenida Roraima

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)

MeDiNa - v.1.1.9.0 - abr/2023

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

Danos Mensais ATR Bacias de campo Completo

Mês	N equiv	ÁREA TRINCADA (%)	ATR (mm)
1	5,146e+05	0,92%	0,00
2	1,031e+06	1,18%	0,00
3	1,548e+06	1,36%	0,00
4	2,066e+06	1,51%	0,00
5	2,586e+06	1,65%	0,00
6	3,107e+06	1,77%	0,00
7	3,629e+06	1,88%	0,00
8	4,153e+06	1,98%	0,00
9	4,678e+06	2,08%	0,00
10	5,204e+06	2,17%	0,00
11	5,731e+06	2,26%	0,00
12	6,260e+06	2,35%	0,00

IRI (m/km) ???

Relatório mensal do
dano funcional

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
- Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Irregularidade Inicial (após o final do processo construtivo)



- Idade do Pavimento
- Tráfego Atuante

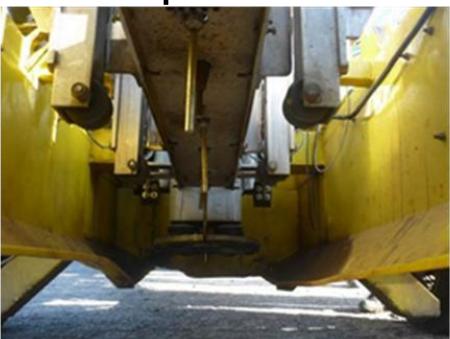


IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
- Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Área Trincada



- Deflexão na Superfície

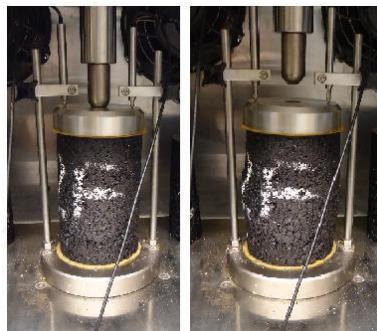


IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
- Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Afundamento em trilha de roda

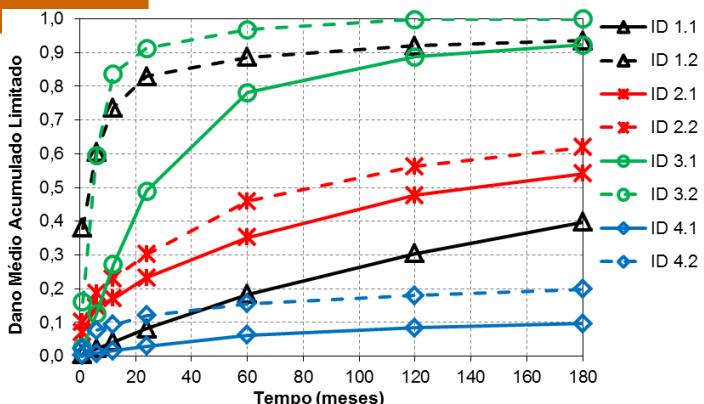
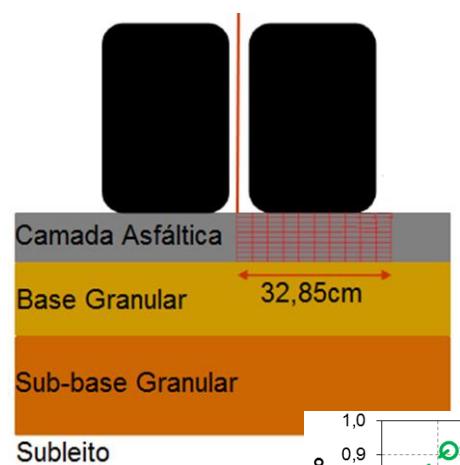
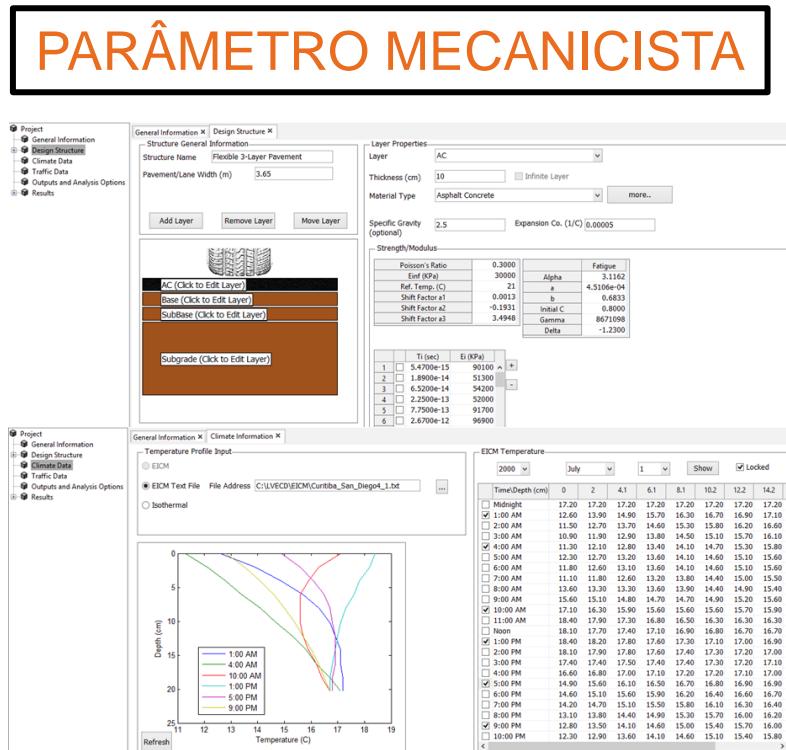


- *Flow Number* da Mistura Asfáltica



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

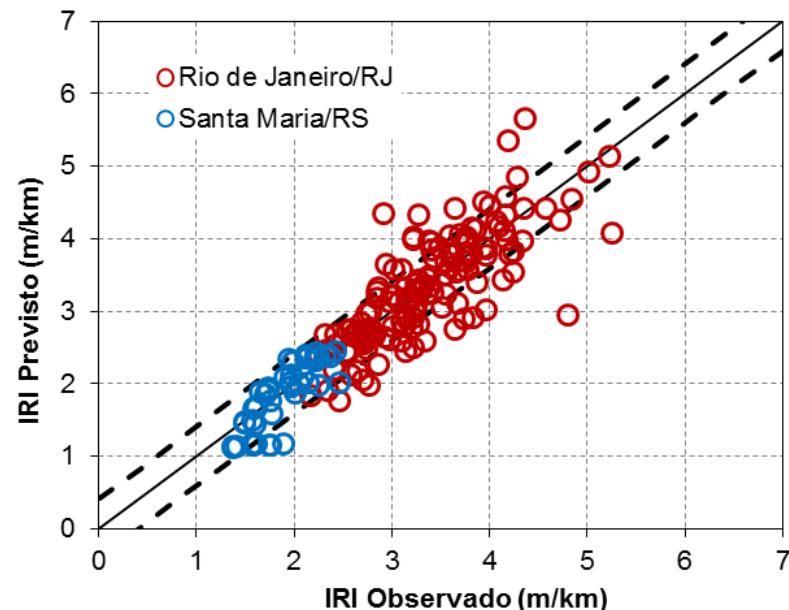
- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
 - Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Dano por fadiga no pavimento
 - Calculado com o LVECD (FlexPave™)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

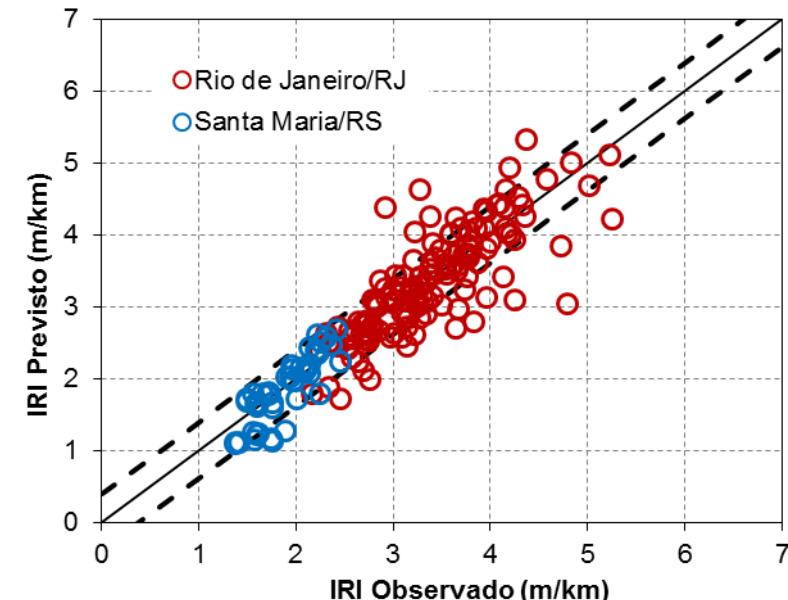
- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
- Modelos Propostos
 - Intercepto fixo no IRI_{INICIAL}

EMPÍRICO



Modelo Linear Empírico com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R ²
IRI _(t) = IRI _i + [(k1 * N) + (k2 * (D _{MÁX} * AT))]	95%	3,54E-08	1,42E-04	
	85%	3,54E-08	1,33E-04	
	75%	3,54E-08	1,28E-04	
	65%	3,54E-08	1,24E-04	0,77

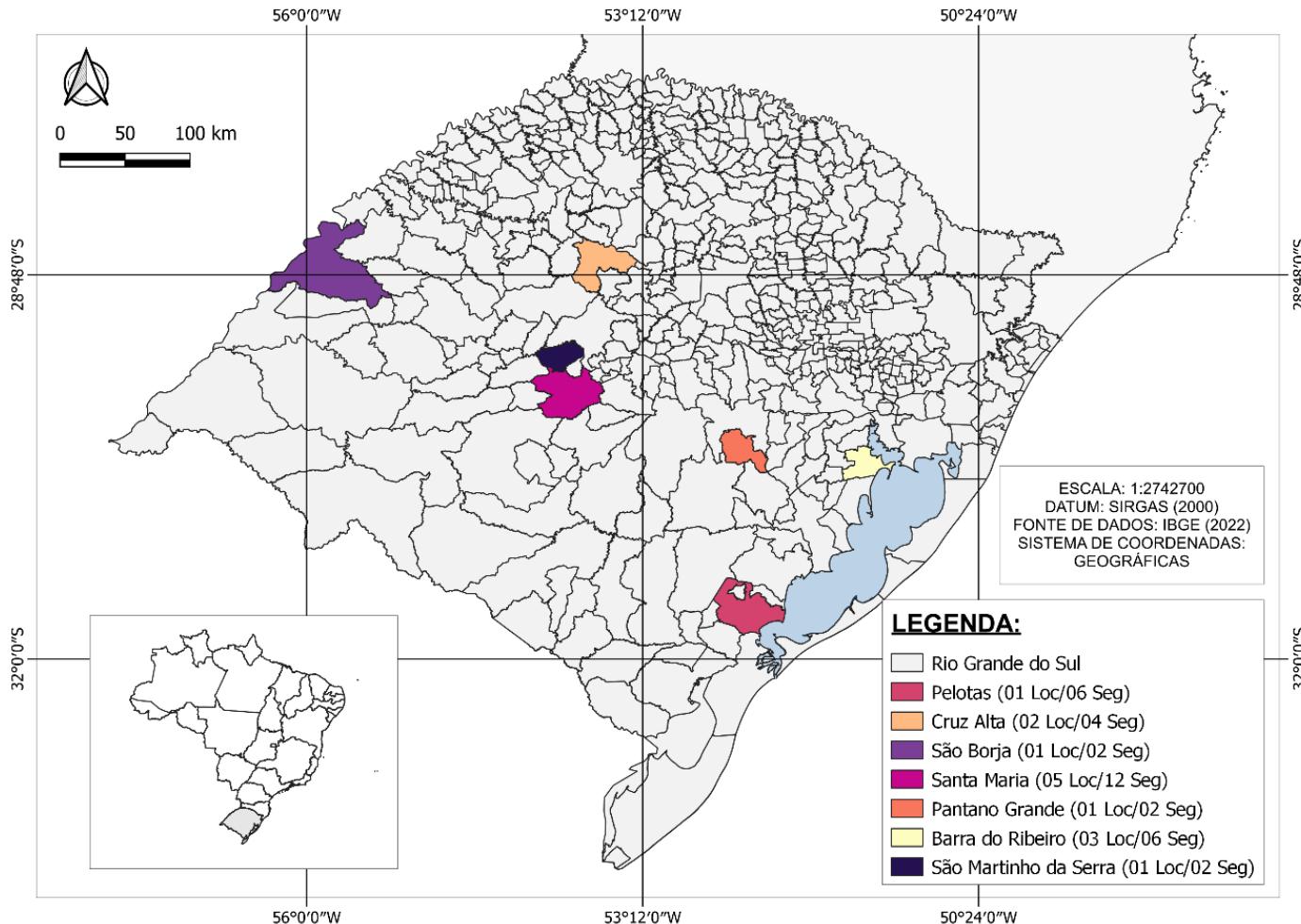
EMPÍRICO-MECANICISTA (LVECD/FlexPave™)



Modelo Linear Emp-Mec (LVECD) com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R ²
IRI _(t) = IRI _i + (k1 * DANO _{LVECD} * AGE)	95%	0,0124	--	
	85%	0,0121	--	
	75%	0,0119	--	
	65%	0,0118	--	0,79

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- TED 542/2022 (UFSM/IPR DNIT) – Atualização Empírica e Empírico-mecanicista do Modelo de IRI



15 diferentes localidades experimentais, com 34 distintos segmentos experimentais

Conceito	IRI (m/km)
Ótimo	0,00 < IRI ≤ 1,90
Bom	1,90 < IRI ≤ 2,70
Regular	2,70 < IRI ≤ 3,50
Ruim	3,50 < IRI ≤ 4,60
Péssimo	IRI > 4,60

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)

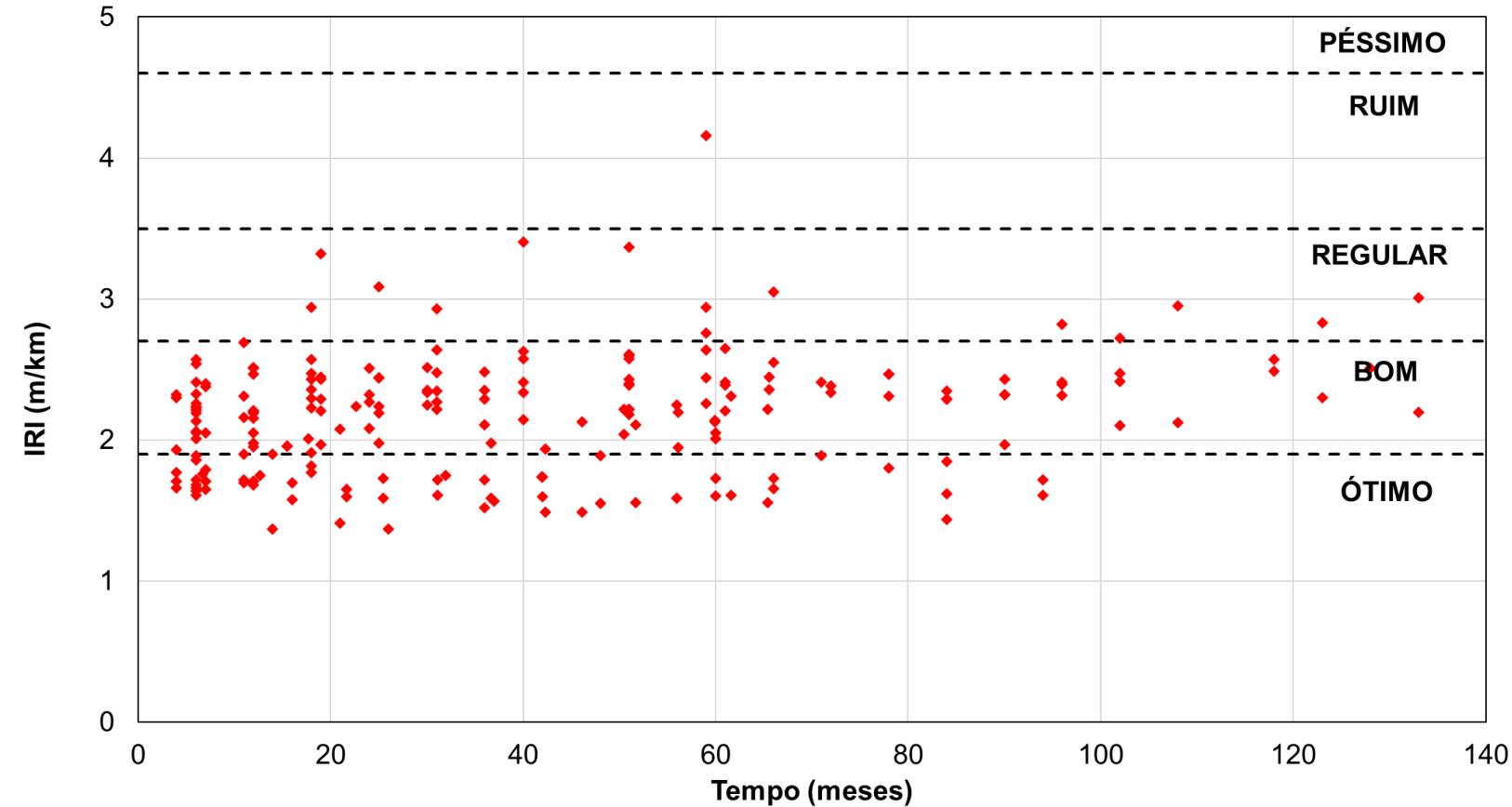
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- TED 542/2022 (UFSM/IPR DNIT) – Atualização Empírica e Empírico-mecanicista do Modelo de IRI

15 diferentes localidades experimentais;

34 distintos segmentos experimentais;

214 pontos de IRI válidos



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Em síntese...o IRI...

- Representa a percepção de conforto do usuário;
- Impacta os custos operacionais:
 - Manutenção veicular;
 - Desgaste dos Pneus;
 - Velocidade praticada na via;
 - **Perda de grãos transportados a granel;**
 - **Consumo de Combustíveis;**
 - **Emissões de CO₂**
- Empregado largamente em gerência de pavimentos;
- Parâmetro indicativo da necessidade de reabilitação de pavimentos;
- Importante índice para a fiscalização de concessões rodoviárias e de controle executivo;

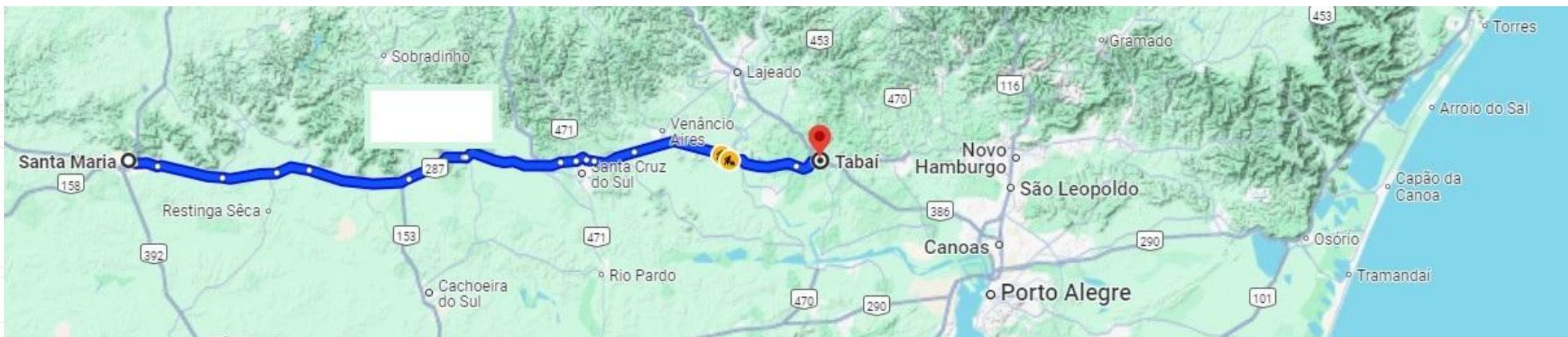
Avaliação da Sustentabilidade durante a utilização do pavimento

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Estudo de caso: RSC-287
- Conecta Santa Maria/RS a Tabaí/RS
- Segmento em Pista Simples
 - 214 km (em fase de duplicação)
 - N_{USACE} (estimado 10 anos) = $4,03 \times 10^7$

Tráfego de Veículos e Pessoas (Ano de 2023)
 $VDM_{\text{bidirecional}} = 10.500$

	Total de movimentações	Quant. Pessoas por veículo	Total de Pessoas
Veíc. Passeio	2.950.841	2	5.901.682
Veíc. Comerciais (caminhões)	871.071	1	871.071
Ônibus (considerando 40 Assentos)	8.395	24	201.480
			6.974.233



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade



➤ IRI inicial

- DNIT 031/2006: **≤ 2,7 m/km**
- DNIT 031/2024: **≤ 2,0 m/km**
- Pavi (2019) e Bueno (2019): **≤ 1,8 m/km**

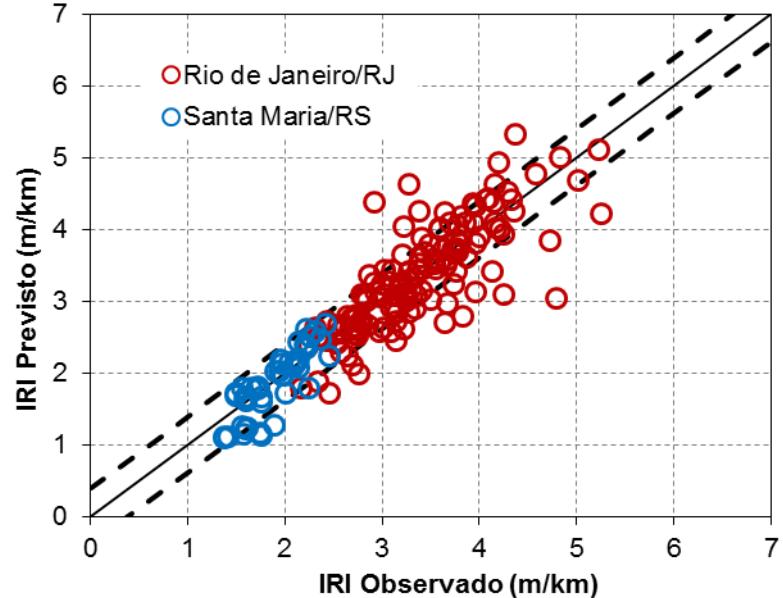
DNIT

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília - DF - CEP 70040-902
Tel/fax: (61) 3315-4831

OUTUBRO 2024	NORMA DNIT 031/2024 – ES
Pavimentação – Concreto asfáltico – Especificação de serviço	
Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR	
Processo: 50600.030776/2019-81	
Origem: Revisão da Norma DNIT 031/2006 – ES	
Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 08/10/2024.	
Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.	
Palavras-chave:	Nº total de páginas
Concreto asfáltico, pavimento flexível, mistura asfáltica densa	33

➤ Modelo de Desempenho do IRI

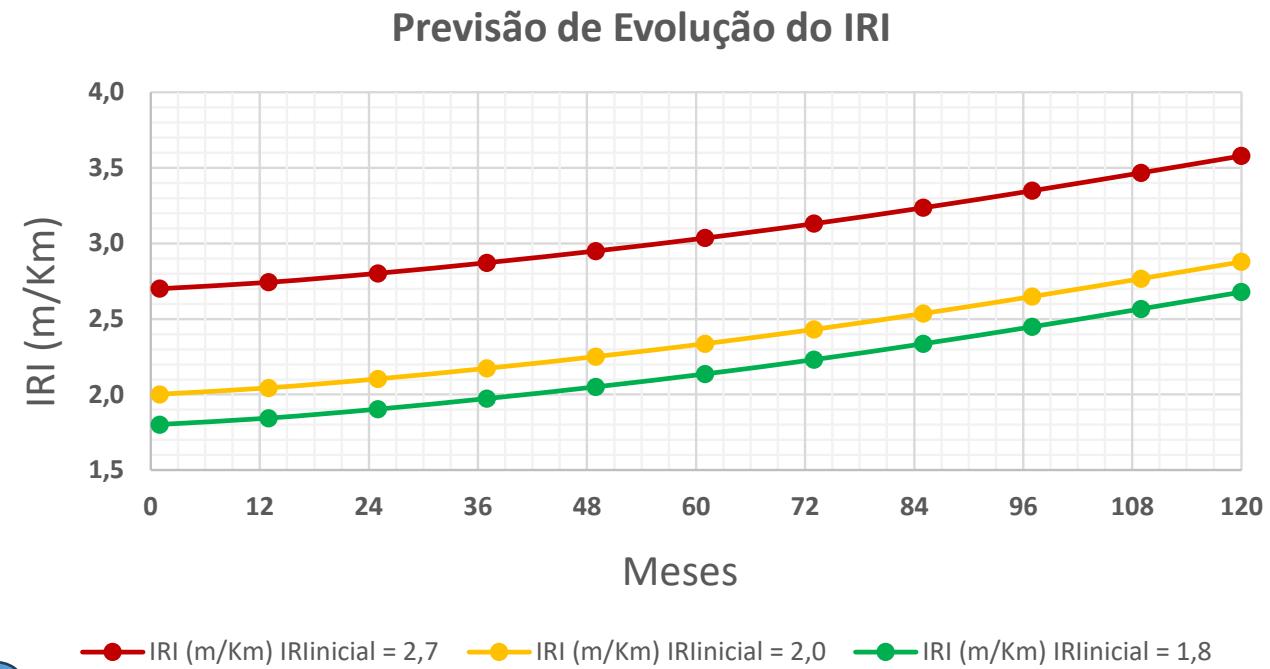
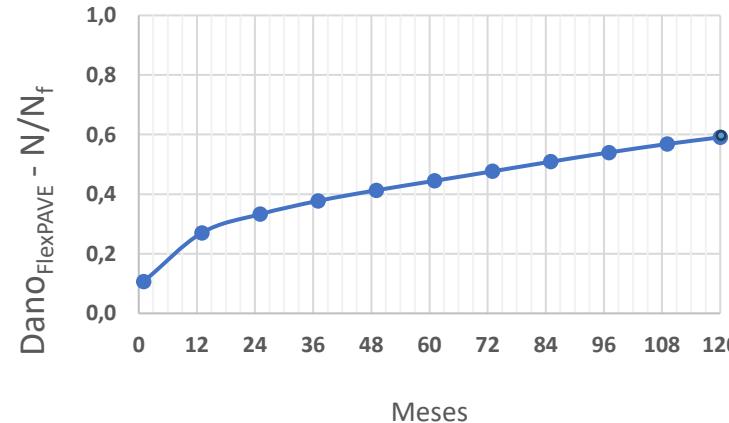
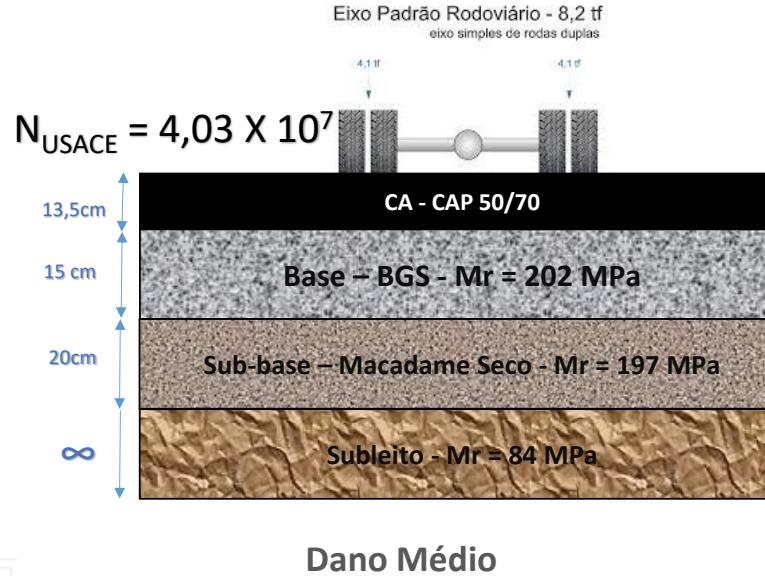
**EMPÍRICO-MECANICISTA
(LVECD/FlexPave™)**



Modelo Linear Emp-Mec (LVECD) com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R ²
IRI _(t) = IRI _i + (k1 * DANO _{LVECD} * AGE)	95%	0,0124	--	
	85%	0,0121	--	
	75%	0,0119	--	
	65%	0,0118	--	0,79

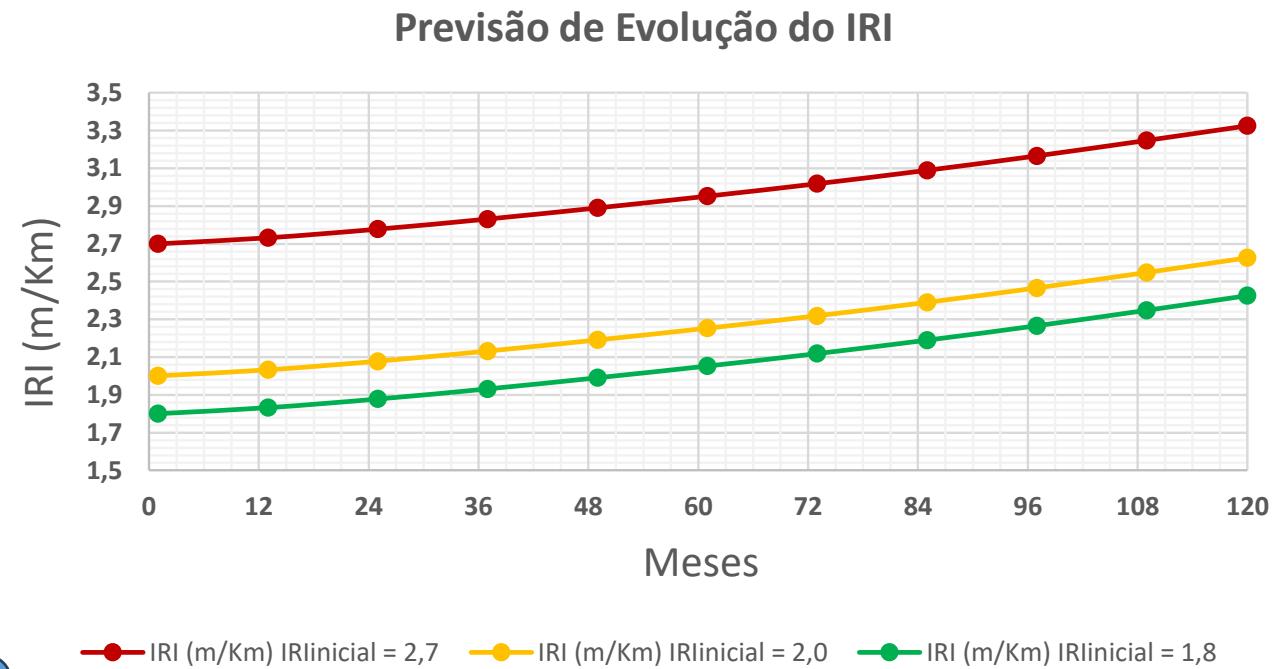
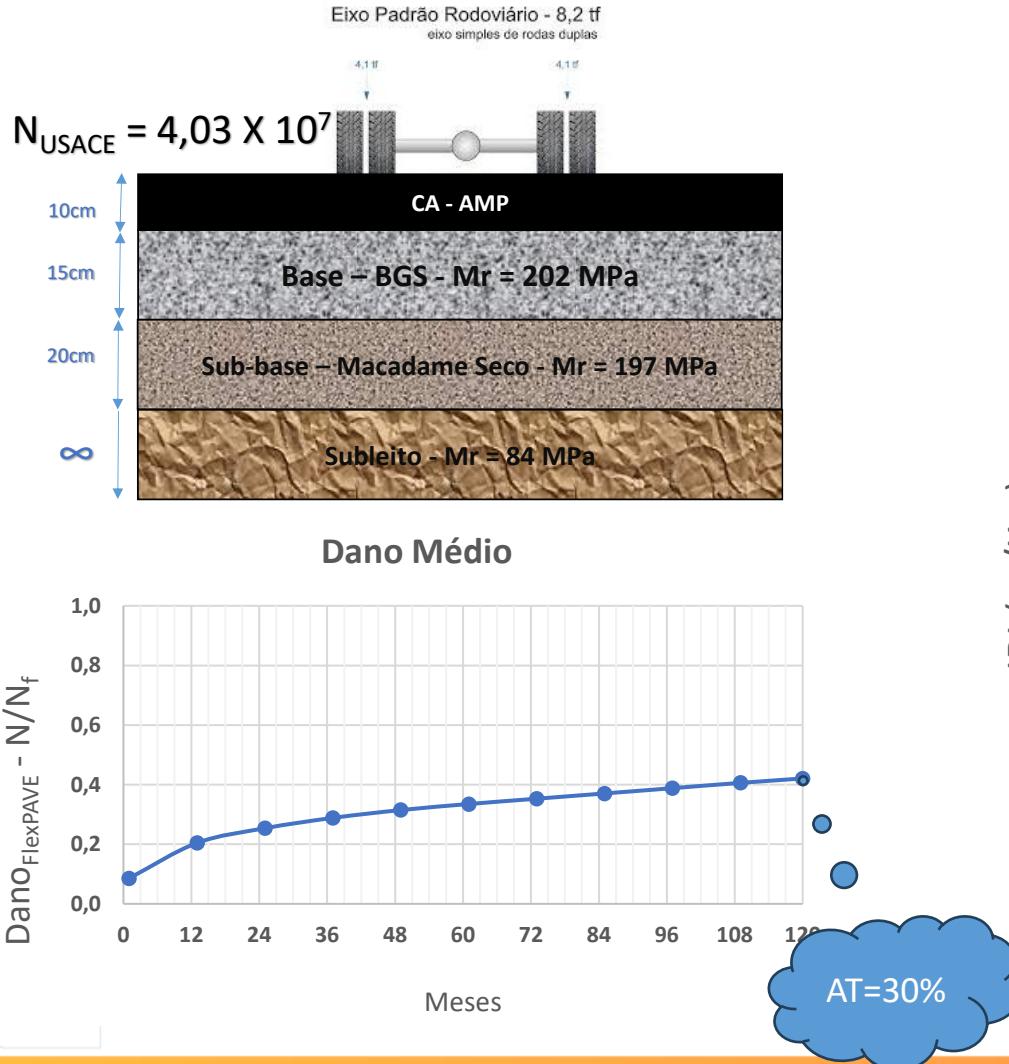
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Impactos na evolução do IRI – CA (50/70) → Modelo de Bueno (2019)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Impactos na evolução do IRI – CA (AMP 60/85) → Modelo de Bueno (2019)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade



➤ No transporte da Soja a Granel

SCHERER (2022): “Influência da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos na Perda de Carga no Transporte de Soja e nos Demais Custos Operacionais”

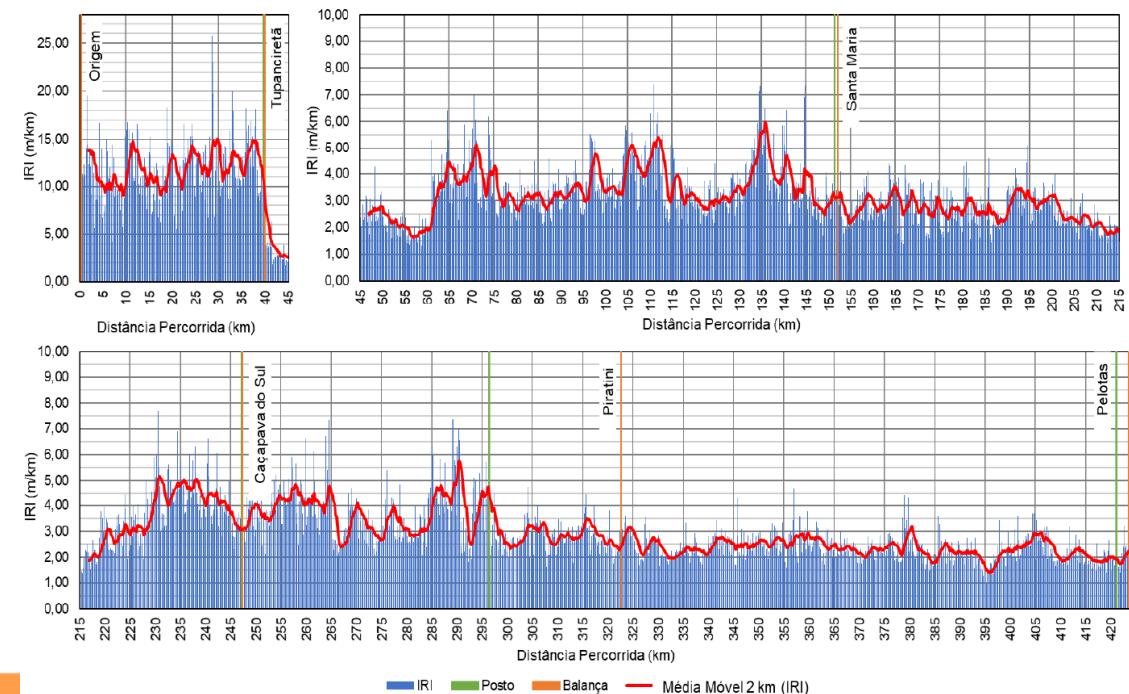


Adaptado de: Dados do DNIT (2022)

Agradecimento ao produtor Marcos Soldera



SÃO MARCOS
agricultura e pecuária



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

Produção Considerada (t) - **2023/24** 20.190.000

Percentual destinado à exportação 77%

Produção exportada (t) 15.546.300

Percentual transportado por caminhões do produto exportado 58%

Quantidade de soja transportada por caminhões para exportação (t) 9.016.854

Cotação da saca de 60 kg de soja (R\$) - **1º semestre de 2024** 140,00

Produtividade (kg/ha) - **2023/24** 2.905

RSC 287 Santa Maria/RS → Tabaí/RS: (km) 214

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>

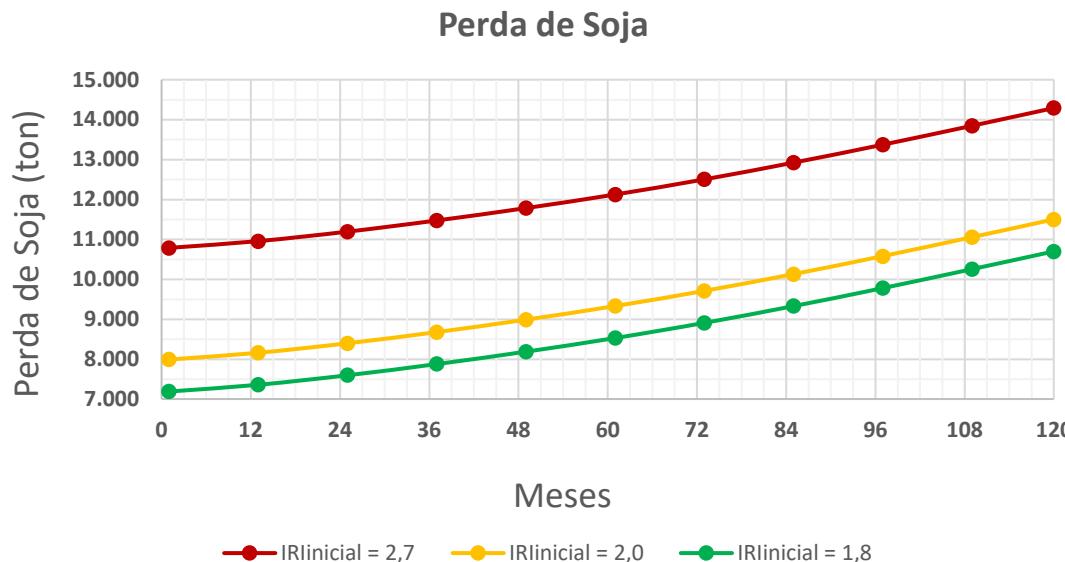
Supondo esta quantidade transportada nos 214 km da RSC 287

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

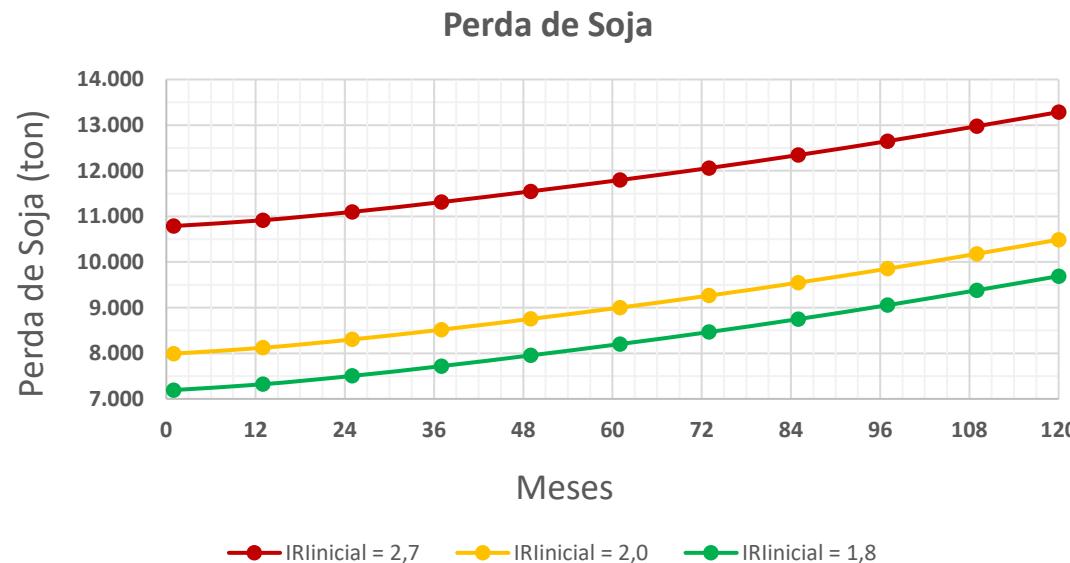
➤ Solução em CA (50/70)



Valores Médios Anuais			
	IRIinitial 2,7	IRIinitial 2,0	IRIinitial 1,8
Média Anual de Perda de Soja (t)	12.300	9.504	8.705
Média R\$ Perdidos	28.699.514	22.175.513	20.311.513
Média Área Perdida de Produção (ha)	4.234	3.272	2.997
Diferenças em relação à condição de IRI _{inicial} = 2,7 m/Km			
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)	-	2.796	3.595
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)	-	6.524.000	8.388.001
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)	-	962	1.237

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- No transporte da Soja a Granel



- Solução em CA (AMP 60/85)

	IRIinitial	IRIinitial	IRIinitial
Média Anual de Perda de Soja (t)	2,7	2,0	1,8
Média R\$ Perdidos	27.740.574	21.216.574	19.352.574
Média Área Perdida de Produção (ha)	4.093	3.130	2.855
Diferenças em relação à condição de IRI _{initial} = 2,7 m/Km			
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)	-	2.796	3.595
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)	-	6.524.000	8.388.001
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)	-	962	1.237

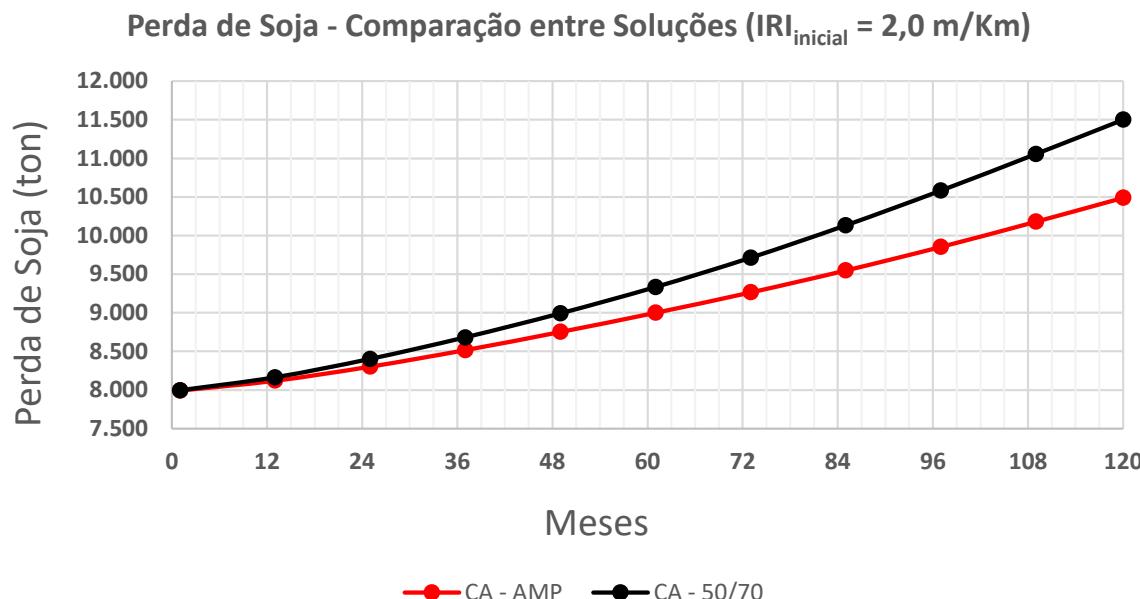
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

➤ Comparação entre as soluções com CA (50/70) e CA (**AMP 60/85**)

➤ $IRI_{inicial} = 2,0 \text{ m/Km}$



COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES

	CA (50/70)	CA (AMP)
Média Anual de Perda de Soja (t)	9.504	9.093
Média R\$ Perdidos	22.175.513	21.216.574
Média Área Perdida de Produção (ha)	3.272	3.130
Diferenças em relação à solução com CA (50/70)		
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)	411	
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)		958.939
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)		141

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de Combustível

➤ RODRIGUES (2025 – em andamento): “IMPACTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS SOBRE O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E A EMISSÃO DE CO₂”

➤ Desenvolvida em parceria com ANP/Petrobras e COPPE

➤ Movimentações anuais – RSC287

Total de movimentações	
Veíc. Passeio	2.950.841
Veíc. Comerciais (caminhões)	871.071
Ônibus (considerando 40 Assentos)	8.395



- Emprego dos modelos de consumo do **HDM-4** → função do IRI (Modelo de Bueno, 2019)
- $VDM_{\text{bidirecional}} \approx 10.500$
- $N = 4,03 \times 10^7$ (10 anos)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

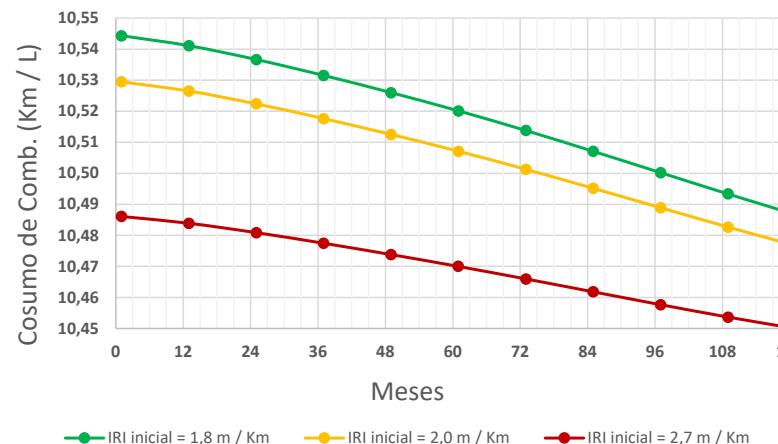
➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de Combustível

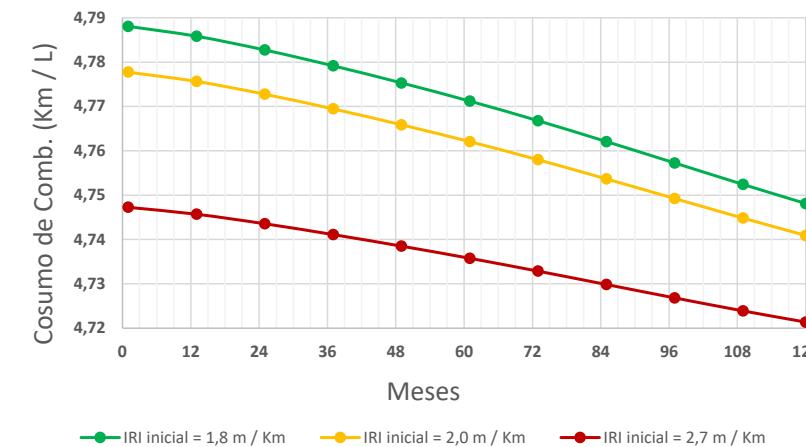
➤ Solução com CA (50/70)

➤ Apresentando os valores de desempenho (km/L) e não de consumo, como na literatura (L/100km)

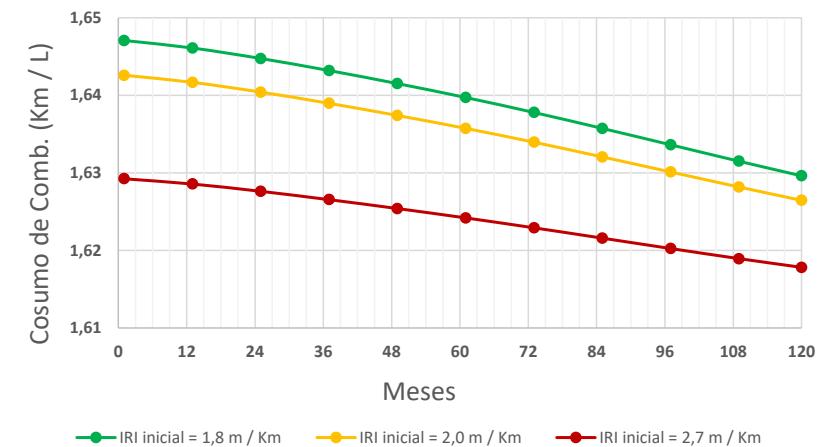
Consumo Veíc. Passeio para distintos IRI's Iniciais



Consumo Ônibus para distintos IRI's Iniciais

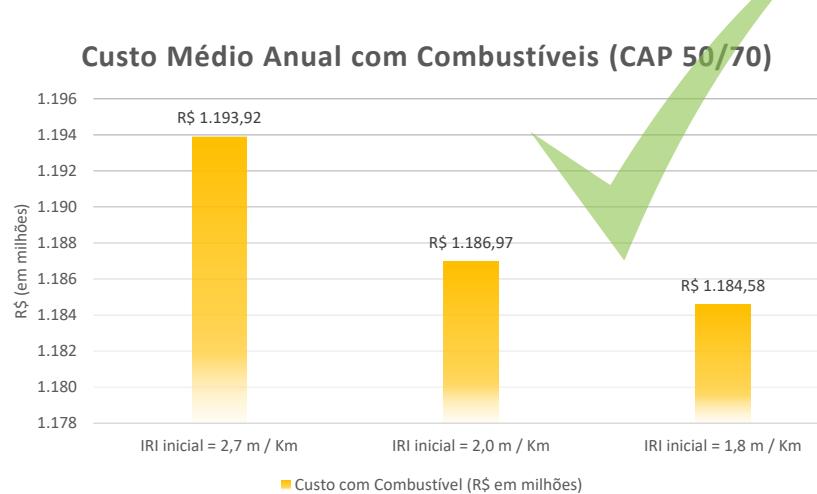
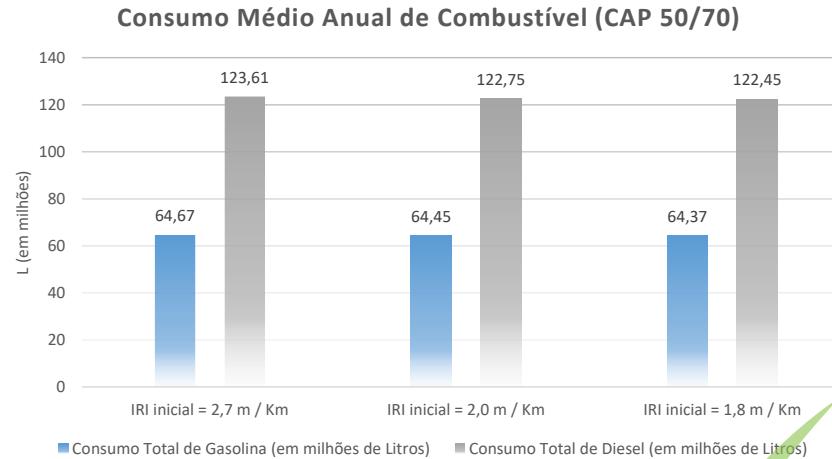


Consumo Caminhões para distintos IRI's Iniciais



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- No consumo de combustível



➤ Solução com CA (50/70)

➤ Anualmente:

- **Veíc. Passeio = 2.950.841**
- **Caminhões = 871.071**
- **Ônibus = 8.395**

➤ Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)

- **Diesel Comum: R\$/L 6,42**
- **Gasolina Comum: R\$/L 6,19**

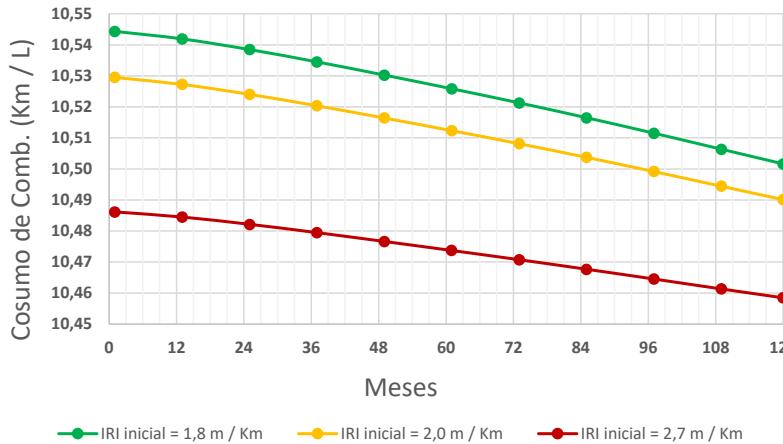
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

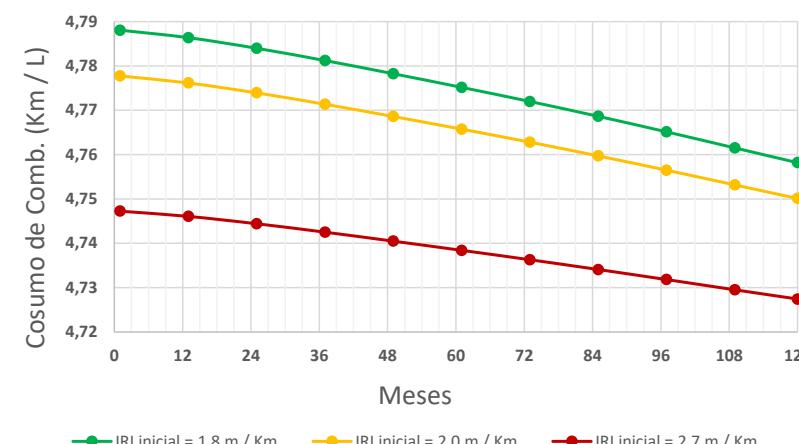
➤ No consumo de Combustível

➤ Solução com CA (AMP 60/85)

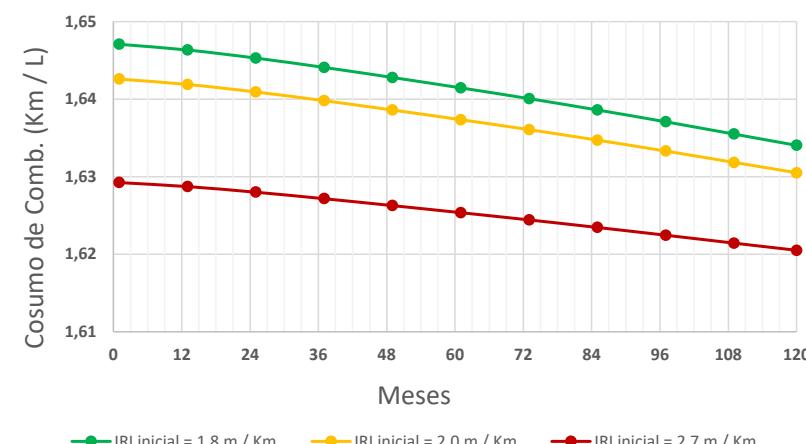
Consumo Veíc. Passeio para distintos IRI's Iniciais



Consumo Ônibus para distintos IRI's Iniciais

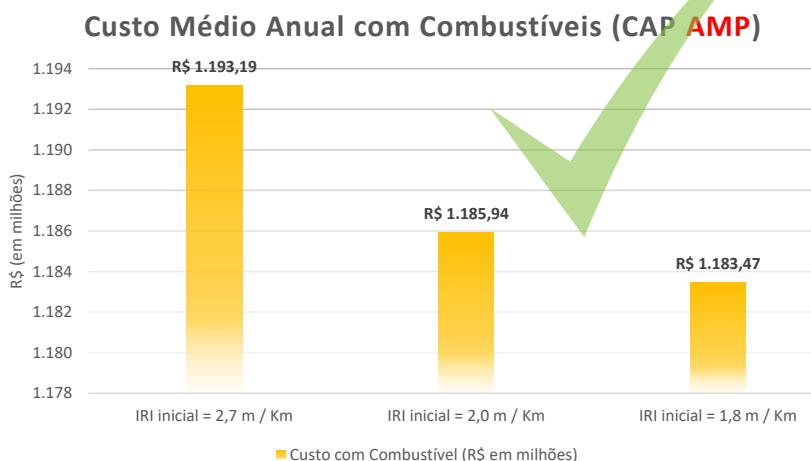
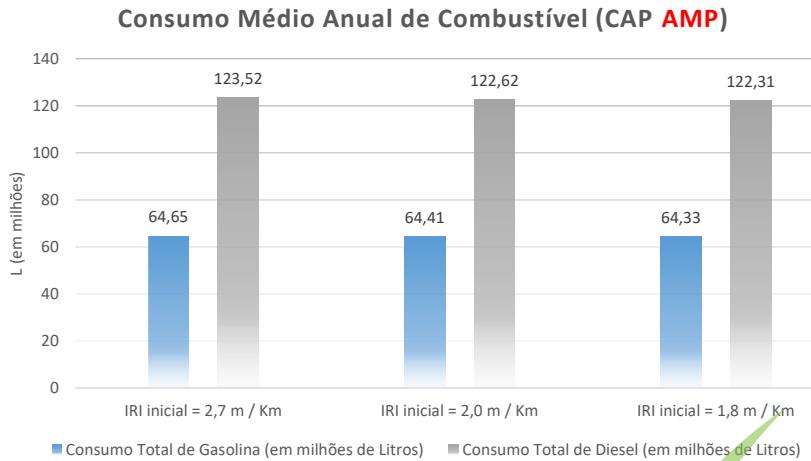


Consumo Caminhões para distintos IRI's Iniciais



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- No consumo de combustível



- **Solução com CA (AMP 60/85)**

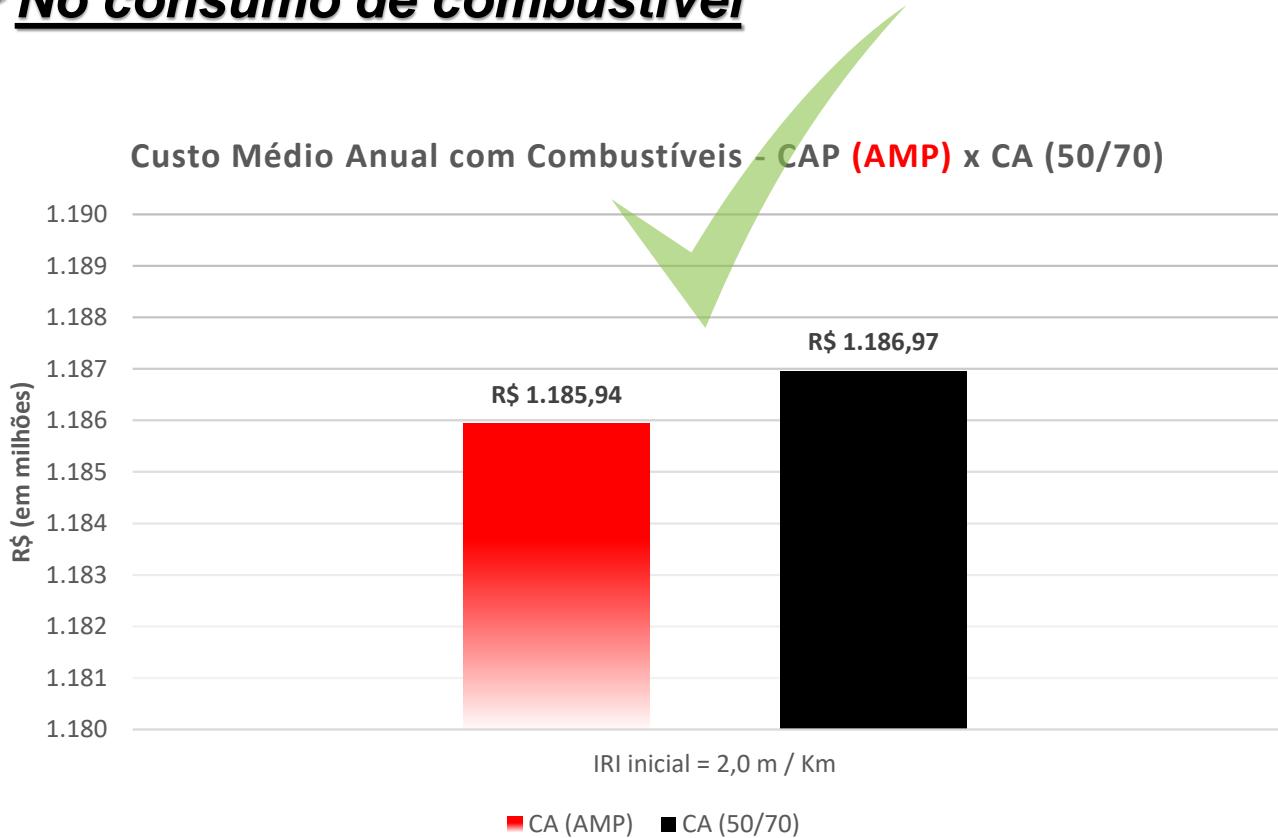
- **Anualmente:**
- **Veíc. Passeio = 2.950.841**
- **Caminhões = 871.071**
- **Ônibus = 8.395**

- **Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)**

- **Diesel Comum: R\$/L 6,42**
- **Gasolina Comum: R\$/L 6,19**

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- No consumo de combustível

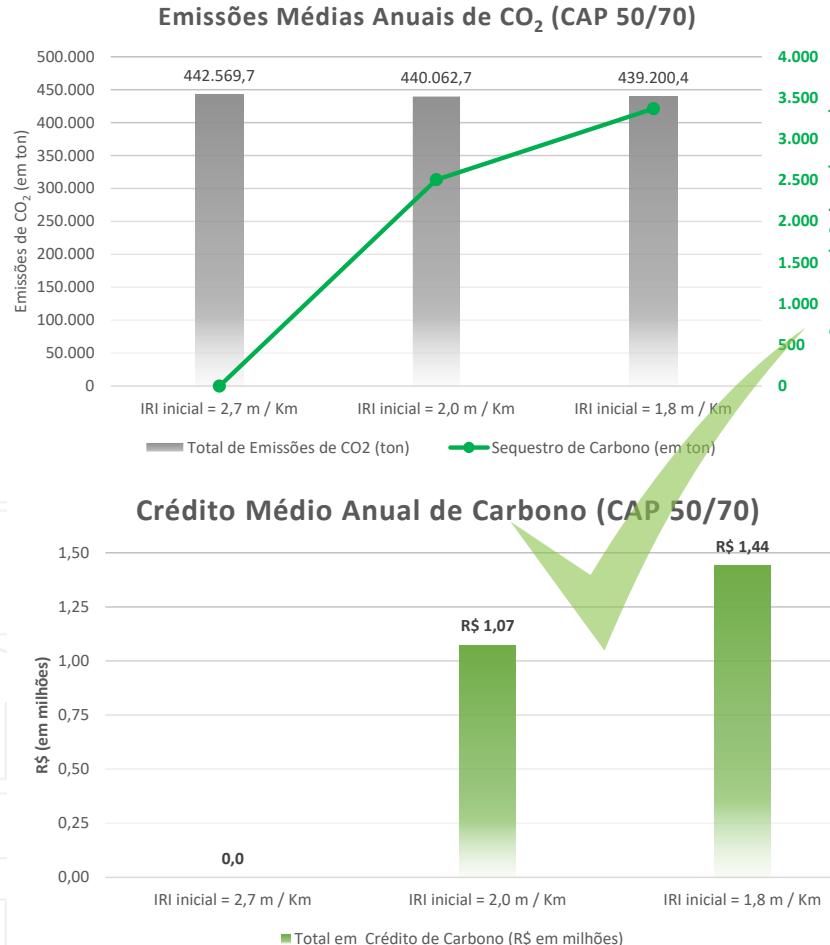


- **Comparação entre soluções de CA (50/70) e CA (AMP 60/85)**
 - **Anualmente:**
 - **Veíc. Passeio = 2.950.841**
 - **Caminhões = 871.071**
 - **Ônibus = 8.395**
- **Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)**
 - **Diesel Comum: R\$/L 6,42**
 - **Gasolina Comum: R\$/L 6,19**

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ Nas emissões de CO₂



➤ Solução com CA (50/70)

➤ **Anualmente:**

- **Veíc. Passeio = 2.950.841**
- **Caminhões = 871.071**
- **Ônibus = 8.395**

➤ **Modelos de Emissões de CO₂**

- **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006)**
- **Machado (2017)**
- Diesel: 2,22 kg CO₂ / L
- Gasolina: 2,60 kg CO₂ / L

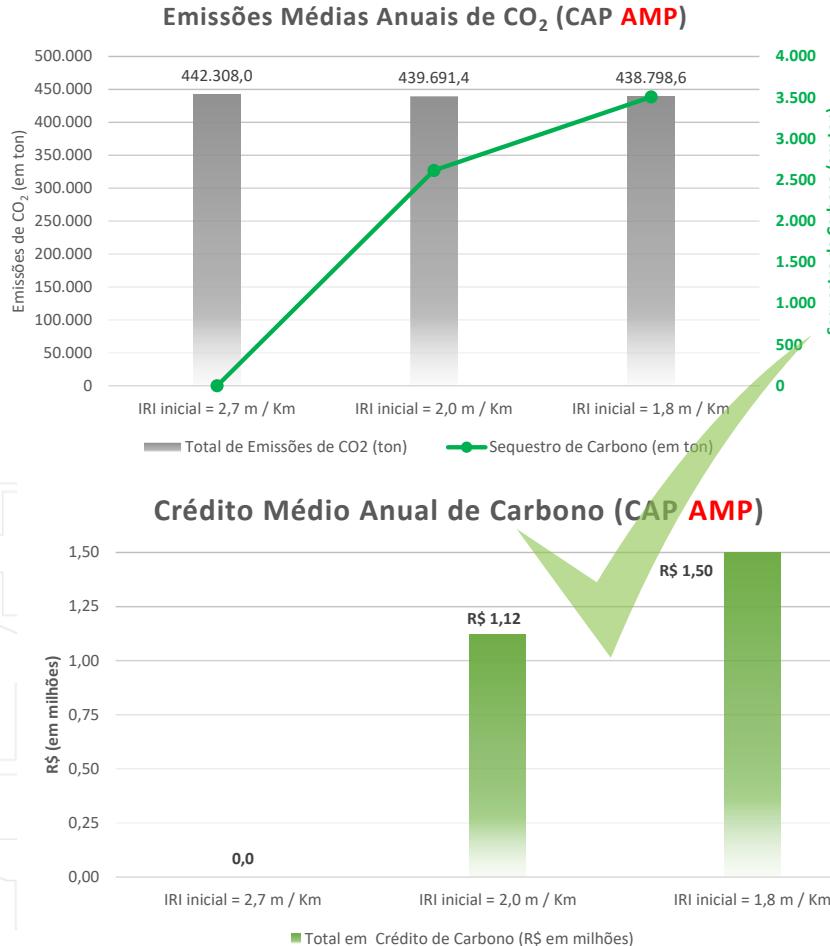
➤ **Crédito de Carbono (em 28/03/2025)**

- <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>
- **€ 69,09 por ton de CO₂**
- Câmbio para R\$: 6,20
- 1 Crédito Carbono = R\$ 428,36

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ Nas emissões de CO₂



➤ Solução com CA (AMP 60/85)

➤ Anualmente:

- **Veíc. Passeio = 2.950.841**
- **Caminhões = 871.071**
- **Ônibus = 8.395**

➤ Modelos de Emissões de CO₂

- **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006)**
- **Machado (2017)**
- Diesel: 2,22 kg CO₂ / L
- Gasolina: 2,60 kg CO₂ / L

➤ Crédito de Carbono (em 28/03/2025)

- <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>
- € 69,09 por ton de CO₂
- Câmbio para R\$: 6,20
- 1 Crédito Carbono = R\$ 428,36

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Considerações Finais

Irregularidade
Longitudinal de
Pavimentos (*IRI*)

Previsão do
desempenho do
pavimento funcional na
fase de Projeto

Possibilitará análises
mais completas para a
tomada de decisão

Benefícios Sociais
Retorno Financeiro
Emissões de CO₂

Agradecemos pelo apoio às pesquisas!



dsp@ufsm.br

lucas.bueno@ufsm.br

DNIT