

# Explorando Soluções de Engenharia através do RDT para a Redução de Acidentes Rodoviários

Brasília, 05 de dezembro de 2023

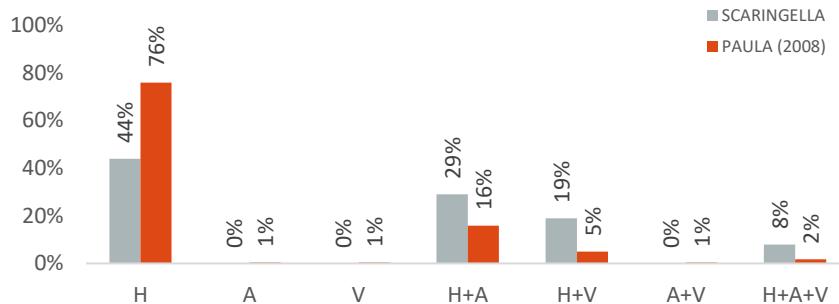


# INTRODUÇÃO

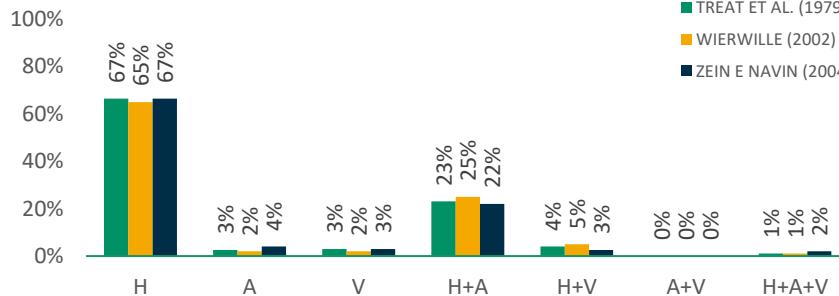
1

# FATORES DE RISCO NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

## TRECHOS URBANOS

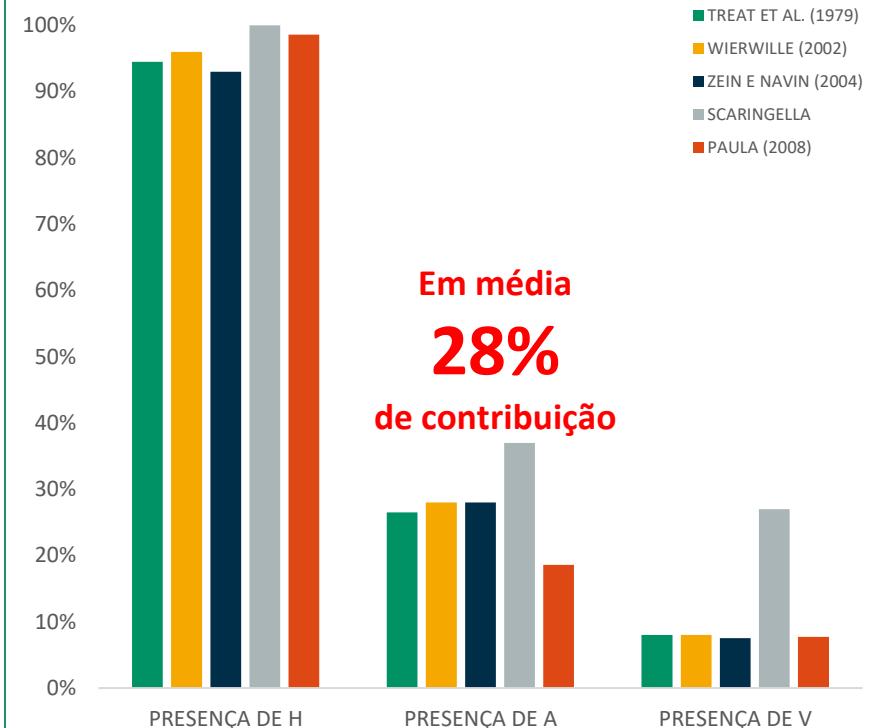


## TRECHOS RODOVIÁRIOS



\* H – Humano; A – Ambiente; V - Veículos

## DADOS COMPILADOS



# PROJETOS

2

# PROJETOS DE DESTAQUE PARA MELHORIA DA SEGURANÇA VIÁRIA



## Projeto 7

Soluções para a Redução de Acidentes por Derrapagem em Pista Molhada através da Textura Superficial dos Pavimentos



## Projeto 8

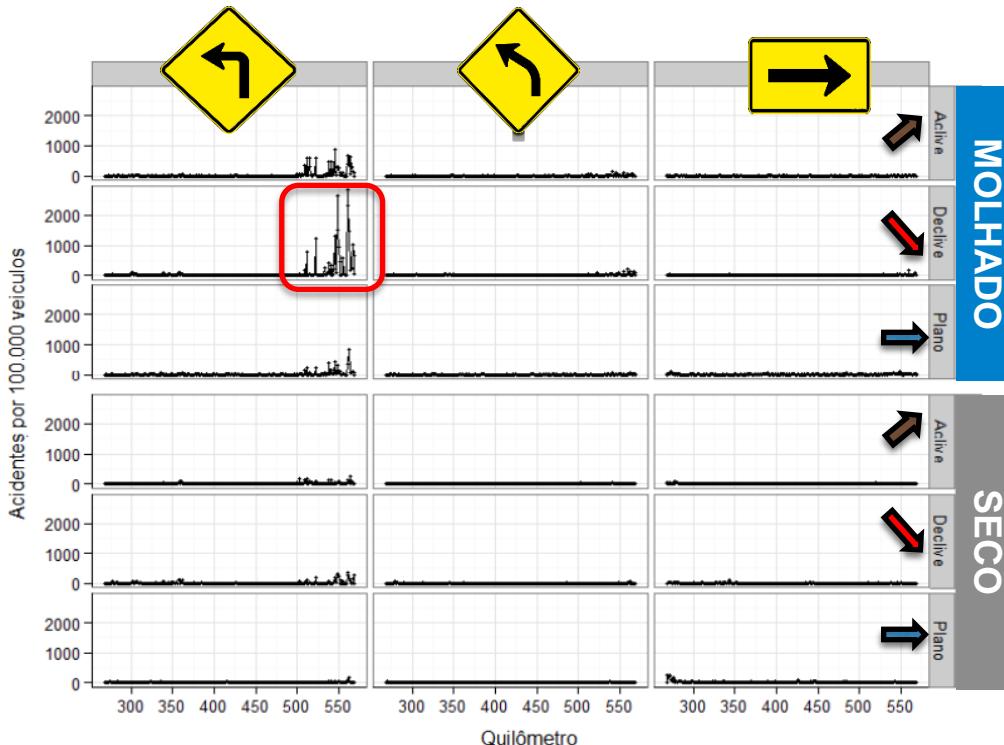
Redução de Acidentes Rodoviários por intervenções na Sinalização Horizontal e Vertical, e na Textura Superficial dos Pavimentos com Avaliação de Resultados por meio de Simulador de Direção e Modelagem Estatística.



PROJETO 7  
RÉGIS BITTENCOURT

3

## ANÁLISE PRELIMINAR SOBRE A RELAÇÃO DA GEOMETRIA COM A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES



### Principais elementos

- Velocidade; Atrito Lateral;
- Raio de curvatura;
- Superelevação.

$$R \geq \frac{V^2}{127 \cdot (f + e)}$$

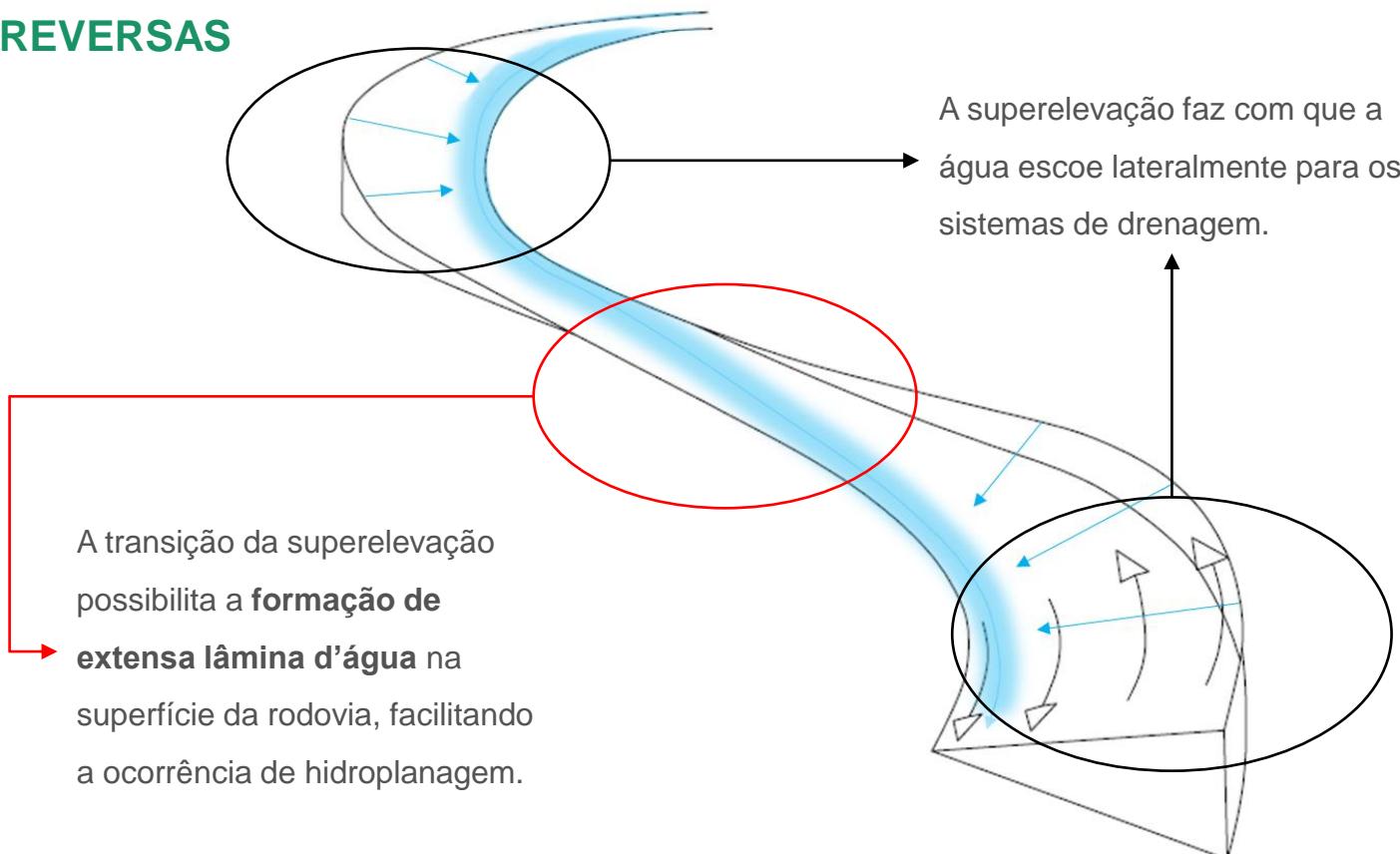
R = Raio de Curvatura (m)

V = Velocidade de Projeto (km/h)

f = Coeficiente de atrito lateral pneu-pavimento  
(adimensional);

e = Superelevação (%).

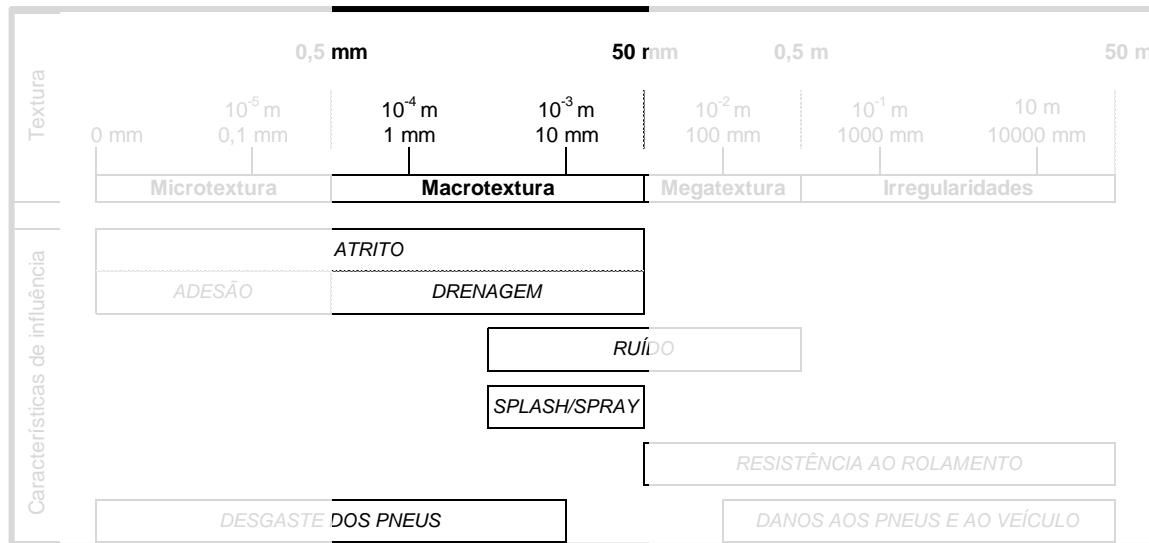
## CURVAS REVERSAS



# AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7



## TEXTURA DO PAVIMENTO



Fonte: Adaptado de Callai (2011)

## MACROTEXTURA



Fontes: Edson de Moura, Bernucci et al. (2010)

## SEGMENTOS EXPERIMENTAIS – DEFINIDOS ATRAVÉS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

### SEGMENTO 1

- 640 metros de extensão
- Declive
- Velocidade regulamentada adequada (60 km/h)



### SEGMENTO 2

- 3.300 metros de extensão
- Declives e Aclives
- Velocidade regulamentada adequada (60 km/h)



# AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7



## APLICAÇÃO DO TSD COM CAP MODIFICADO POR BORRACHA NOS TRECHOS EXPERIMENTAIS



# AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7



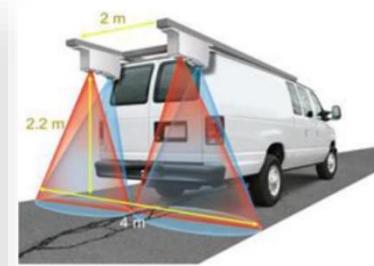
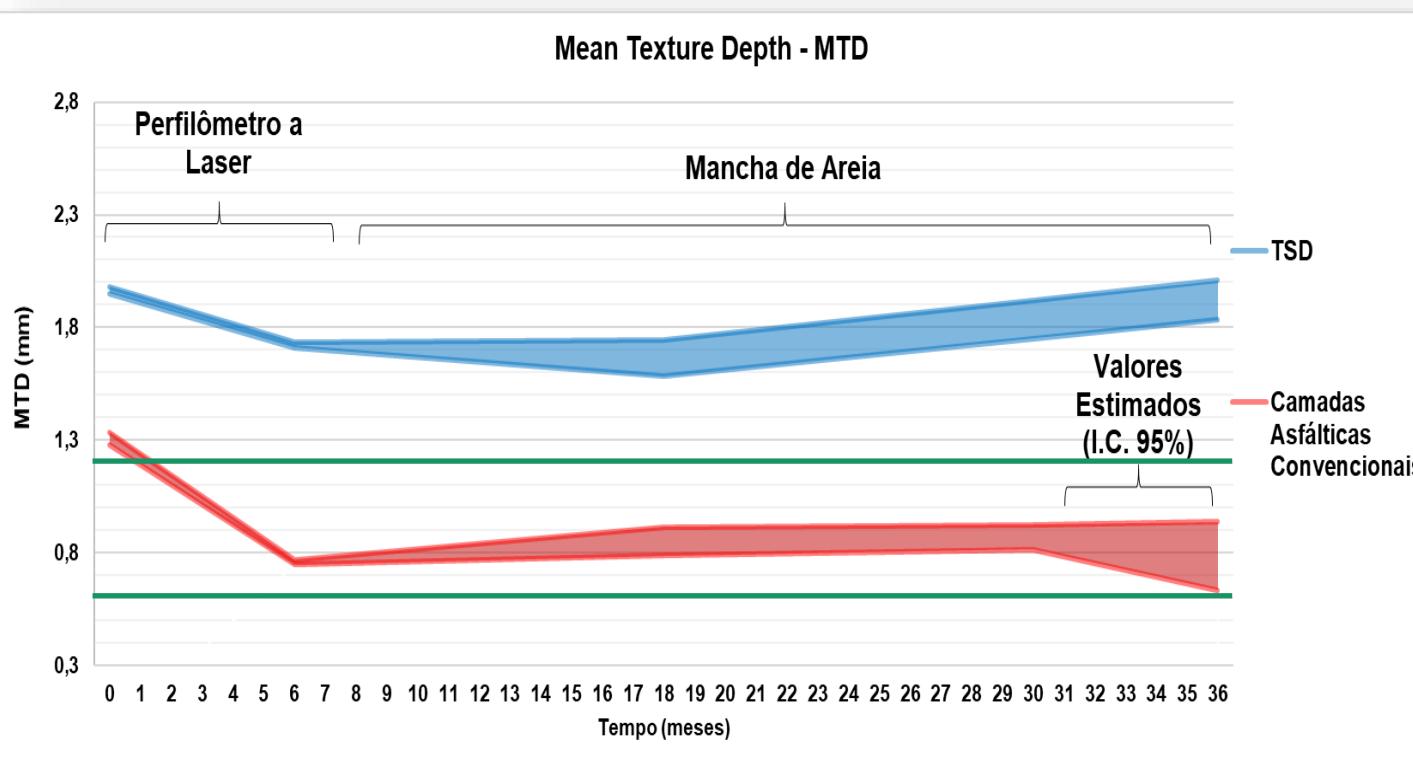
APLICAÇÃO DO TSD COM CAP MODIFICADO POR BORRACHA NOS TRECHOS EXPERIMENTAIS



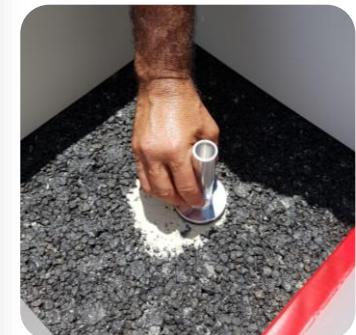
# AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7

arteris

## AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA DA CAMADA DE TSD



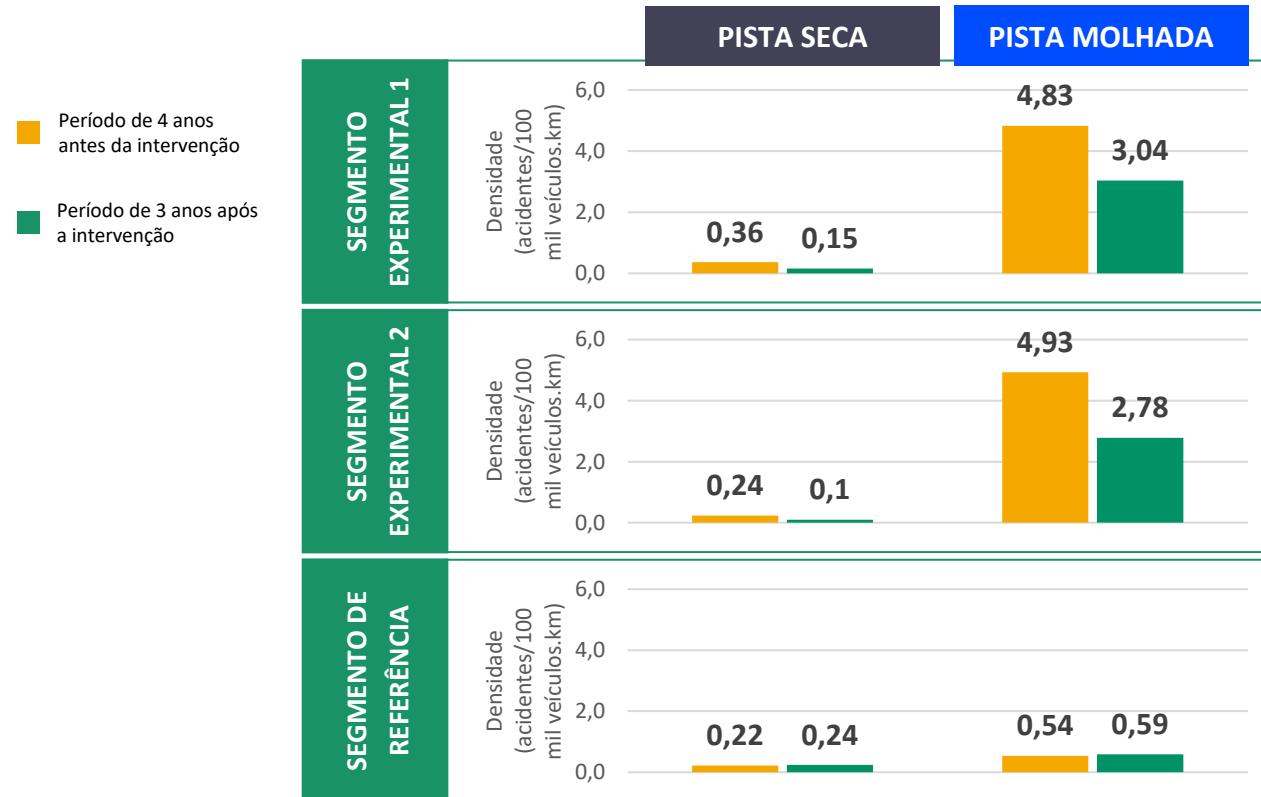
Perfilômetro a Laser



Mancha de areia

# AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7

## RESULTADOS OBTIDOS



**Pista Seca:** Redução de 57,0%

**Pista Molhada:** Redução de 37,1%

**Pista Seca:** Redução de 58,5%

**Pista Molhada:** Redução de 43,6%

**Pista Seca:** Aumento de 8,7%

**Pista Molhada:** Aumento de 10,0%

PROJETO 8  
LITORAL SUL

# CONTEXTO

4

1958

1977

Primeiros estudos envolvendo  
Simuladores de Direção para  
fins de segurança viária

Hutchinson, 1958  
Sheridan, 1967  
Rice, 1967  
Sheridan, 1970  
Allen, Hogge, & Schwartz, 1977

2013

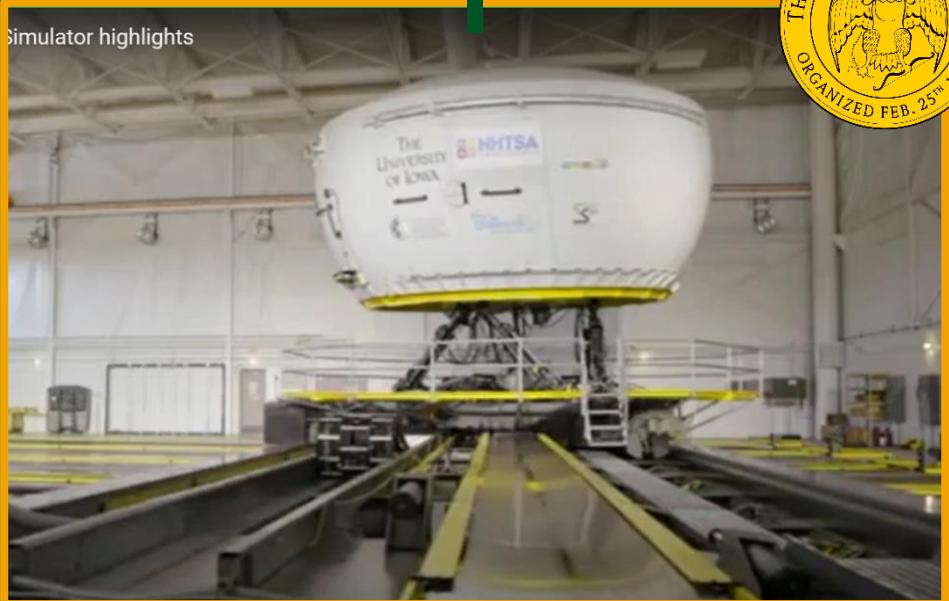


Primeiros estudos envolvendo  
Simuladores de Direção para fins  
de segurança viária no **Brasil**

Lucas, Russo, Kawashima,  
Figueira, Larocca, & Kabbach, 2013

Figueira, Larocca, Quintanilha,  
Kabbach, 2014

2023



Driving Simulator, University of Iowa, USA

arteris

PARCEIROS



Driving Simulator  
**UNIVERSITY OF FLORIDA**  
USA





Truck Simulator  
**UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA**  
USA

arteris



**PARCEIROS**





# Bike and Pedestrian Simulator IOWA UNIVERSITY USA

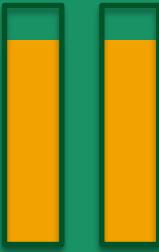
arteris



Driving Safety Research Institute



# OBJETIVO DO USO DE SIMULADORES



# OBJETIVO DO USO DE SIMULADORES

Mitigação da accidentalidade viária  
Mitigação da severidade dos acidentes

Geometria

Sinalização

Comportamento do condutor

Estado da Pista

Avaliar de forma rápida, segura e econômica  
os seguintes elementos

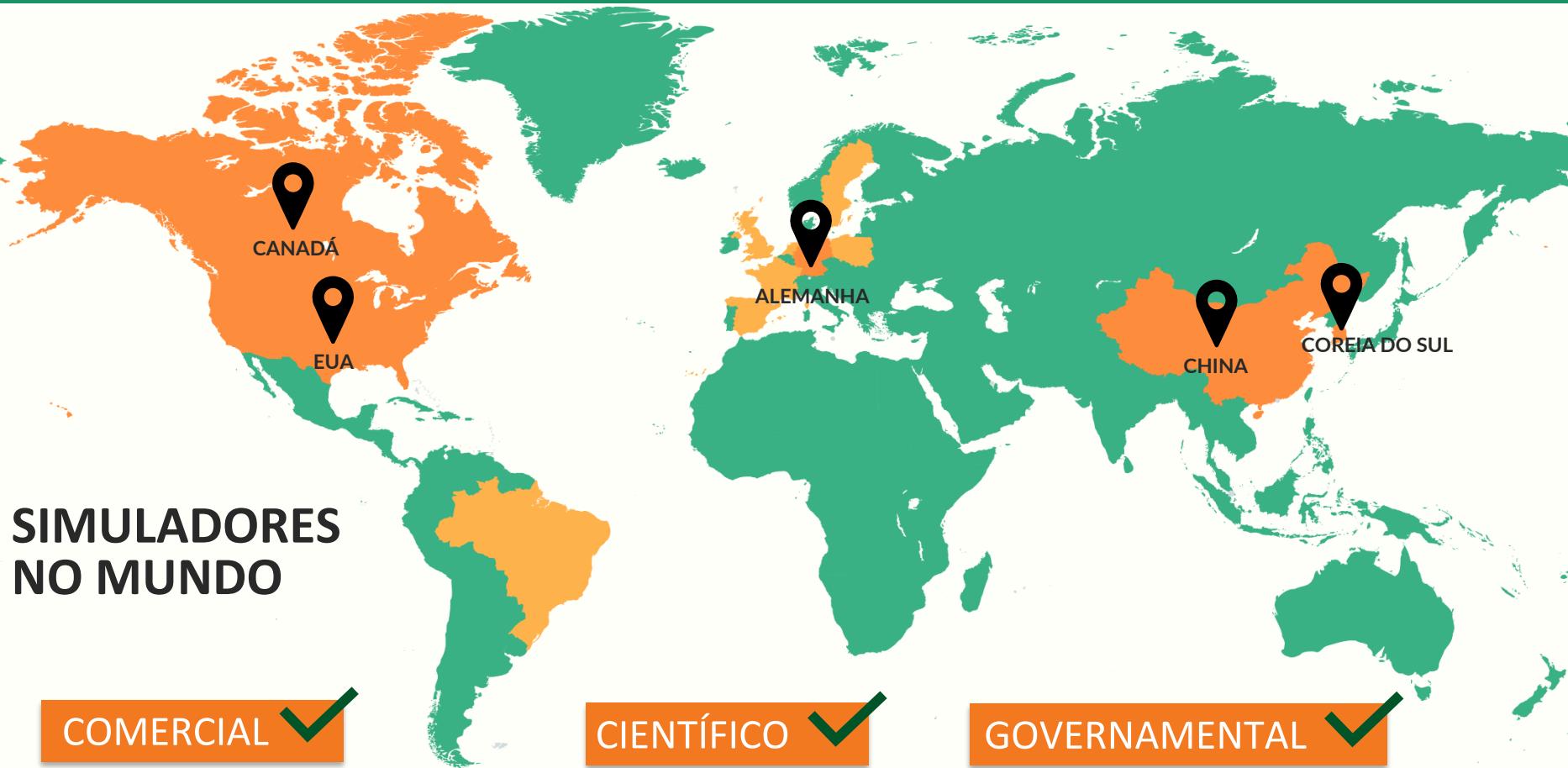
Desempenho do condutor

Simulação de Eventos Perigosos

Fluxo de Tráfego

Entorno Viário

# CONTRIBUIÇÕES DOS SIMULADORES



## Atualização de Normas



A Policy on  
**Geometric Design of  
Highways and Streets**

THE GREEN BOOK    2018  
7th Edition



Normas de Projeto Geométrico AASHTO e do Manual de Segurança em Rodovias HSM, foram atualizadas por meio de estudos naturalísticos e de **Simuladores de Direção**.

5

# FASES DO PROJETO

# FASES DO PROJETO

1

## DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

# FASES DO PROJETO

1

2

## DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

## APARATO

Montagem do simulador e geração do trecho virtual

# FASES DO PROJETO

1



## DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

2



## APARATO

Montagem do simulador e geração do trecho virtual

3



## SINALIZAÇÃO E PAVIMENTO

Avaliação da sinalização e pavimento existente no simulador

# FASES DO PROJETO

1



## DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

2



## APARATO

Montagem do simulador e geração do trecho virtual

3



## SINALIZAÇÃO E PAVIMENTO

Avaliação da sinalização e pavimento existente no simulador

4



## PROPOSTAS

Avaliação e proposição de novos projetos de sinalização

# FASES DO PROJETO

1



## DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

2



## APARATO

Montagem do simulador e geração do trecho virtual

3



## SINALIZAÇÃO E PAVIMENTO

Avaliação da sinalização e pavimento existente no simulador

4



## PROPOSTAS

Avaliação e proposição de novos projetos de sinalização

5



## REVISÃO

Avaliação do projeto implantado

# MÉTODO

# 6

# TRECHO DE ESTUDO

arteris

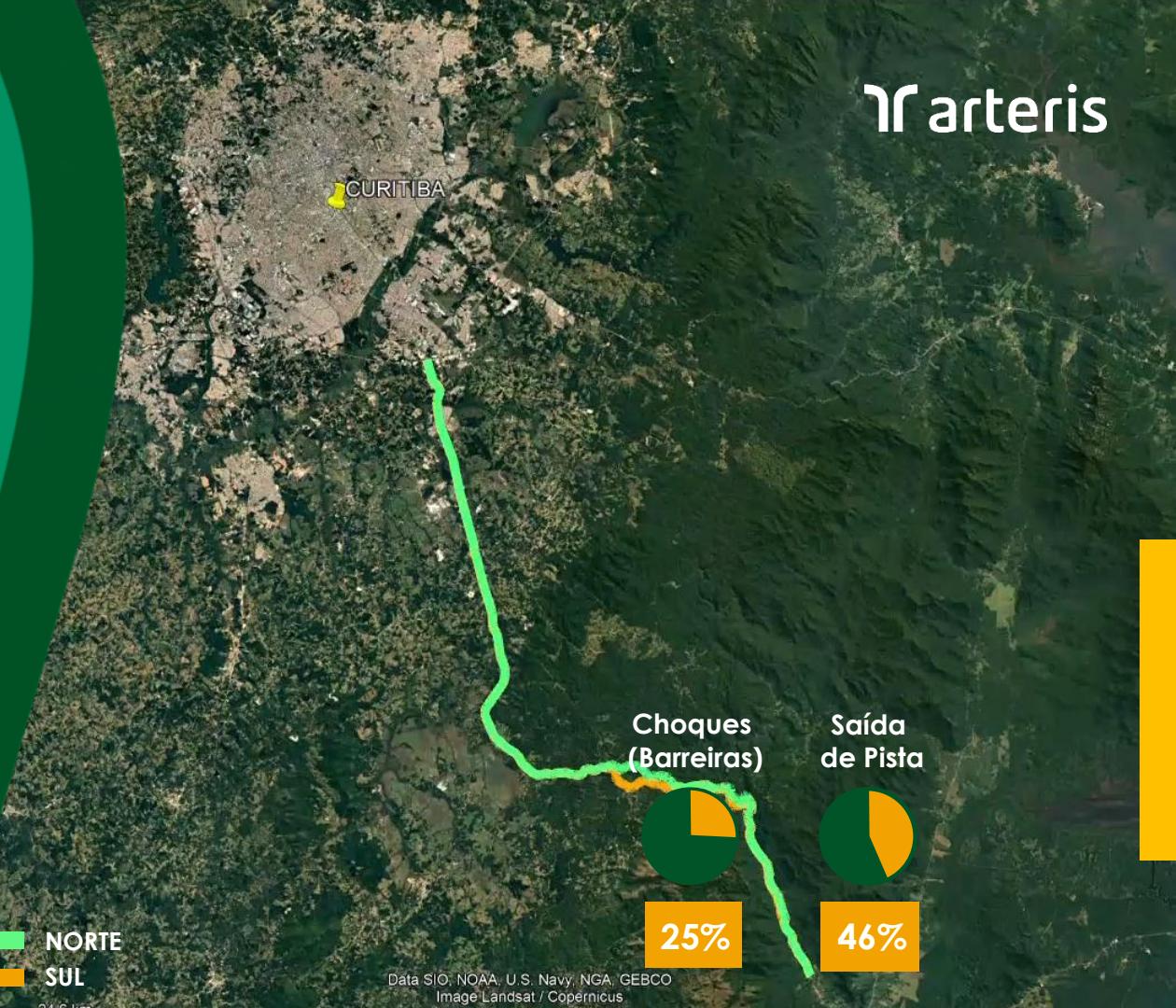
## ① EXTENSÃO: 3 km

668+000 a 665+000

## ② Trecho Sinuoso

Pista ascendente da serra (Norte)

## ③ Risco percebido nas curvas é menor que o risco real



# O CENÁRIO VIRTUAL

BR 376 – km 668 a km 665

arteris



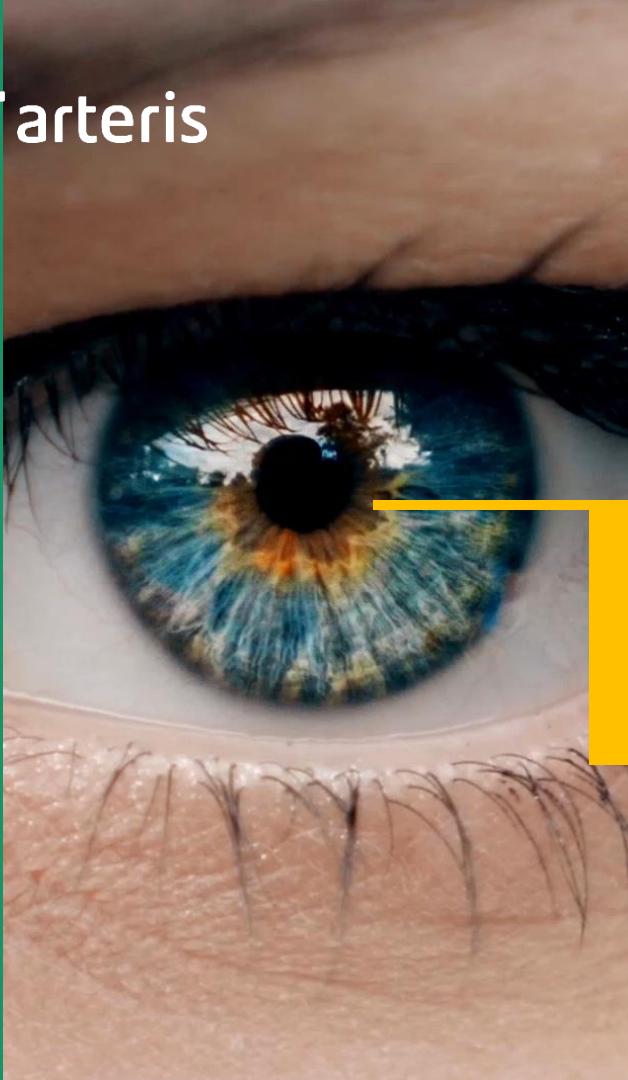
**CENÁRIO ANTIGO**

ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



**CENÁRIO ATUAL**

APÓS AS MODIFICAÇÕES



## O EYE-TRACKER



### Níveis de Processamento de Informação

São dispositivos que monitoram e registram os movimentos oculares de uma pessoa. O principal objetivo do eye tracking é entender para onde o condutor está olhando e por quanto tempo.

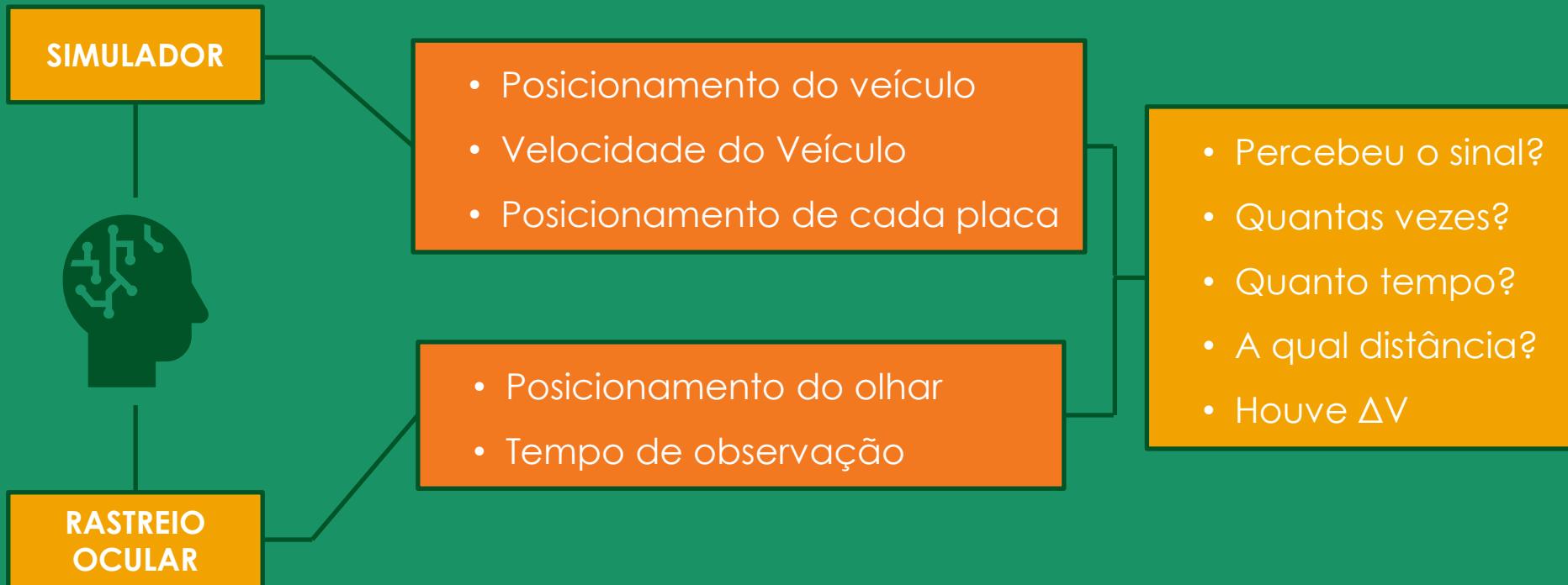


# EYE-TRACKER: FUNCIONAMENTO



# VARIÁVEIS COLETADAS NO SIMULADOR

arteris



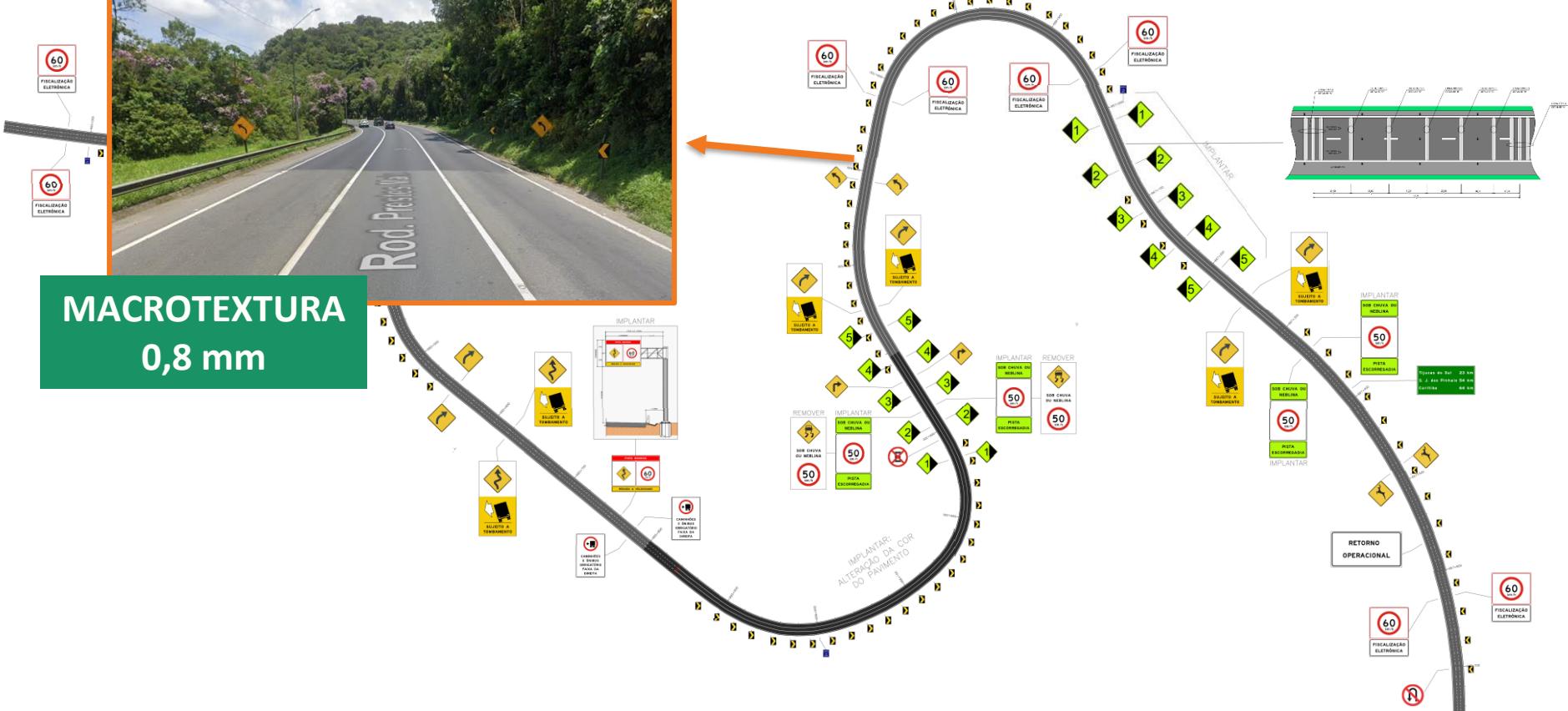
7

# IMPLEMENTAÇÃO

# DETALHE DA SOLUÇÃO IMPLANTADA



# MACROTEXTURA 0,8 mm



# REFORÇO DA SINALIZAÇÃO

arteris



CURVA DO KM 667

ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



CURVA KM 667

APÓS AS MODIFICAÇÕES

# REFORÇO DA SINALIZAÇÃO

arteris



CURVA DO KM 666+300

ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



CURVA KM 666+300

APÓS AS MODIFICAÇÕES

# REFORÇO DA SINALIZAÇÃO



**KM 665+700**

ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



**665+700**

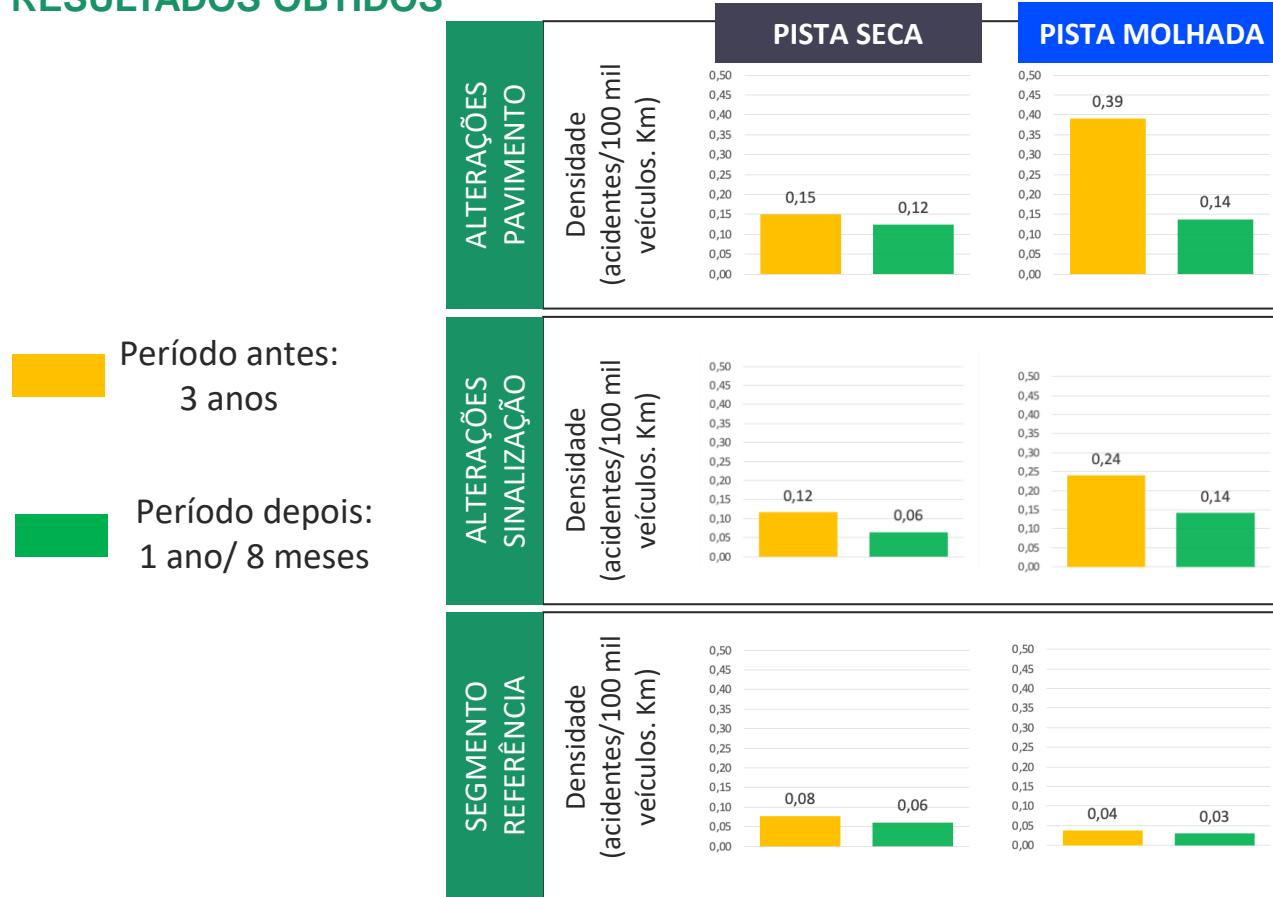
APÓS AS MODIFICAÇÕES

8

# ANÁLISE DA ACIDENTALIDADE

# AUTOPISTA LITORAL SUL – BR 376 - PROJETO 8

## RESULTADOS OBTIDOS



Pista Seca: Redução de 17,1%

Pista Molhada: Redução de 64,8%

Pista Seca: Redução de 44,5%

Pista Molhada: Redução de 41,0%

Pista Seca: Redução de 21,5%

Pista Molhada: Redução de 18,7%

9

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

# CONCLUSÕES



**Importância crucial da engenharia rodoviária na prevenção de acidentes**

**Importância da Macrotextura na Prevenção de Acidentes**

## Régis Bittencourt - Projeto 7

Redução absoluta de **58,4%** na densidade de acidentes com adoção de macrotextura de **2,0 mm**.

## Litoral Sul - Projeto 8

Redução absoluta de **20,9%** na densidade de acidentes com adoção de macrotextura de **0,8 mm**.

**Limites de Macrotextura em especificações técnicas**

Limites superiores rígidos em macrotextura podem restringir a eficácia de soluções para a redução de acidentes

# CONCLUSÕES



## Sinalização Otimizada e Percepção de Risco

**Implementação otimizada de sinalização** aumentou a percepção de risco e **reduziu a densidade de acidentes em 22,7%** em termos absolutos.

## Simuladores de Direção com Rastreamento Ocular

Simulador de direção e sistema de rastreio do olhar desempenham um papel importante na tomada de decisões - implementação de alterações na sinalização e no pavimento - uma vez que agregam a percepção de risco do condutor aos parâmetros normativos.