

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

Brasília, 05 de dezembro de 2023

 arteris

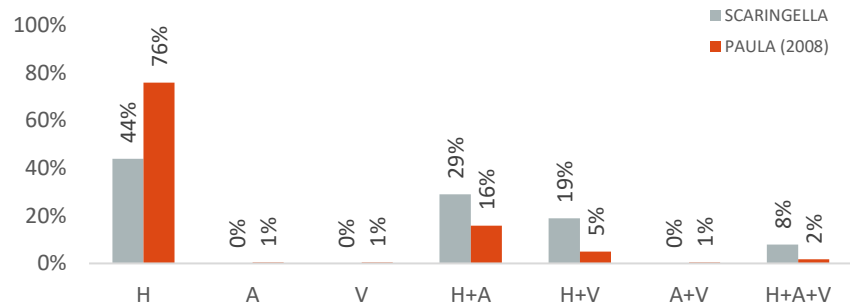


INTRODUÇÃO

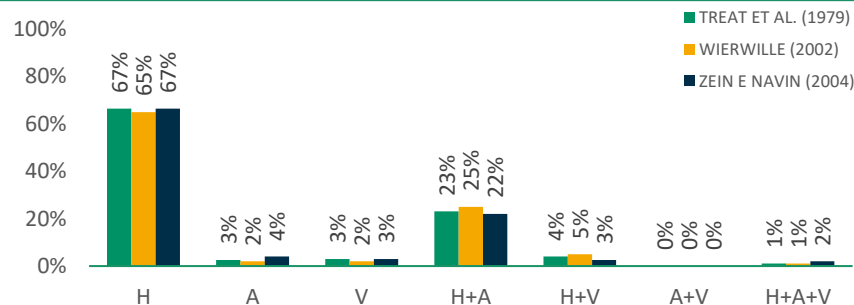
1

FATORES DE RISCO NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

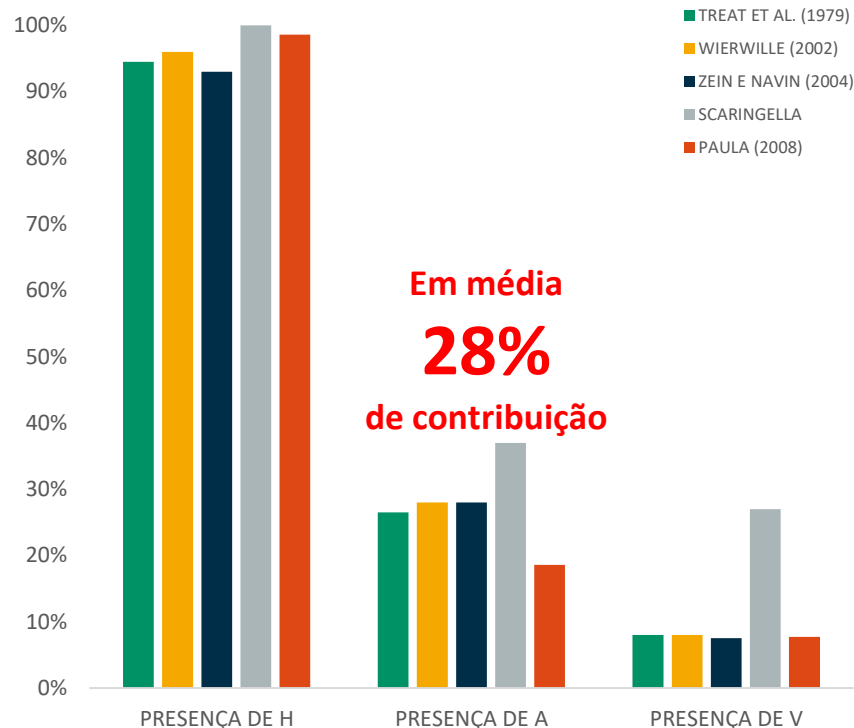
TRECHOS URBANOS



TRECHOS RODOVIÁRIOS



DADOS COMPILADOS



PROJETOS

2

 arteris

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.



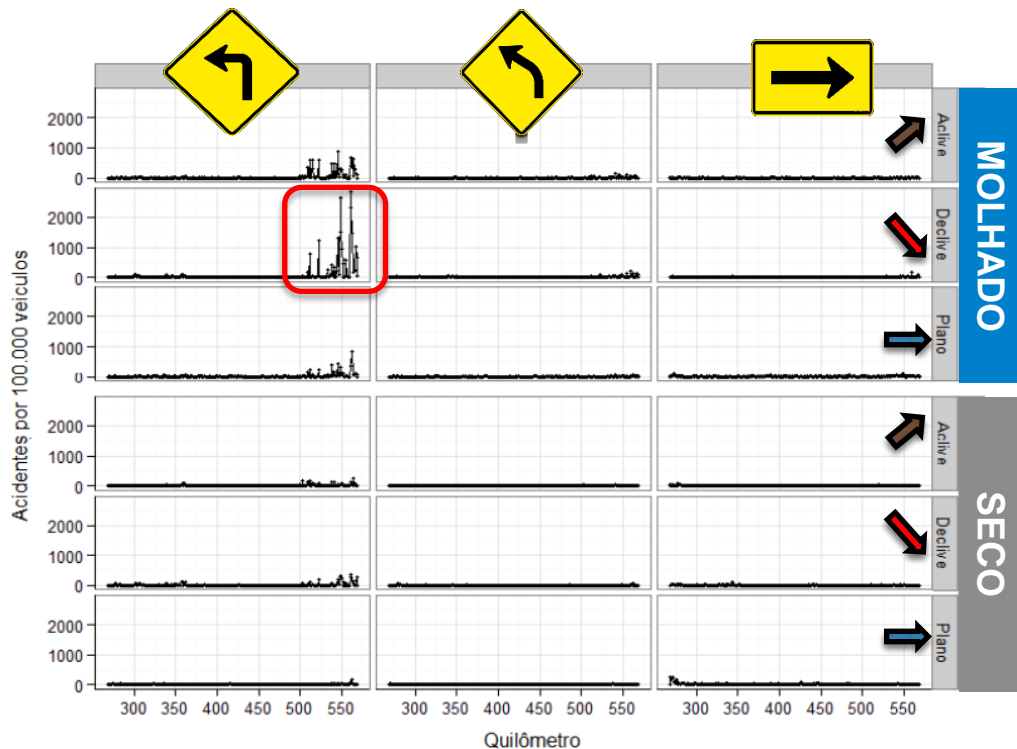
PROJETO 7
RÉGIS BITTENCOURT

3

 arteris

AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7

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



Principais elementos

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

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

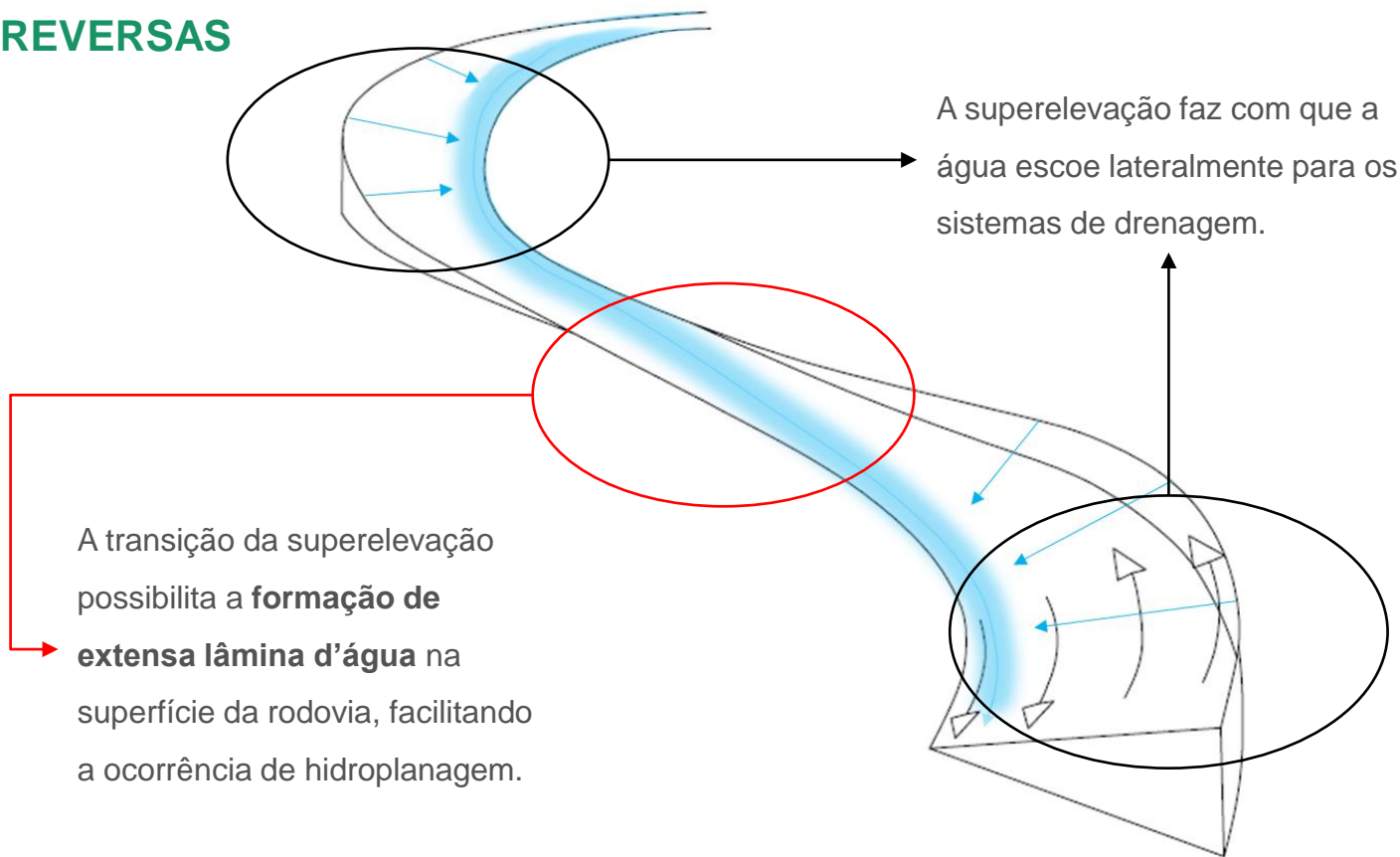
R = Raio de Curvatura (m)

V = Velocidade de Projeto (km/h)

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

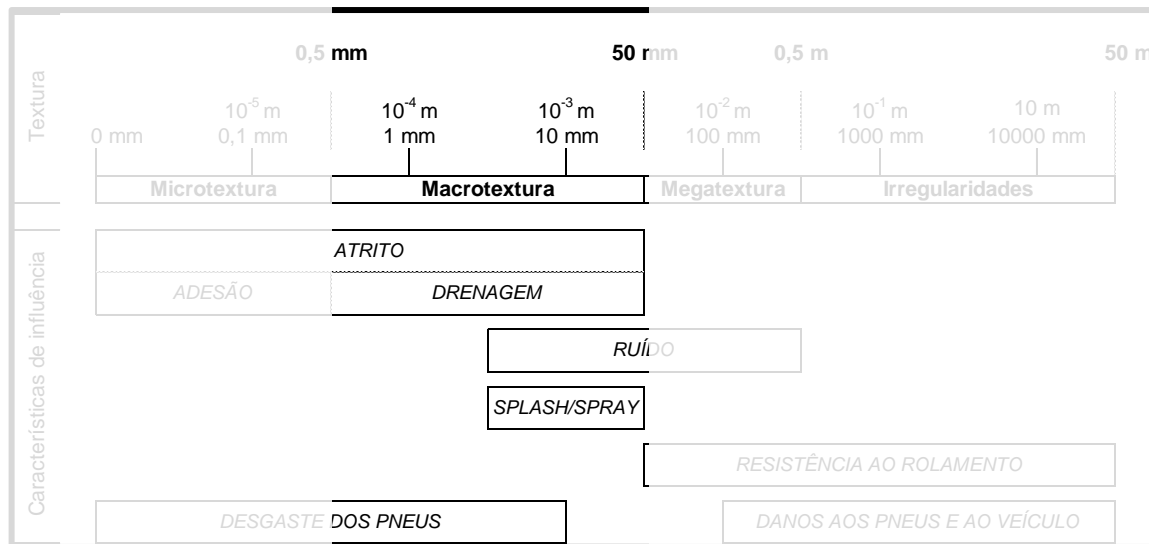
e = Superelevação (%).

CURVAS REVERSAS



AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7

TEXTURA DO PAVIMENTO



MACROTEXTURA



AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7

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



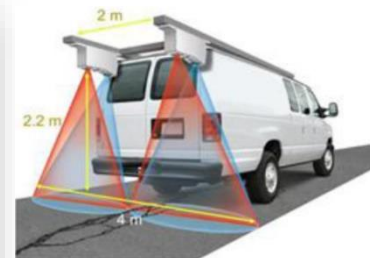
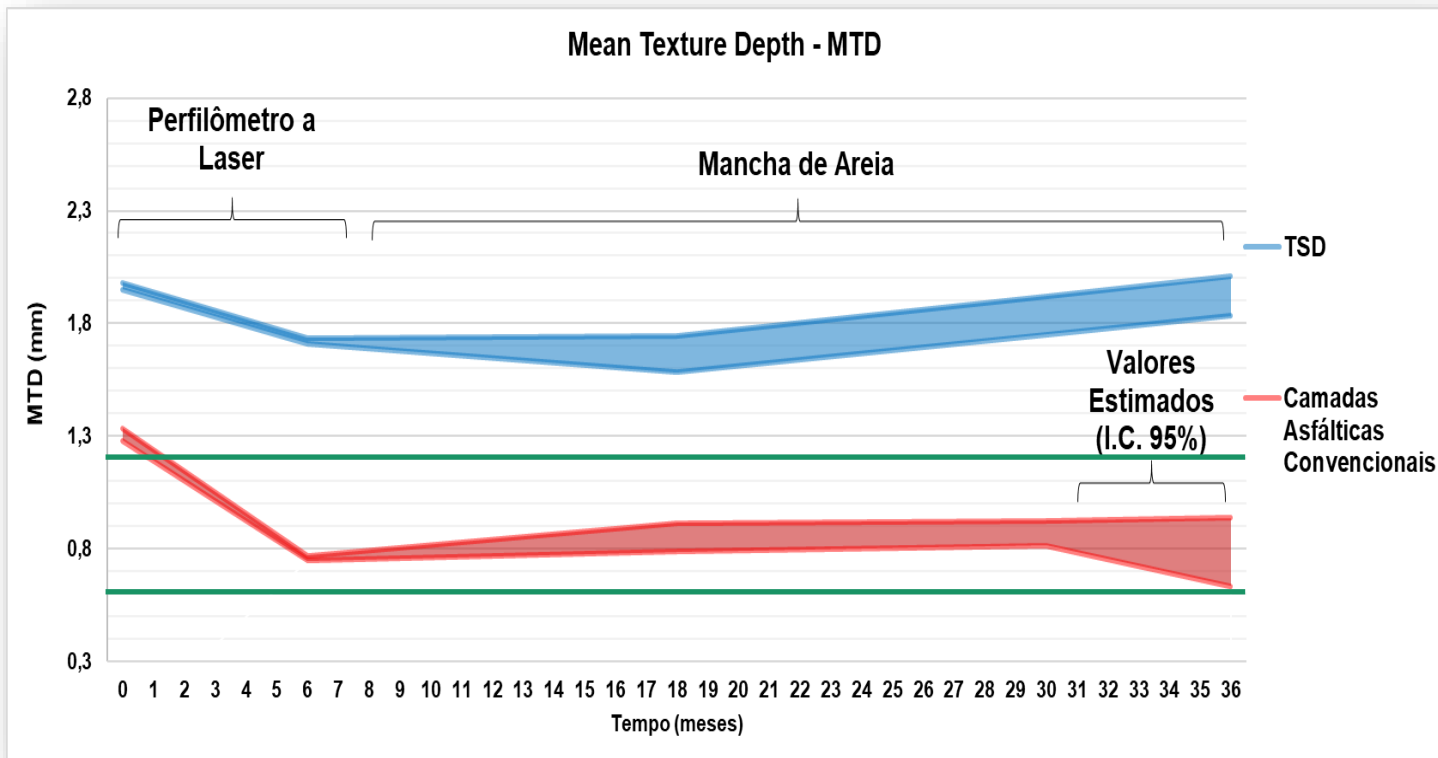
APLICAÇÃO DO TSD COM CAP MODIFICADO POR BORRACHA NOS TRECHOS EXPERIMENTAIS



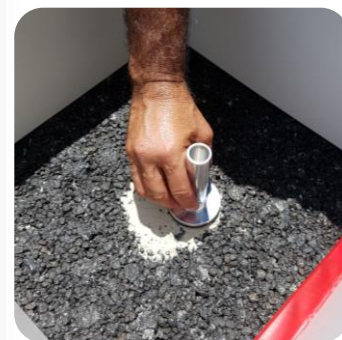
AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - PROJETO 7



AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA DA CAMADA DE TSD



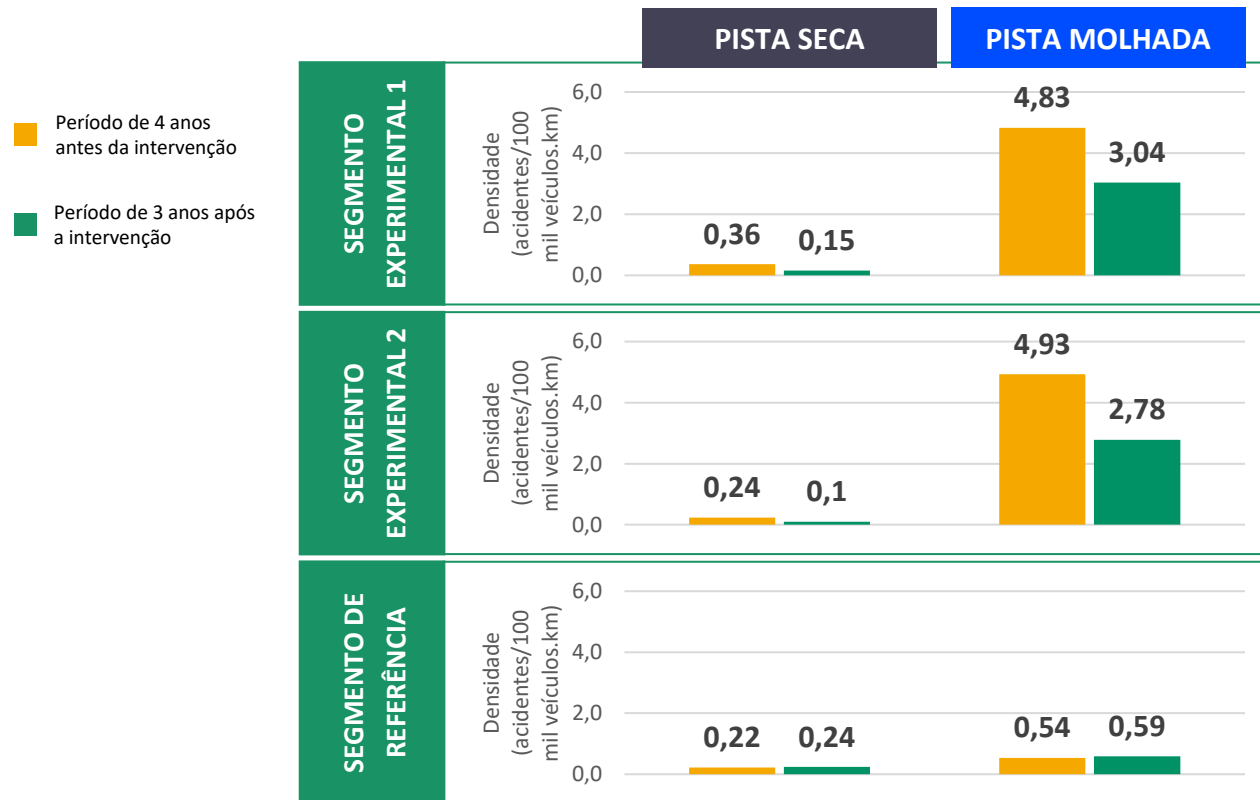
Perfilômetro a Laser



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

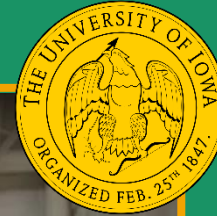
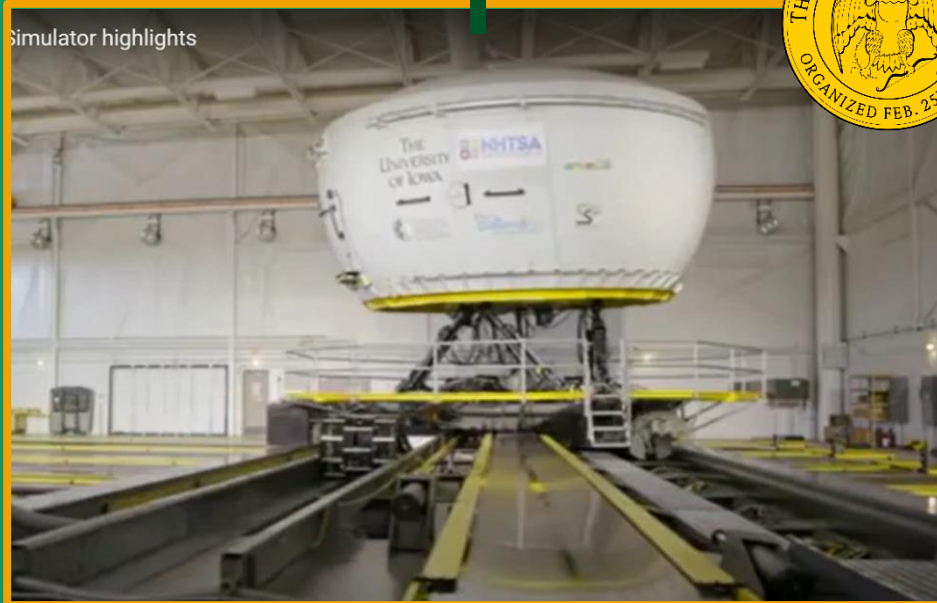
Primeiros estudos envolvendo
Simuladores de Direção para fins
de segurança viária no **Brasil**

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

Figueira, Larocca, Quintanilha,
Kabbach, 2014

2023

Simulator highlights



Driving Simulator, University of Iowa, USA

arteris

PARCEIROS



Driving Simulator

UNIVERSITY OF FLORIDA

USA





Truck Simulator

UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA

USA

arteris





Bike and Pedestrian Simulator

IOWA UNIVERSITY

USA

arteris



Driving Safety Research Institute



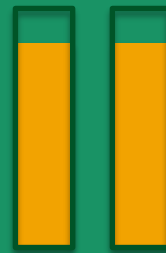
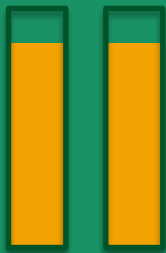
Cockpit Simulador de direção Universidade de São Paulo

arteris



OBJETIVO

DO USO DE SIMULADORES



OBJETIVO

DO USO DE SIMULADORES



Mitigação da accidentalidade viária
Mitigação da severidade dos acidentes

Comportamento do condutor

Estado da Pista

Geometria

Fluxo de Tráfego

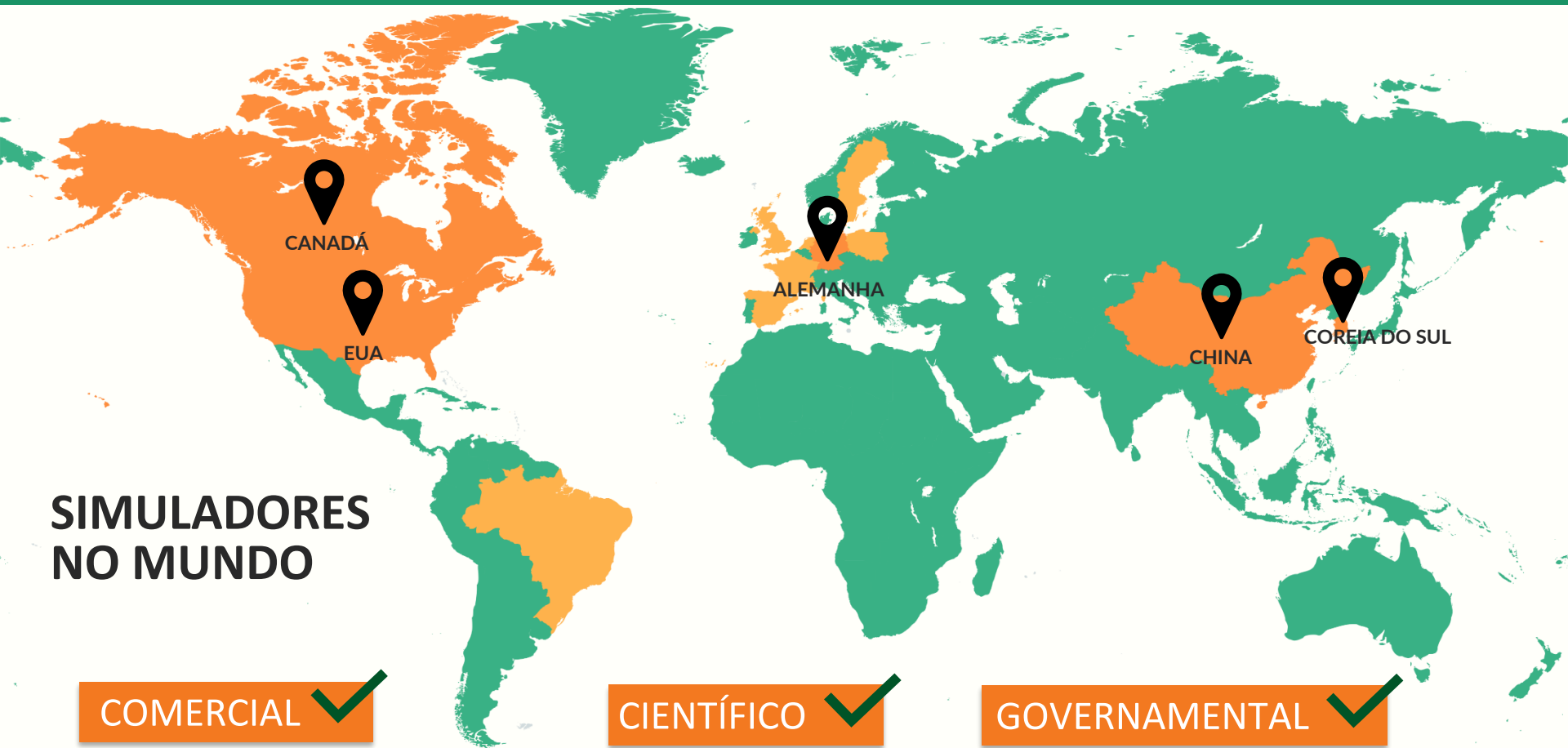
Avaliar de forma rápida, segura e econômica
os seguintes elementos

Sinalização

Entorno Viário

Desempenho do condutor

Simulação de Eventos Perigosos



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**.

FASES DO PROJETO

5

FASES DO PROJETO

1

DADOS

Levantamento das
informações do trecho,
análise estatística e
geoestatística

FASES DO PROJETO

1

DADOS

Levantamento das informações do trecho, análise estatística e geoestatística

2

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

— NORTE
— SUL

CURITIBA

Choques
(Barreiras)

Saída
de Pista

25%

46%

Data SIO: NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus

O CENÁRIO VIRTUAL

BR 376 – km 668 a km 665

arteris



CENÁRIO ANTIGO
ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



CENÁRIO ATUAL
APÓS AS MODIFICAÇÕES

O EYE-TRACKER



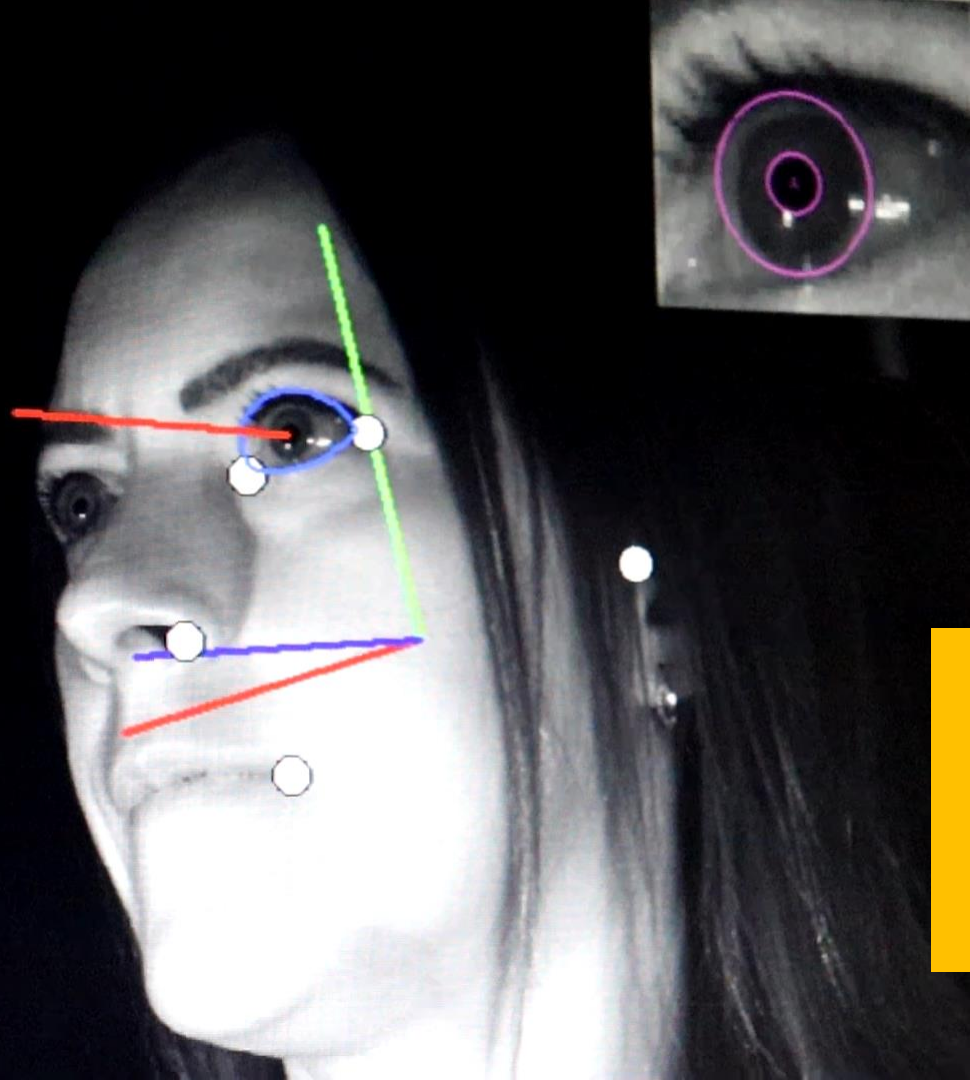
Níveis de Processamento de Informação

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.

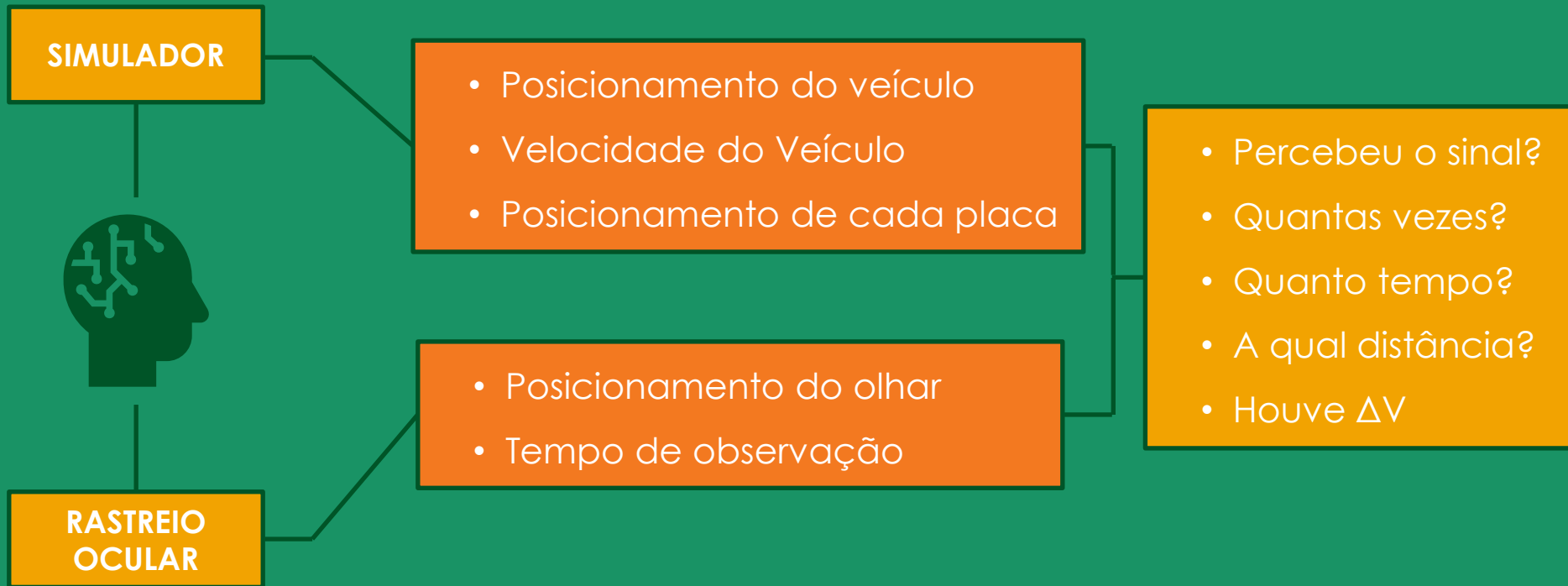


arteris

EYE-TRACKER: FUNCIONAMENTO



VARIÁVEIS COLETADAS NO SIMULADOR



IMPLANTAÇÃO

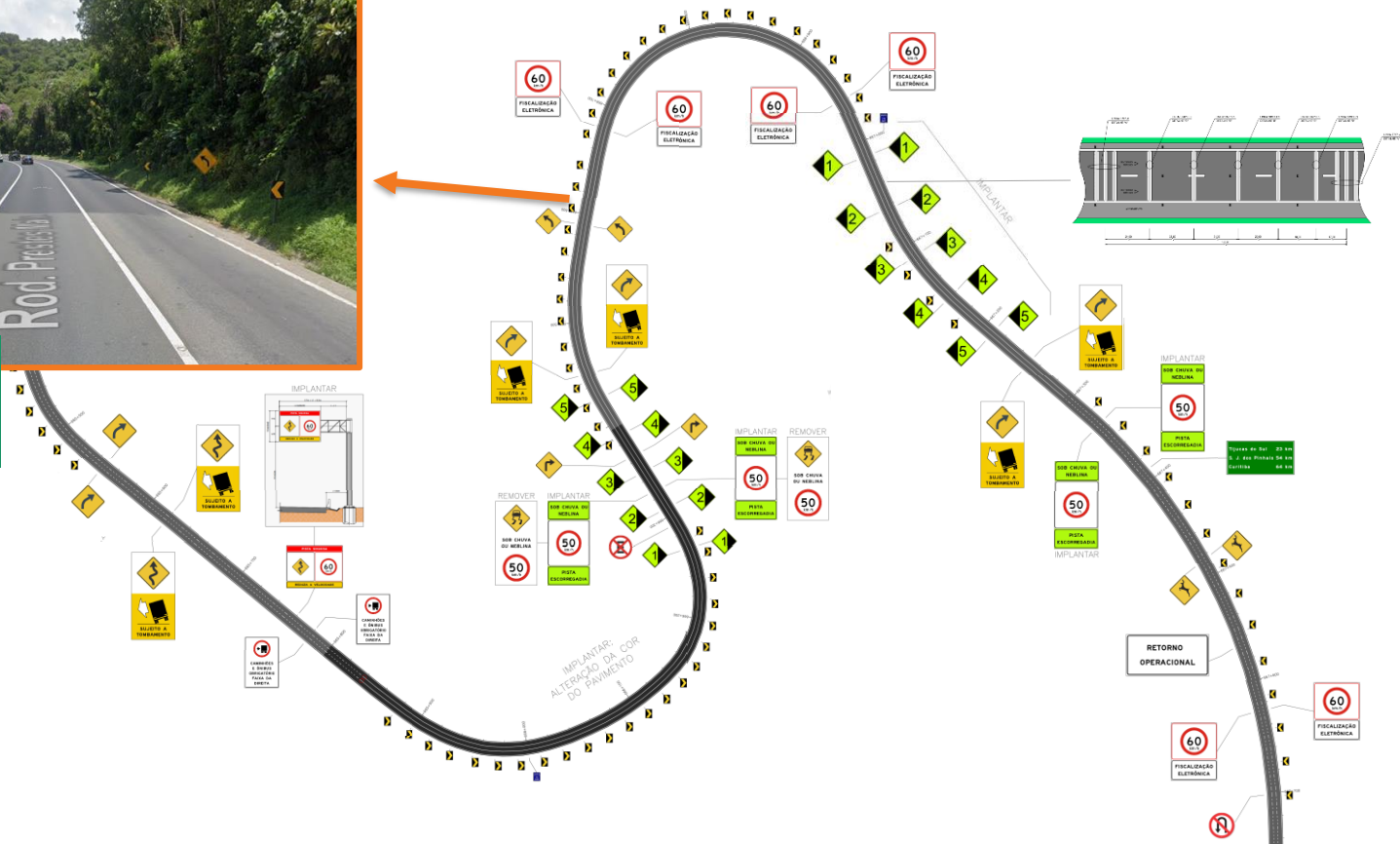
7

 arteris

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



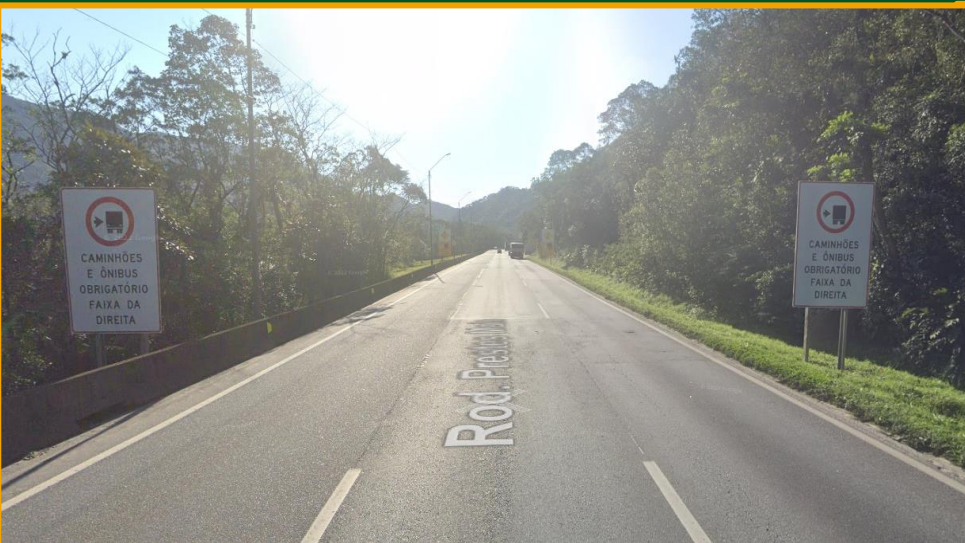
CURVA DO KM 666+300
ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



CURVA KM 666+300
APÓS AS MODIFICAÇÕES

REFORÇO DA SINALIZAÇÃO

arteris



KM 665+700
ANTERIOR AS MODIFICAÇÕES



665+700
APÓS AS MODIFICAÇÕES


ANÁLISE DA ACIDENTALIDADE


8

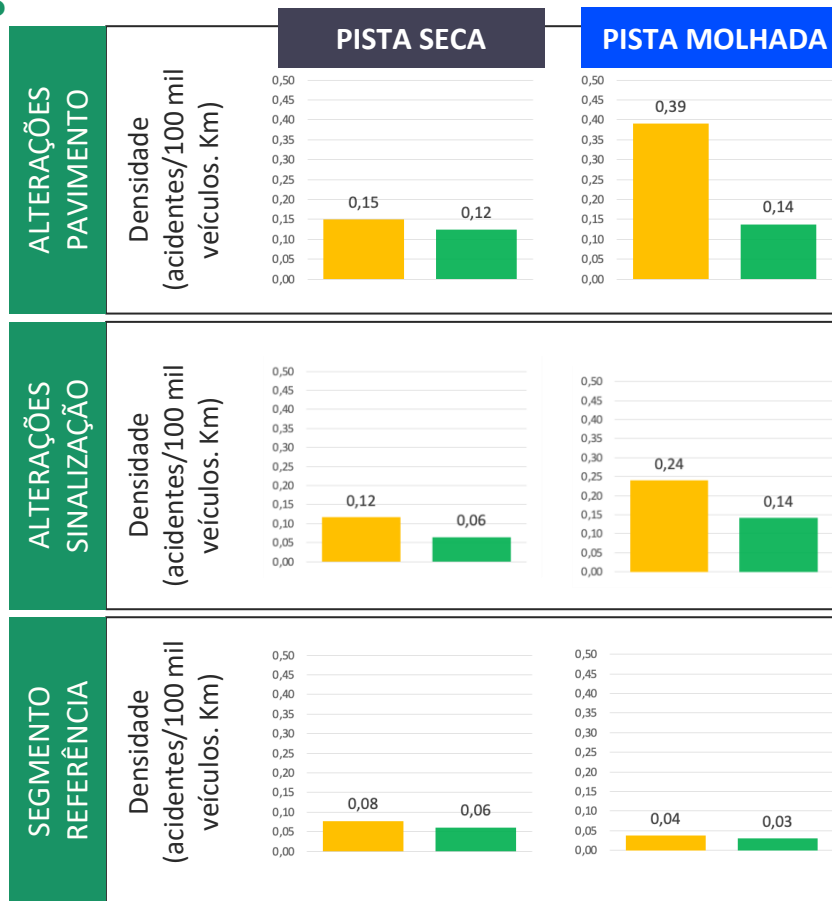
AUTOPISTA LITORAL SUL – BR 376 - PROJETO 8

RESULTADOS OBTIDOS



 Período antes:
3 anos

 Período depois:
1 ano/ 8 meses



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

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

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 rastreo 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.