



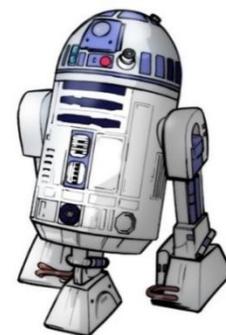
## THE DEVELOPER'S CONFERENCE

# Veículos Robotizados: Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista (ADAS) baseados em inteligência Artificial



MSc. Diego Renan Bruno

USP - Instituto de Ciências Matemáticas e de  
Computação





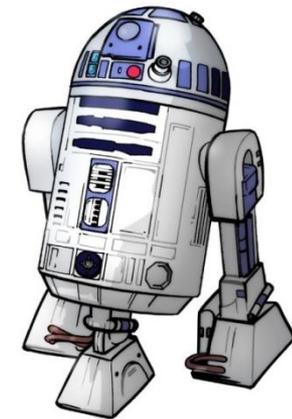
# Roteiro

## THE DEVELOPER'S CONFERENCE



- **Trabalhos Realizados**
- **Sistemas Avançados de Auxílio ao Condutor**
- **Veículos Robóticos Inteligentes**

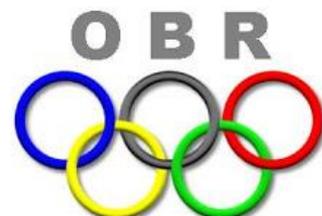
Aprendizado de Máquina  
Inteligência Artificial  
Visão Computacional  
Navegação de Veículos Robóticos





THE DEVELOPER'S  
CONFERENCE

# Trabalhos Realizados



Olimpíada Brasileira de Robótica



# 1. Introdução

- O trânsito é um dos principais causadores de acidentes fatais em todo o mundo, gerando um valor acima de **90%** para falhas humanas;
- **1.24 milhões** de mortes ocorrem em acidentes de trânsito a cada ano ao redor do mundo.

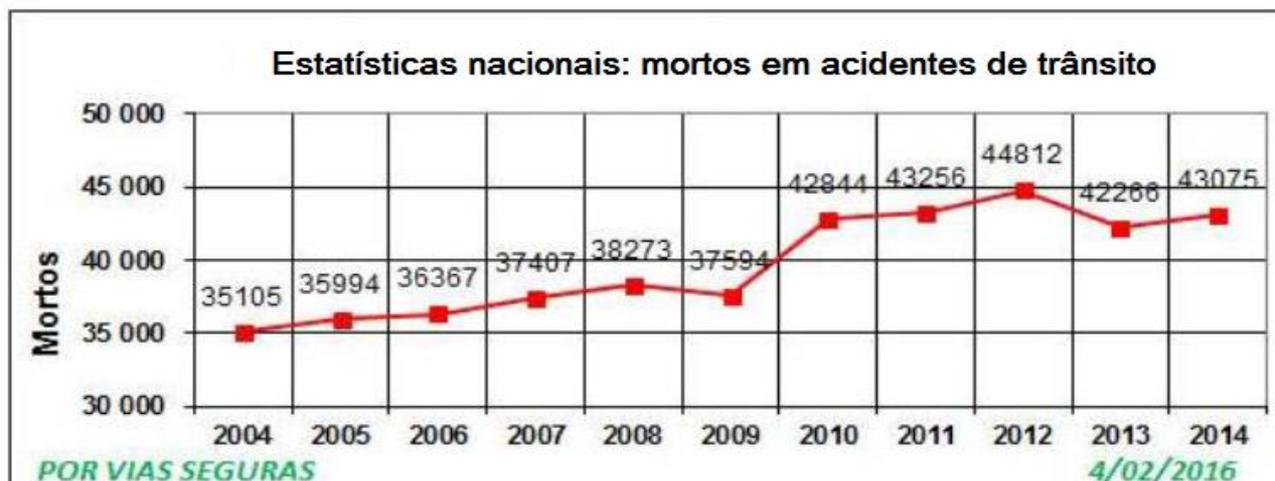


Gráfico 1: Número de óbitos em acidentes de trânsito registrados pelo Ministério da Saúde (VIA SEGURAS, 2016)



# O que buscamos na robotização de veículos??

Tomada de decisão com sentimentos e falhas...



## Máquinas que pensam...



- Tomada de decisão com suporte de base de regras bem definidas;
- Não toma decisão com base na emoção;
- Automação para correção de falhas humanas.

# DRIVER ASSISTANCE

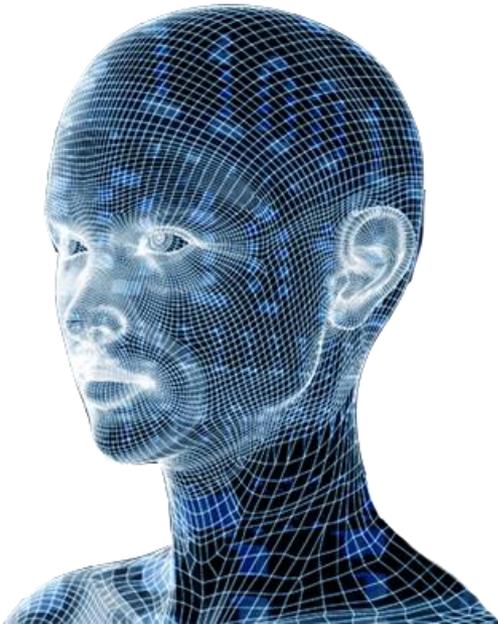
Drive Smarter. Drive Safer.

# Como a IA é vista hoje?

IA Geral

IA Restrita

Aprendizado de Máquina



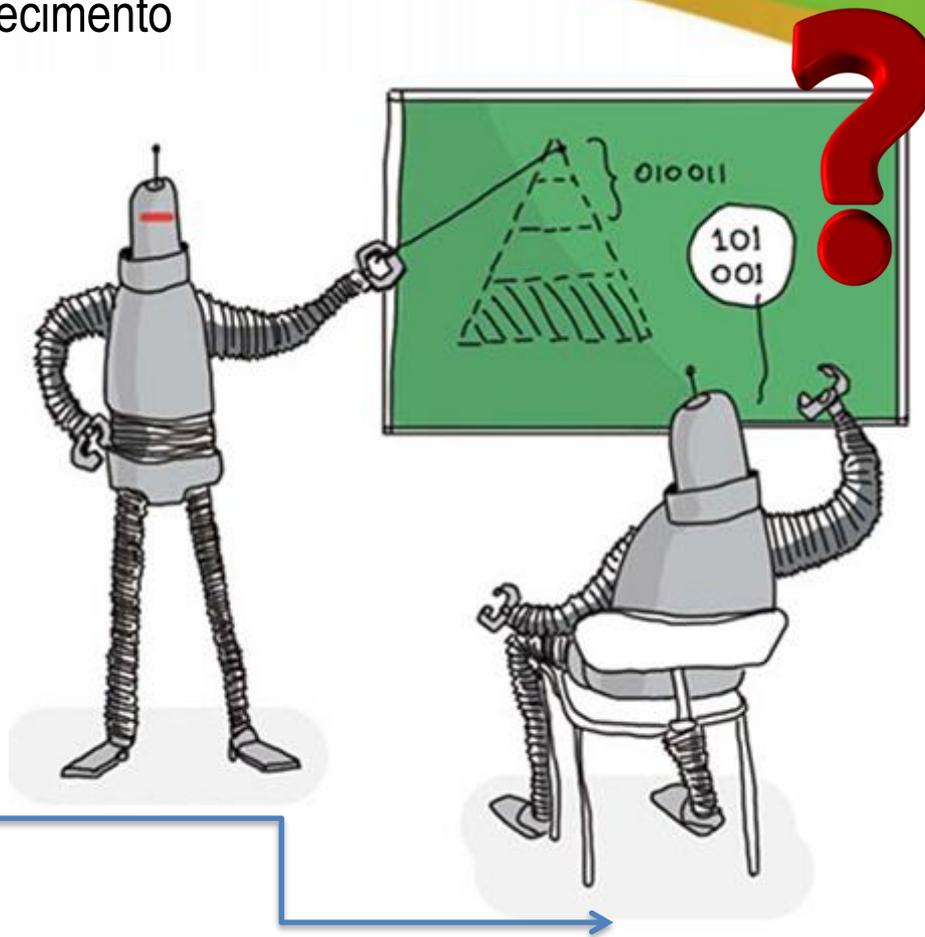
Steven Spielberg

# Aprendizado de Máquina

Dependente de uma base de conhecimento

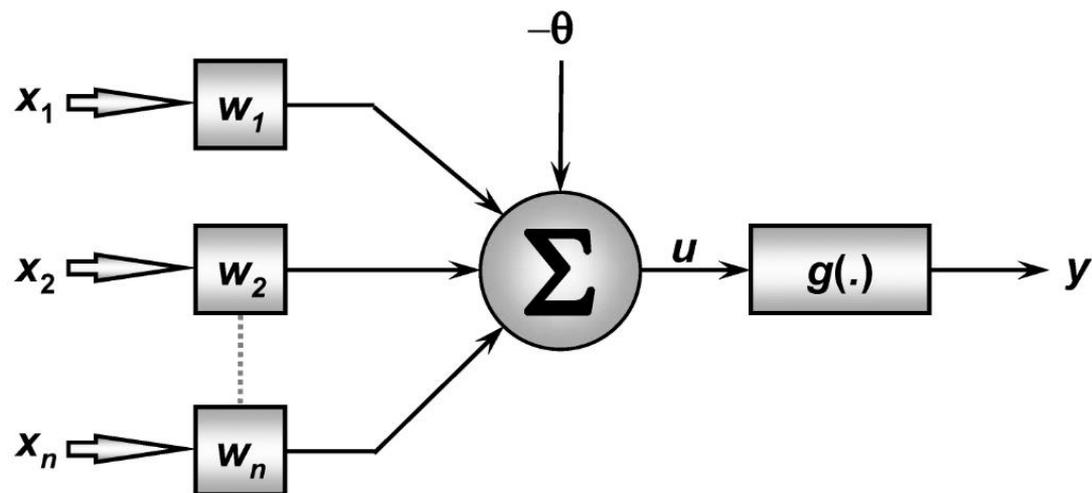
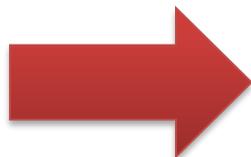
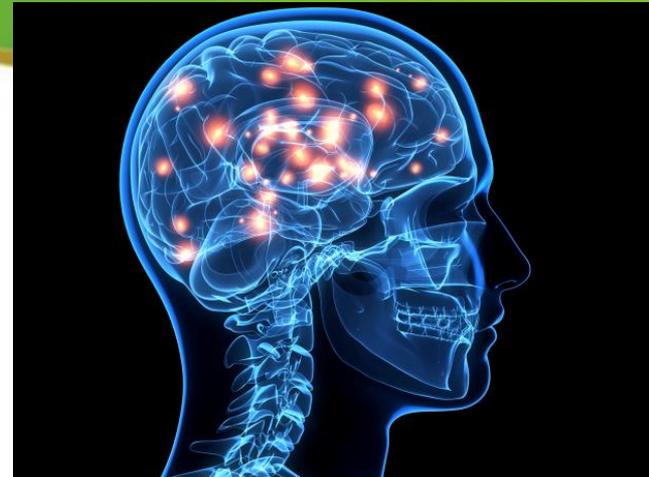
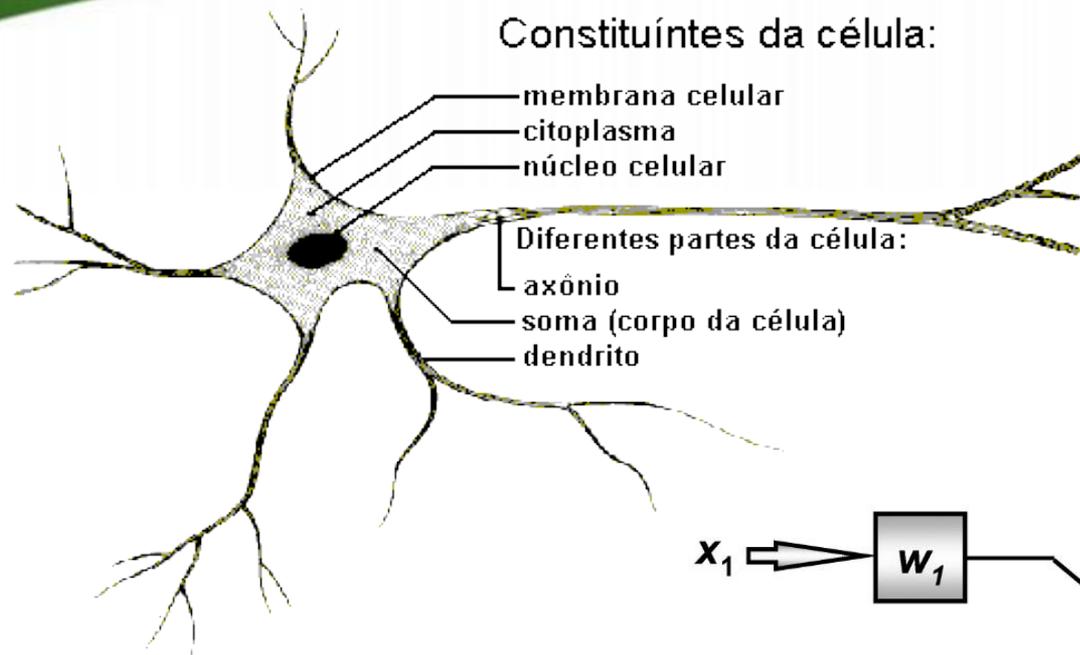
O objetivo do aprendizado de máquina (ou "*machine learning*") é programar computadores para aprender um determinado comportamento ou padrão automaticamente a partir de exemplos ou observações.

**DATASETS**



IA restrita

Baseadas em RNAs



# Desafios...



➤ Ambiente controlado com regras de trânsito (2007)



Trafegar com outros veículos



Tartan Racing



Cruzamentos



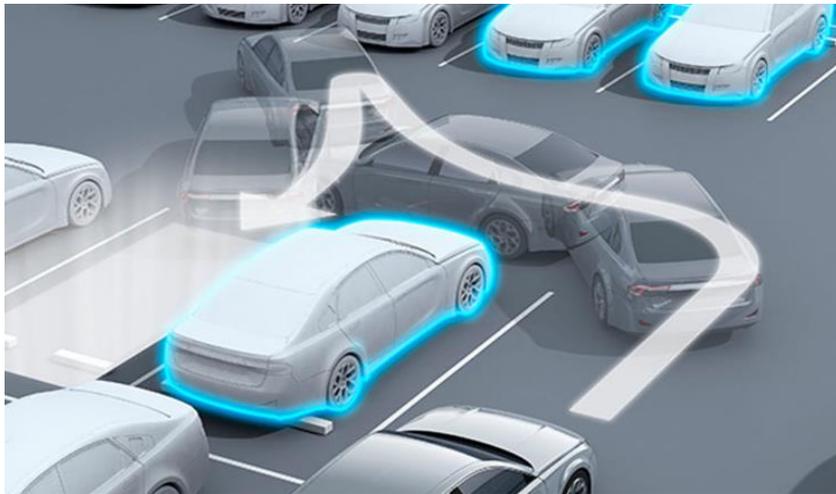
Stanford Racing



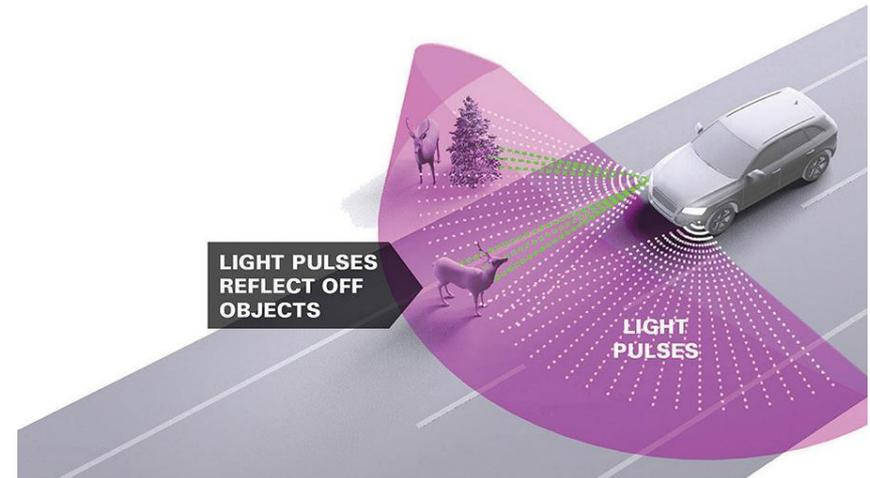
# Sistemas comerciais

**Robotização Veicular:** veículos comerciais atualmente:

- Sistemas Avançados de Assistência ao Condutor (ADAS)



FORD – Estacionamento Automático



BMW – LIDAR



Serviço

# SMART CITY



WAYMO

Uber

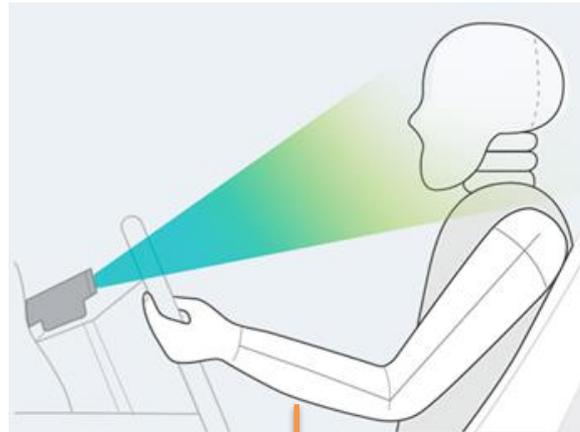


## 2. Objetivo

Por meio da robotização de veículos é possível:

- Reduzir falhas de controle e imprudências humanas com sistemas que utilizam: **Visão Computacional, Inteligência Artificial, Automação** e outras tecnologias para auxiliar um veículo a navegar de maneira segura.

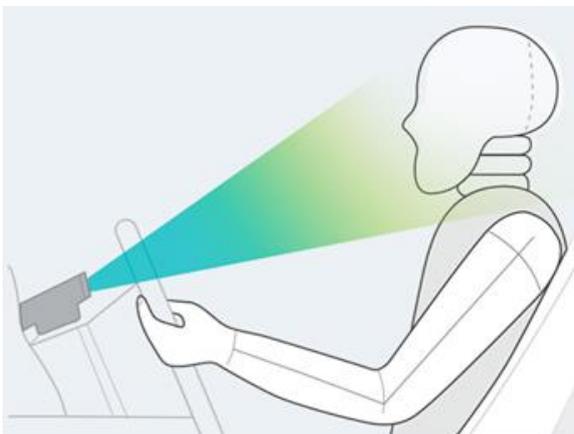
Veículos **Autônomos**  
ou **semi-autônomos**



## 3. Contextualização e motivação

### Motivação

- Auxílio na tarefa de dirigir;
- Piloto automático para viagens de longa duração;
- Rotinas automáticas para prevenção de acidentes;
- Auxílio para navegação de veículos autônomos;



# Trabalhos Realizados



## Laboratório de Robótica Móvel ICMC/USP - São Carlos

CARINA 1



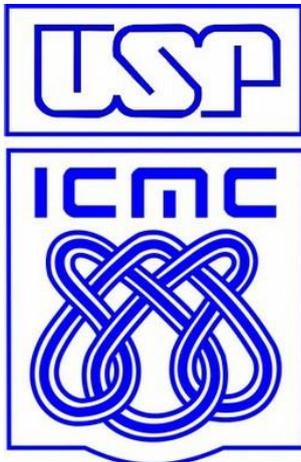
CARINA 2



# Trabalhos Realizados



**Laboratório de Robótica Móvel**  
ICMC/USP - São Carlos



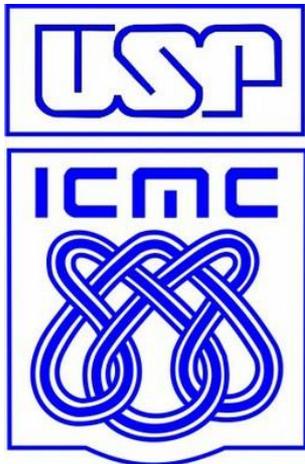
***Jacto***



# Trabalhos Realizados



## Laboratório de Robótica Móvel ICMC/USP - São Carlos

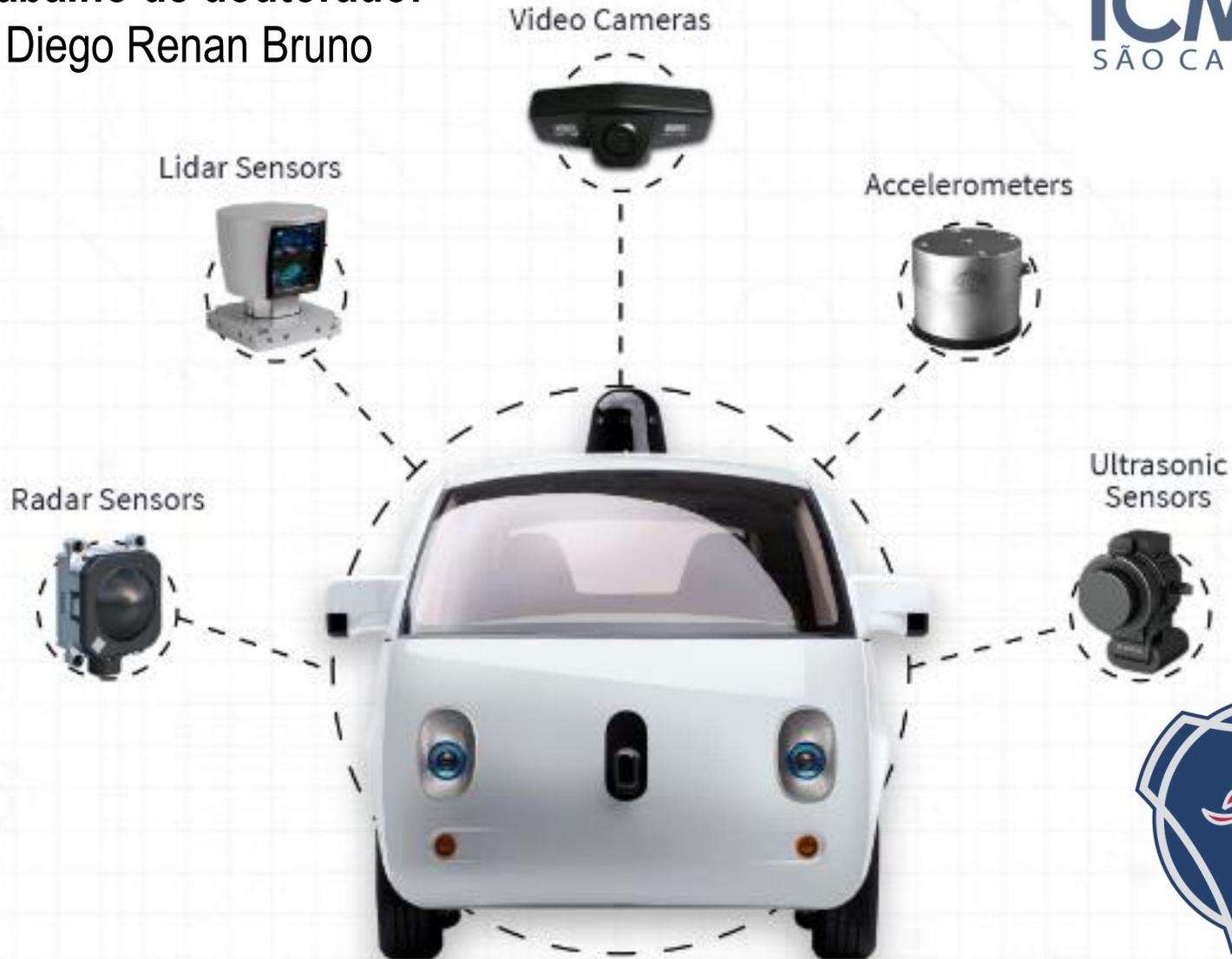


**SCANIA**



# PESQUISA - Veículos Autônomos

Trabalho de doutorado:  
Diego Renan Bruno



# 4. Sensoriamento

## Fusão de Sensores para Visão Computacional:

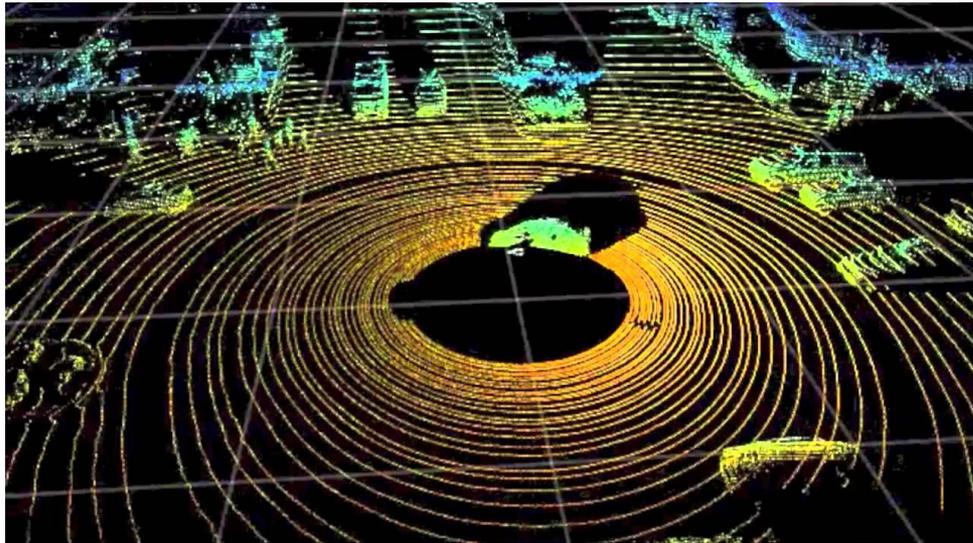
- **Câmera estéreo 3D:**  
Imagem 3D – (para detecção)  
Imagem 2D – (para reconhecimento)

- **LIDAR - *Velodyne* HDL- 32E:**  
Nuvem de pontos 3D – (para detecção)  
Fator de refletância dos objetos placas

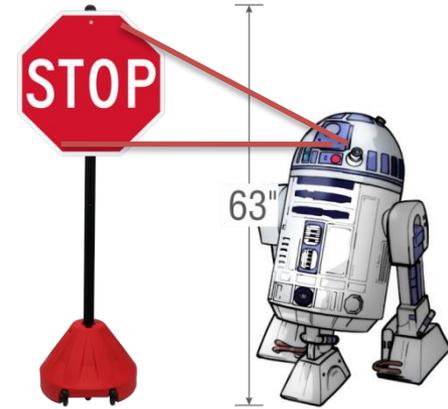


# 4. Sensoriamento

Fusão de Sensores para Visão Computacional:

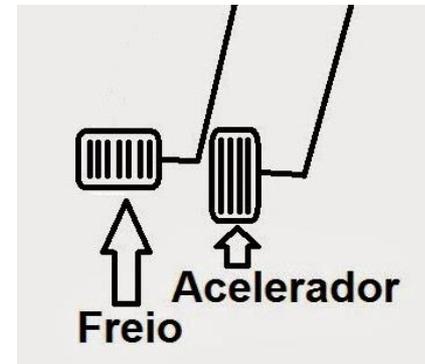


2D Data



3D Data

# 3. Sensoriamento



## Fusão de Sensores:

➤ **GPS de alta precisão:**  
Posicionamento preciso do veículo

➤ **Encoder para esterçamento da direção:**  
Verificar como o veículo está sendo manobrado

➤ **Unidade de medição inercial – (IMU):**  
Orientação do veículo

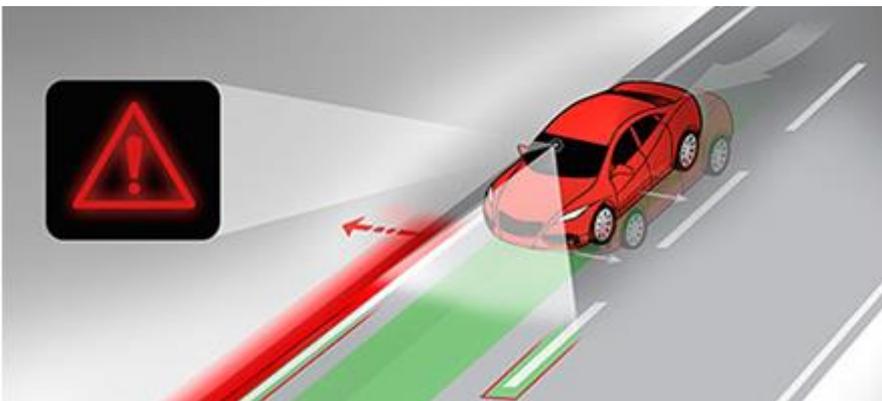


## 4. Contextualização e motivação



### Detecção de placas e semáforos de trânsito

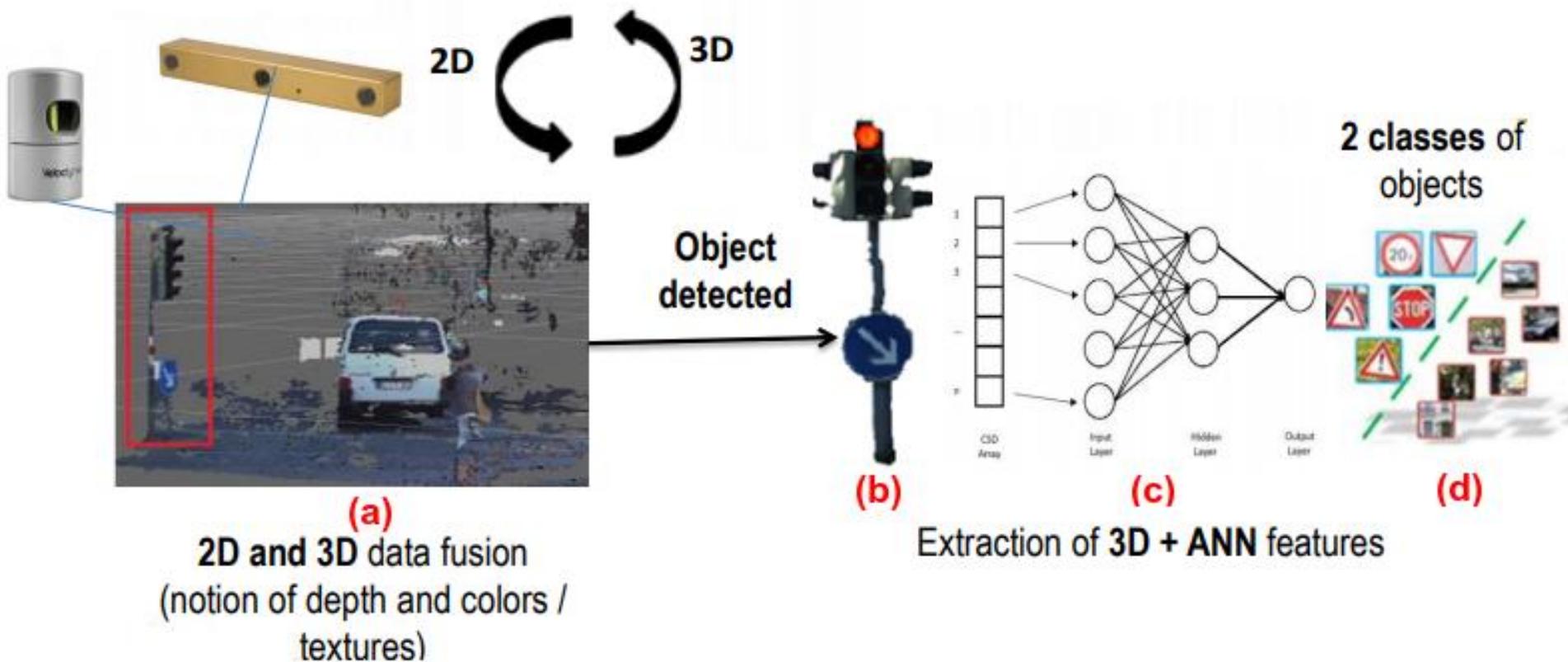
- *Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)*;  
Detecção e classificação de placas de trânsito;



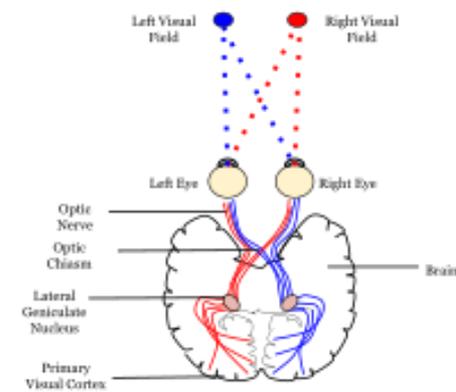
# 4. Contextualização e motivação



## Detecção de placas e semáforos de trânsito



# 5. IA Restrita – Deep Learning



## Extração de *features* 2D:

- **CNN:** Aprendem automaticamente a extrair *features* em imagens 2D

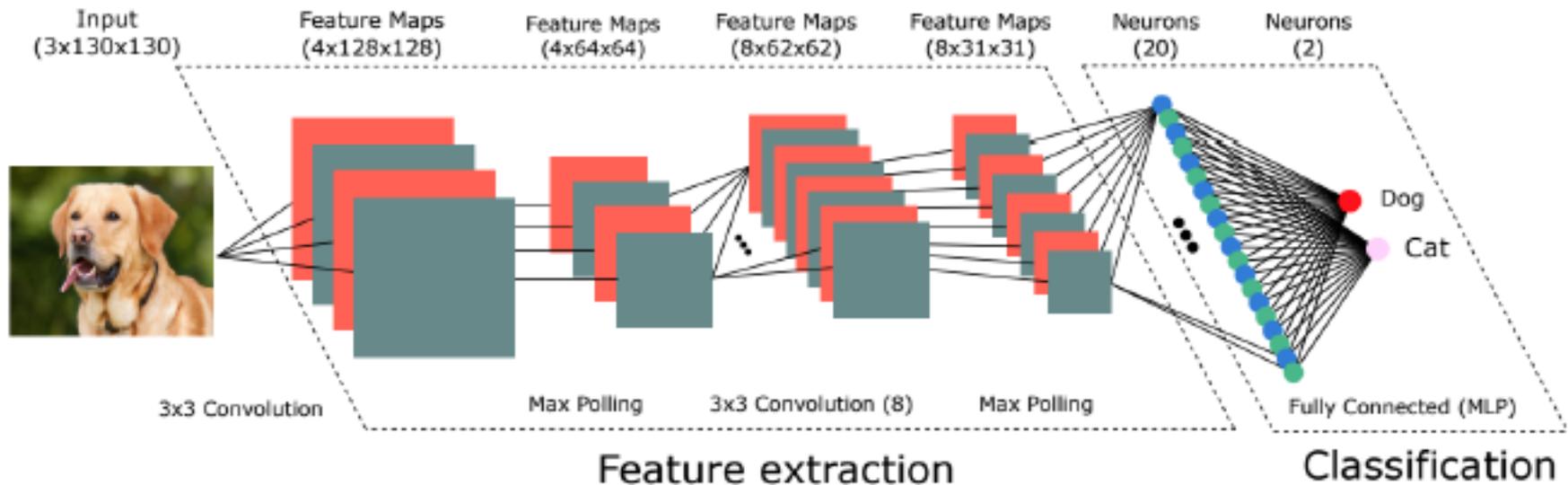


Figura 2: DCNN – [Mendes, 2017]

# 5. IA Restrita – Deep Learning

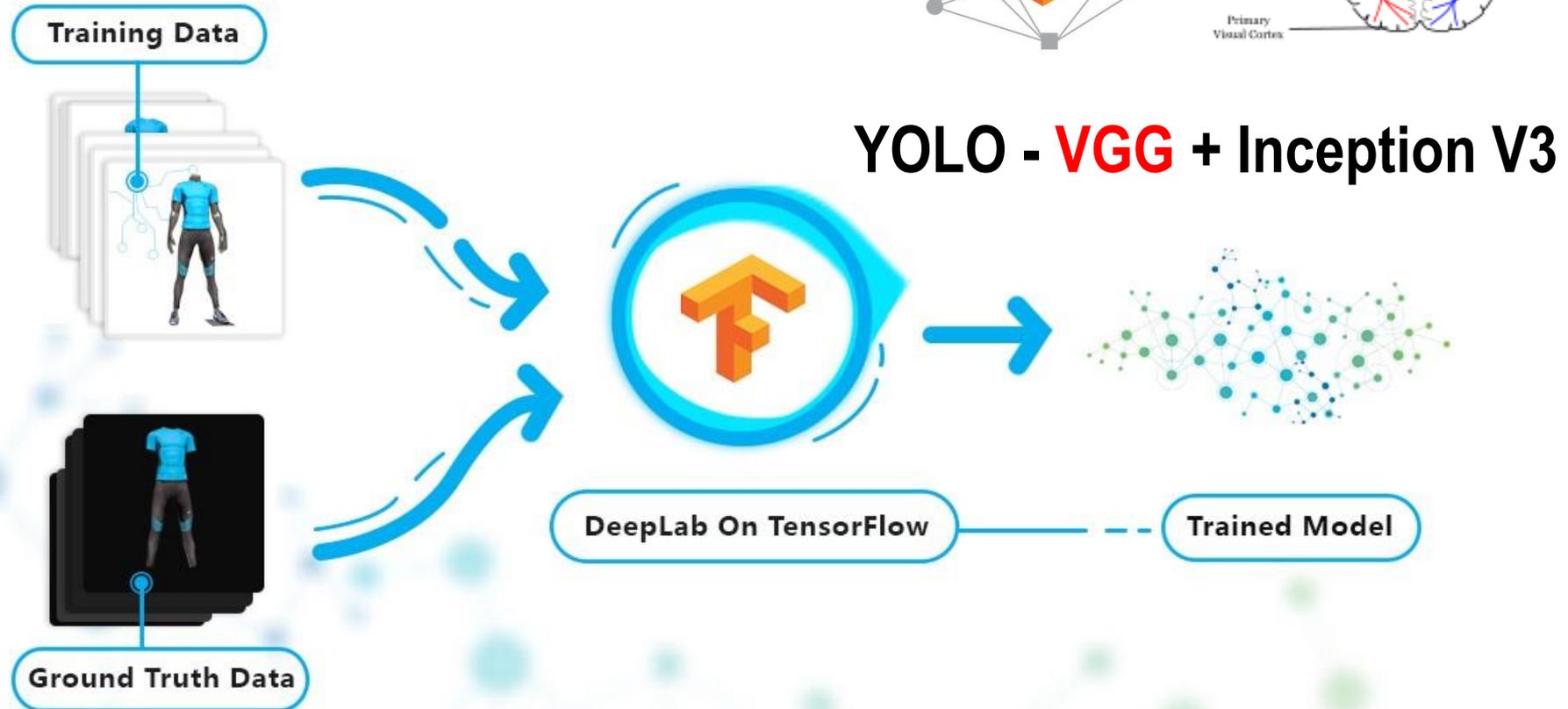
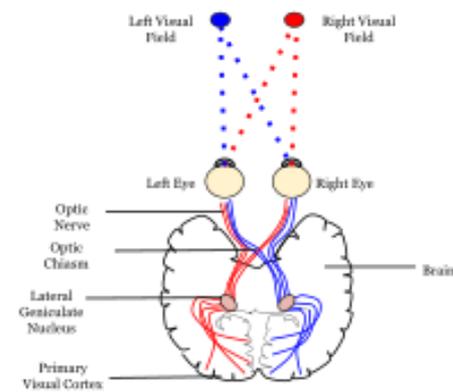


Figura 2: Transfer Learning

# 6. Arquitetura

Diagrama de blocos do sistema

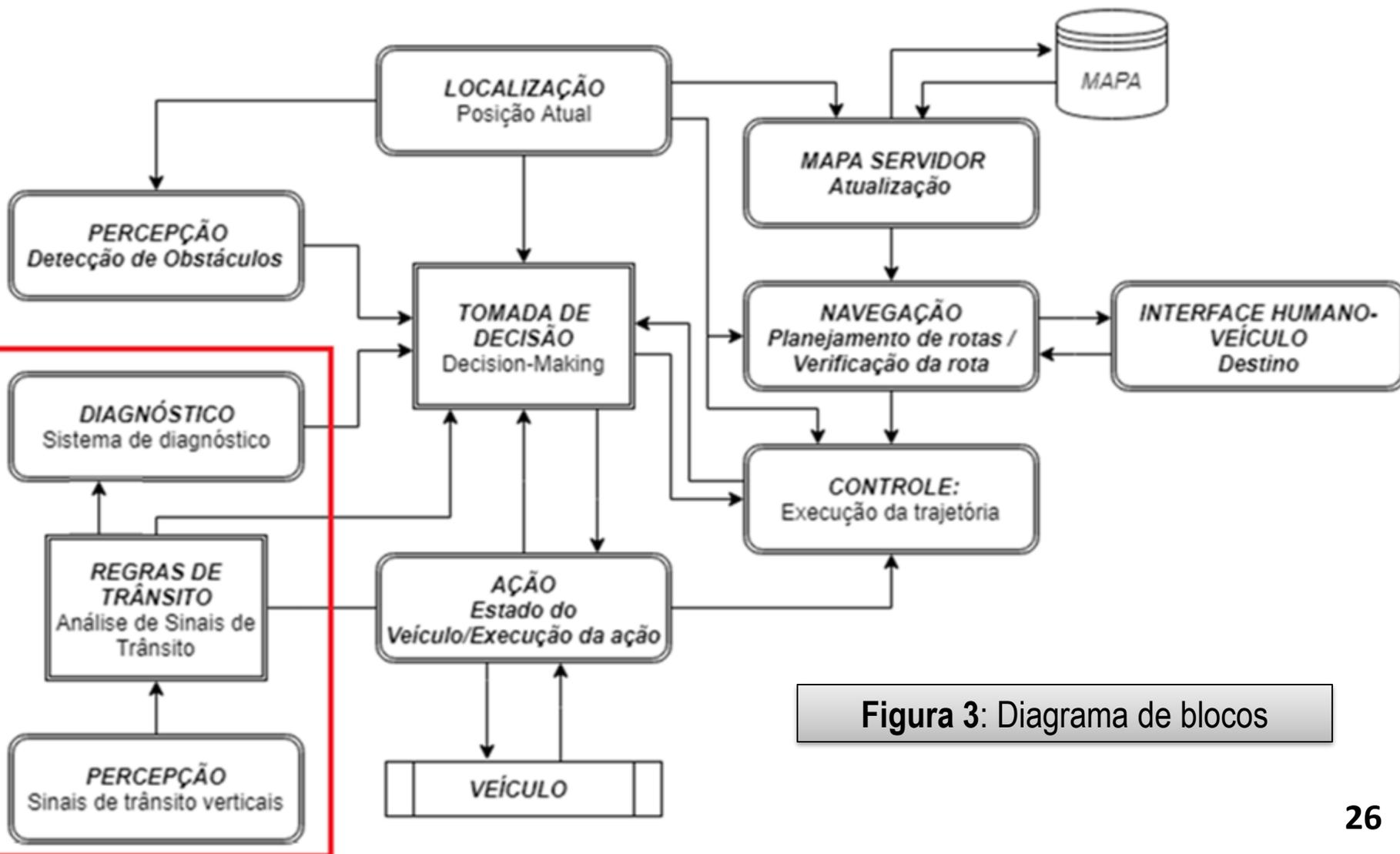
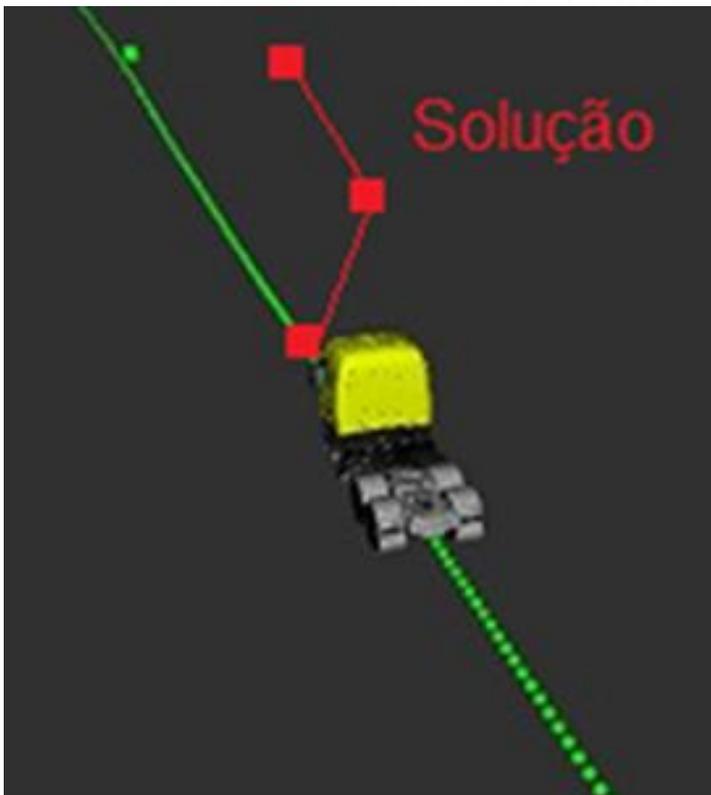


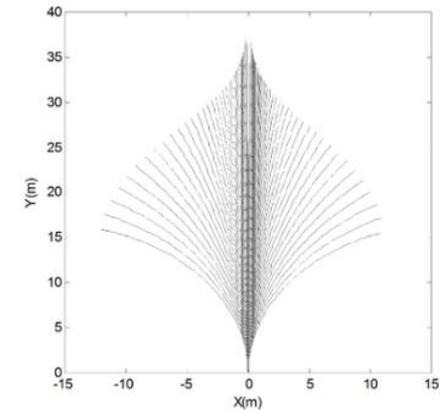
Figura 3: Diagrama de blocos

# 8. Seguidores de linha (GPS)

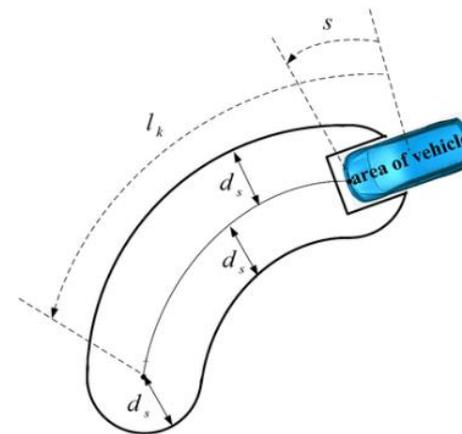
## Planejamento de rotas - GPS



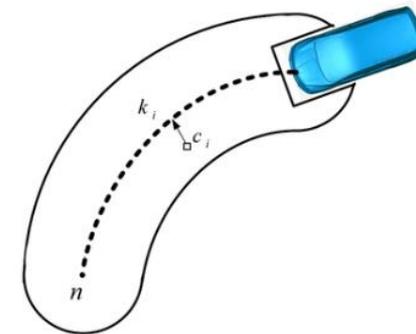
A Occupancy Grid



B 81 Tentacles in One Speed Set



C Support Area



D Obstacle Detection

# 9. Problemas

## Detecção de placas móveis – (rotas não mapeadas):

- Atenção Visual: Desvios, trechos em obras, perigo na pista;
- Detecção de cones e placas de advertência devem ter maior prioridade.

O mapeamento dos sinais de trânsito não seria eficiente neste tipo de situação



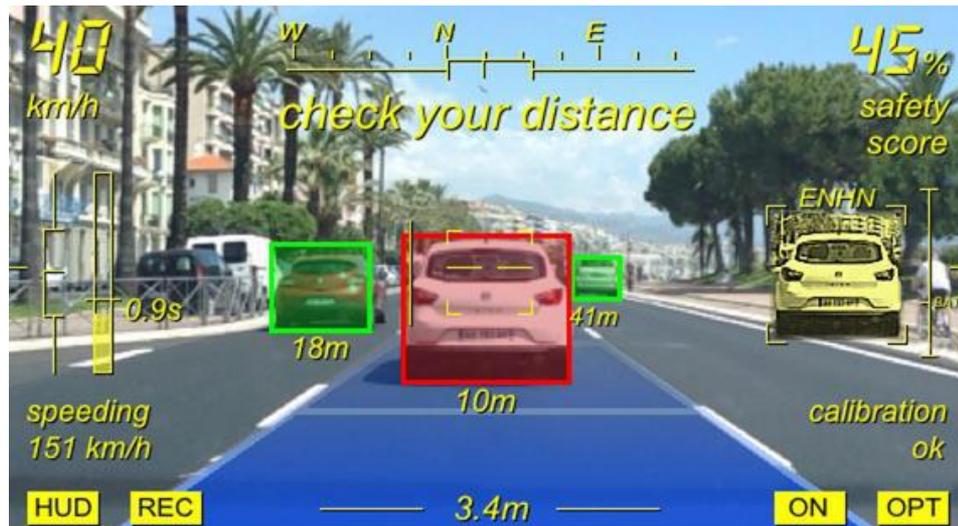
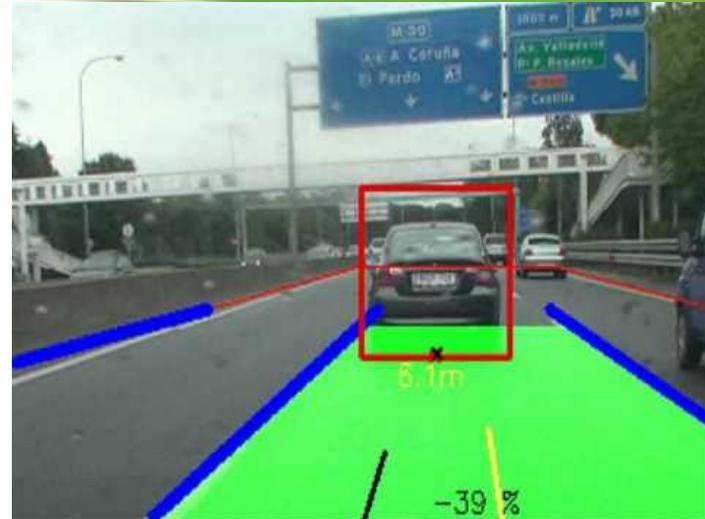
Desvios: Rota auxiliar



Trecho em obras: Velocidade reduzida

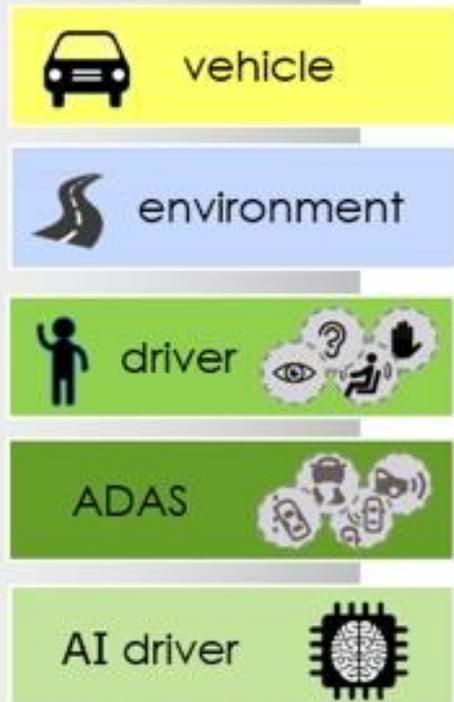
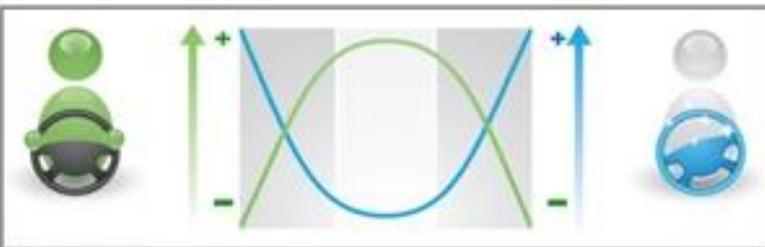


# 10. Planejamento de rotas



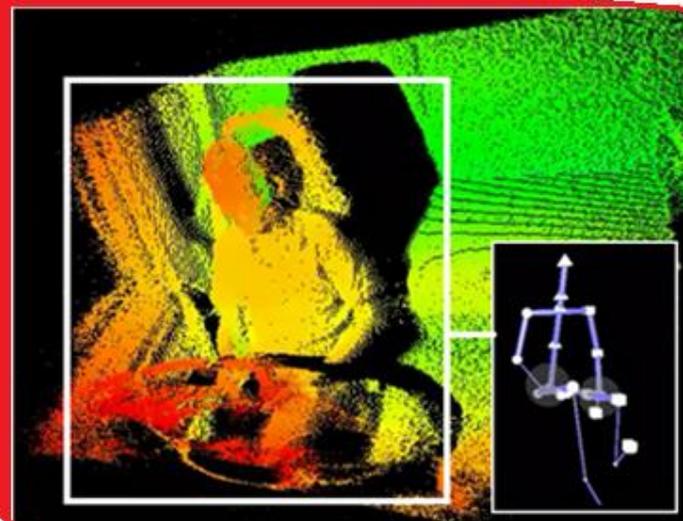
# 11. Aplicação: Detecção de sinais de trânsito

1. Suporte para auxiliar um humano na tarefa de dirigir;
2. Suporte para veículos autônomos (futuro);



## 12. Atenção visual

Análise do ambiente de navegação com regras de trânsito em conjunto com o comportamento do condutor



**DRIVER ASSISTANCE**  
DRIVE SMARTER. DRIVE SAFER.

# 13. Sistema em funcionamento

Percepção externa + percepção interna

ADAS proposto:



Auxilio ADAS (alertas + rotinas automáticas)



# 7. ADAS

## Máquina de Estados + RNA

### Classificação dos problemas de desrespeito as leis de trânsito

- Suporte ao controle autônomo ou semi-autônomo;
- Neuro-FSM: Suporte a detecção e correção de falhas.

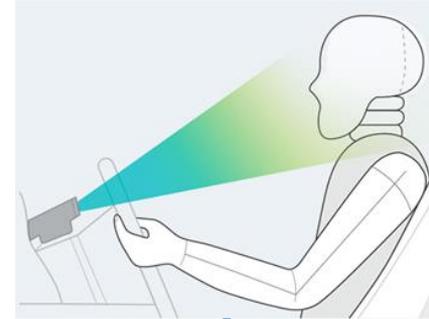


Figura 28: Mapa utilizado

Tipo da placa  
Placa Detectada

Velocidade Atual  
Valor Real

STOP

63°

RNA

Acelera - Mantém - Freia  
Ação

Velocidade/Ação  
Estado

Figura 29: Neuro-FSM



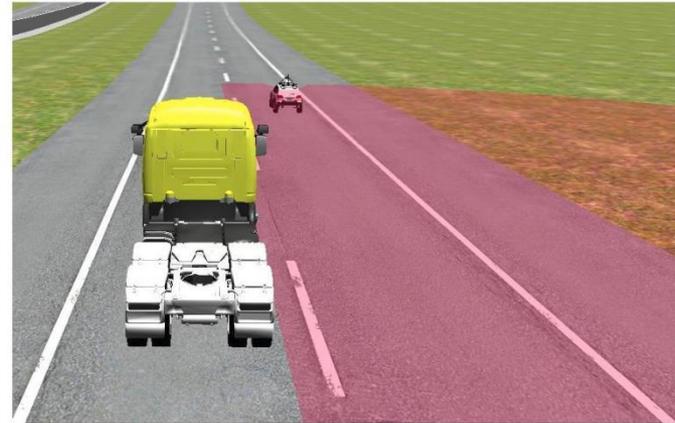
# 14. ADAS – Automação com base de regras

**Rotinas automáticas para suporte a tomada de decisão:**

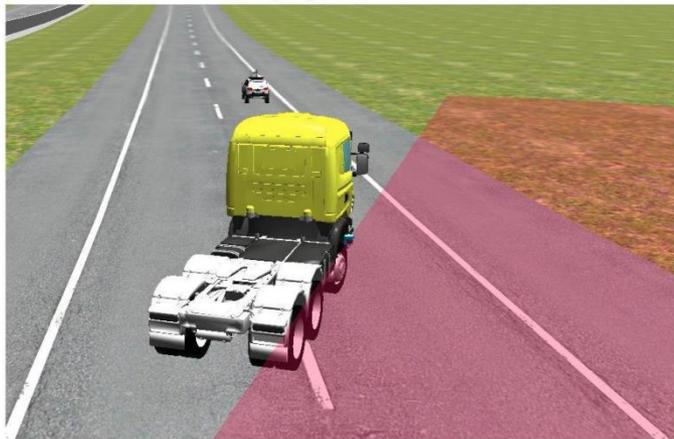
- Detecção de falhas humanas;
- Detecção de falhas de controle autônomo.



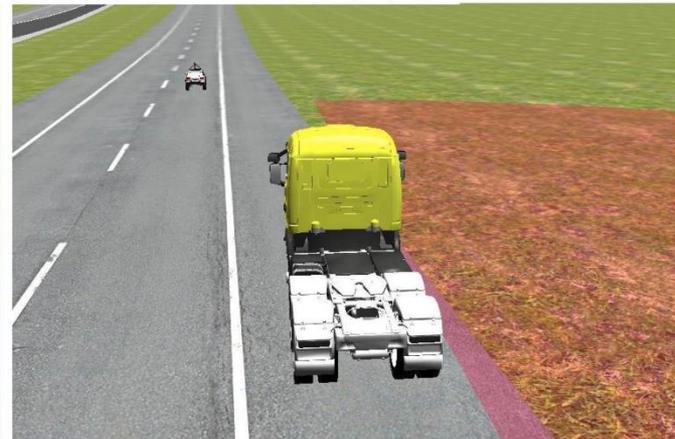
(a)



(b)



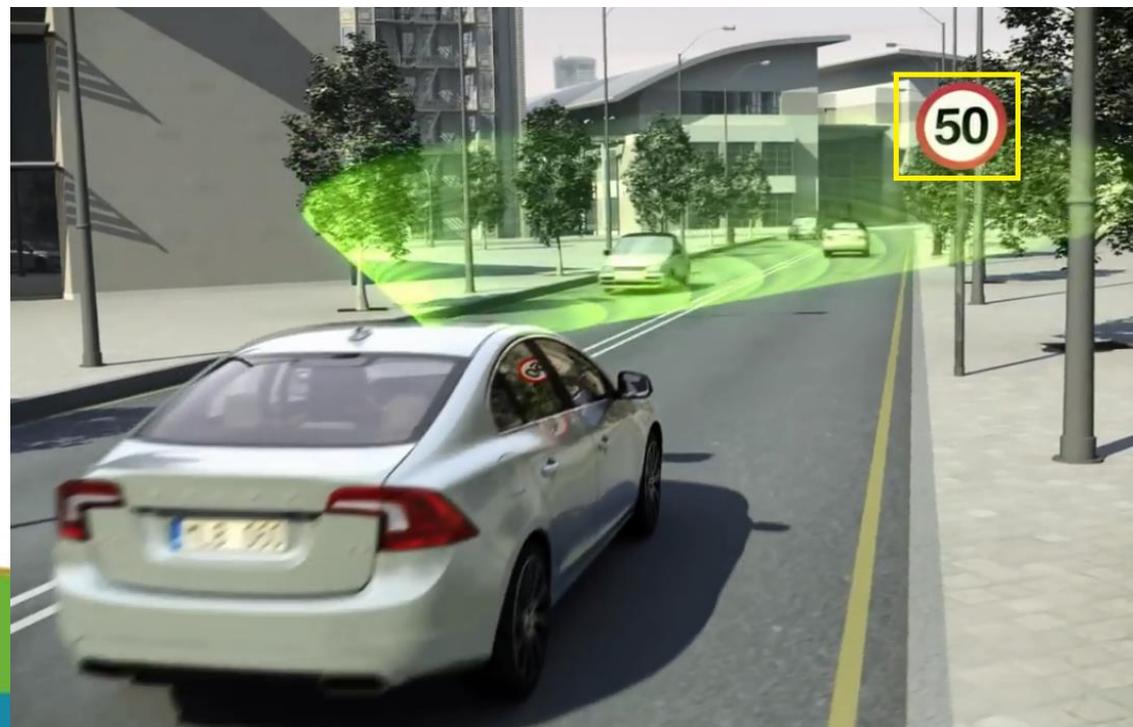
(c)



(d)

## 15. Resolução de problemas

- Detecção automática de placas de trânsito com fusão de dados 2D e 3D;
- Auxílio automatizado para tomada de decisão com base nas regras de trânsito (ADAS);



## 16. Resultados obtidos

Artigo para o LARS (*Latin American Robotics Symposium*) - 2017

**Image classification system based on Deep Learning applied to the recognition of traffic signs for intelligent robotic vehicle navigation purposes**

*Diego Renan Bruno., and Fernando Santos Osório., Member, IEEE - University of São Paulo*

2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and  
2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR)

# 16. Resultados obtidos

## Algoritmo de *Slide Window*

- Poder do *Deep Learning* X Modelos de detecção 3D

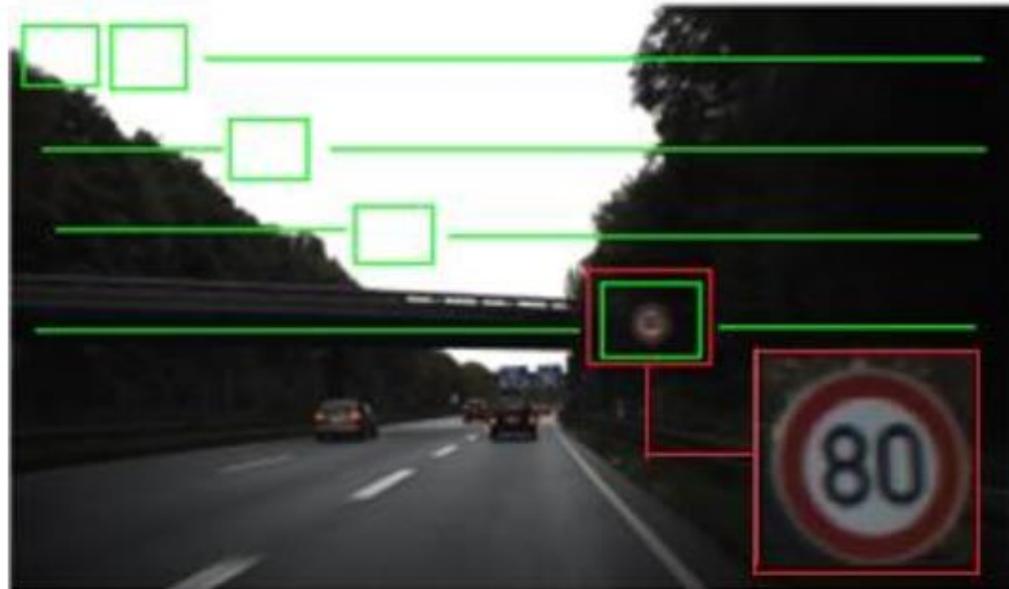
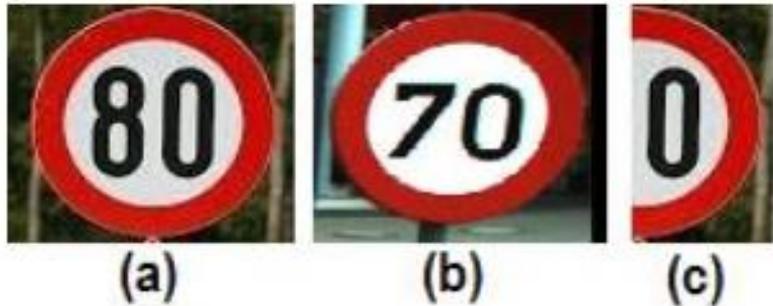


Figure 5: Slide window algorithm execution [4]

# 16. Resultados obtidos

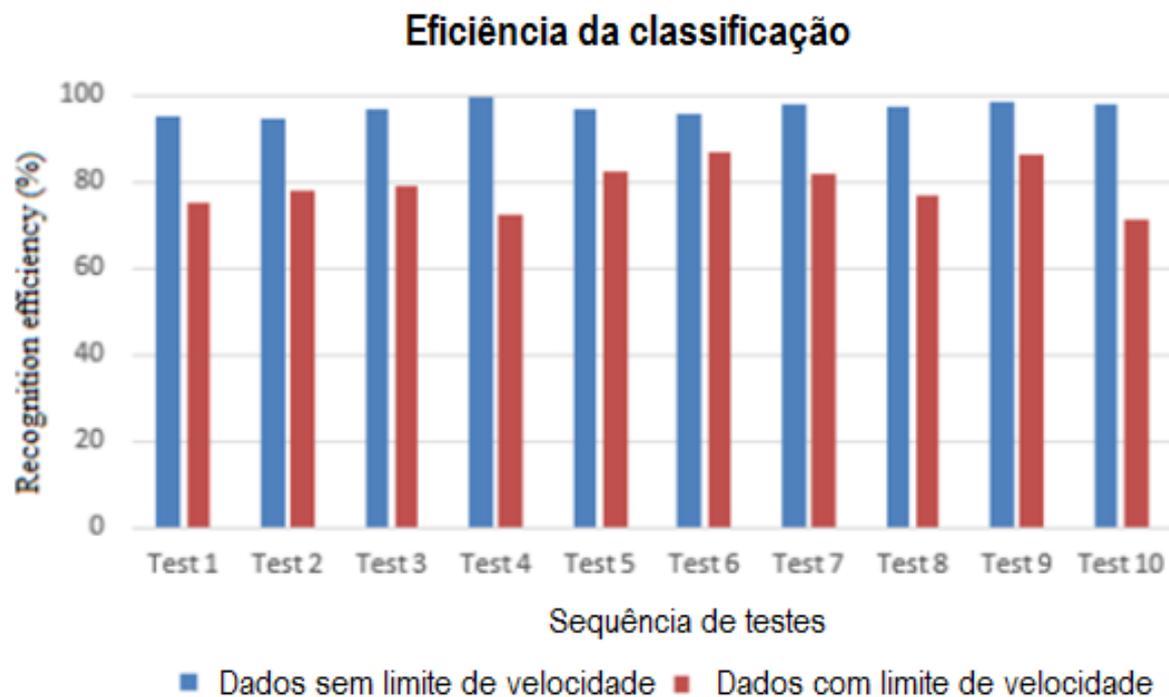
## Resultados para oclusão de imagens



**Figure 6:** Severe problem of occlusion of traffic signs [6]  
 (a) 80km (b) 70km  
 and (c) problem of occlusion [4]

Traffic Sign	Type of traffic signal	Accuracy in classification (%)
	STOP	99.1
	STOP	99.6
	STOP	98.3
	STOP	96.2
	PREFERENCE	96.2
	PREFERENCE	97.6
	PEDESTRIAN	88.5
	PEDESTRIAN	89.2
	FOLLOW IN FRONT OR RIGHT	94.1
	FOLLOW IN FRONT OR RIGHT	88.2

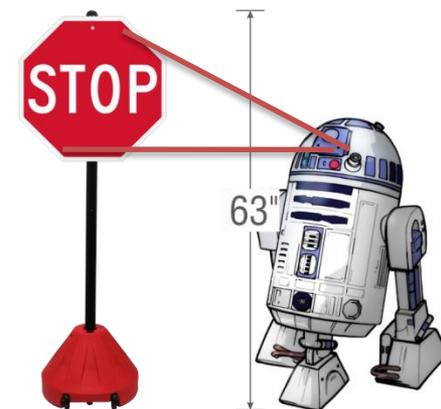
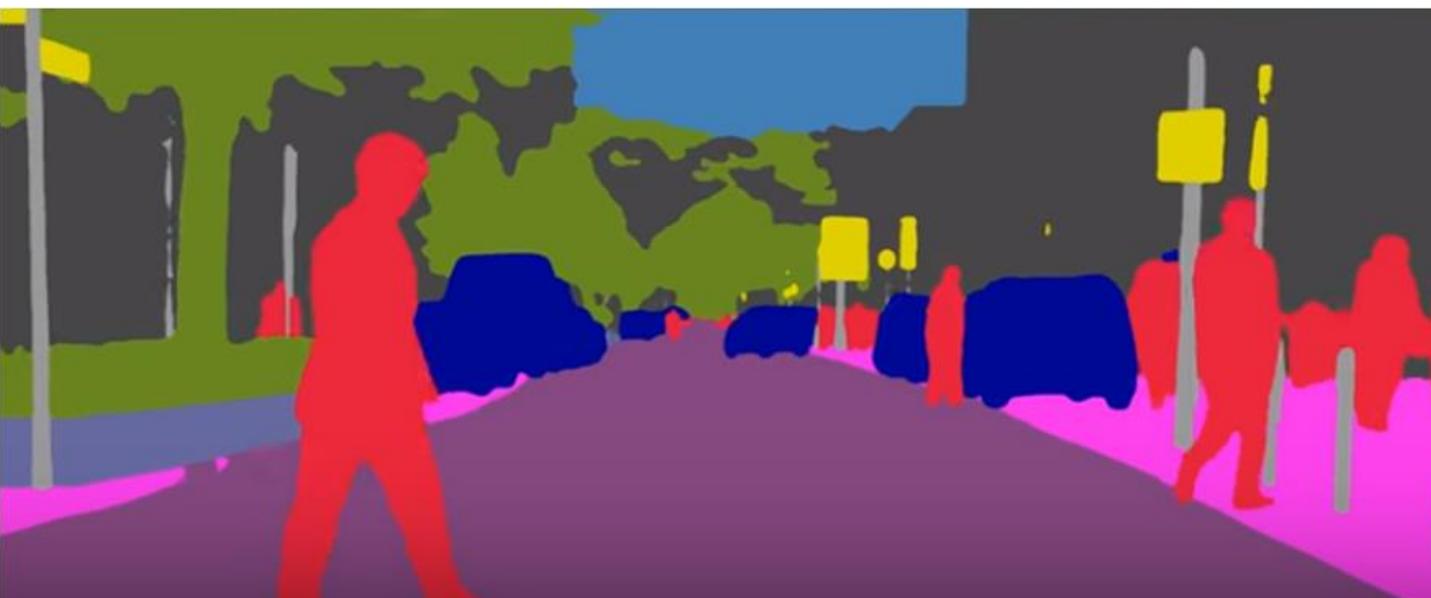
# 16. Resultados obtidos



**Gráfico 3:** Comparação dos testes de classificação

# Visão 2D – CNN Segnet

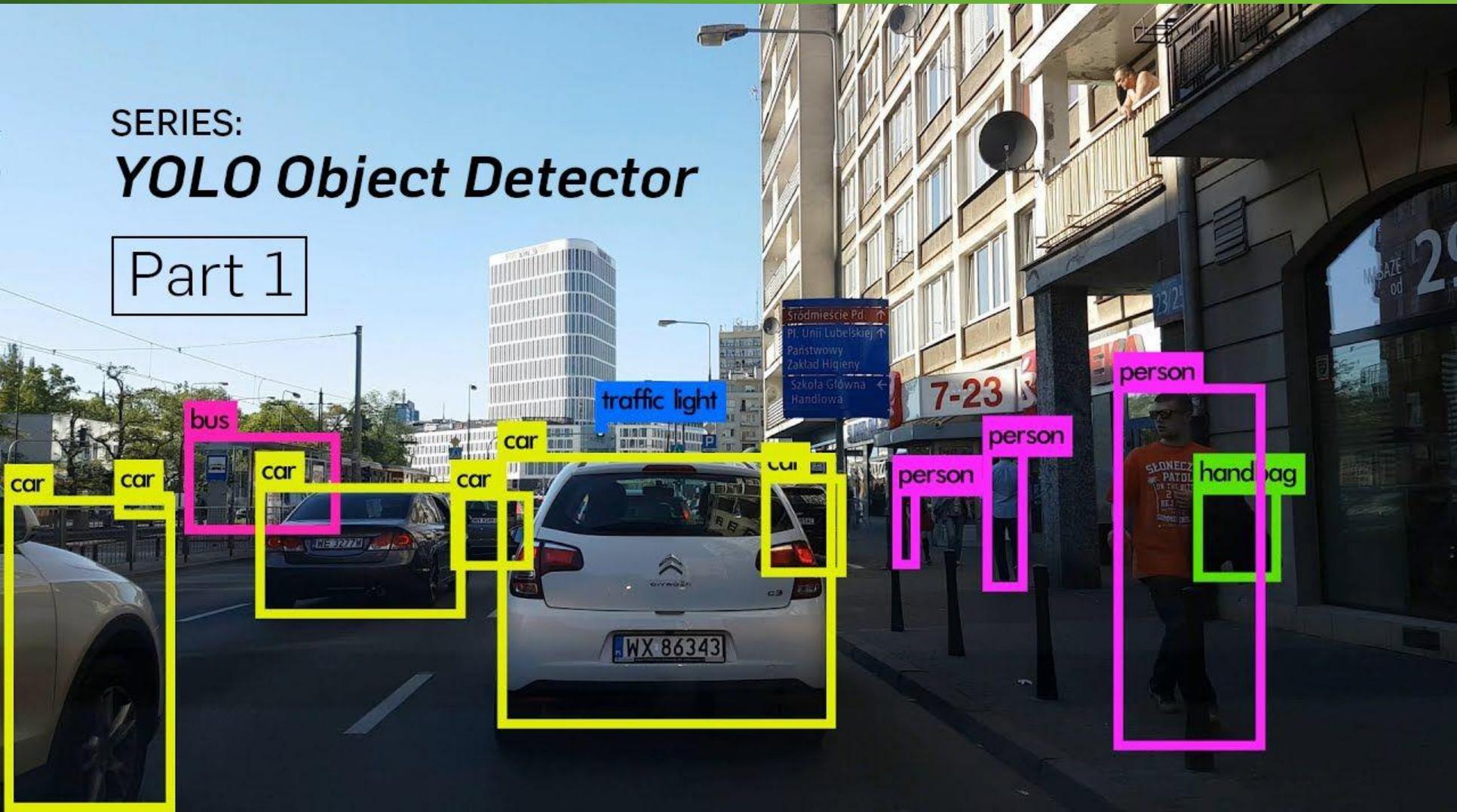
- Detecção em dados (imagens) 2D – Estado da arte em visão 2D

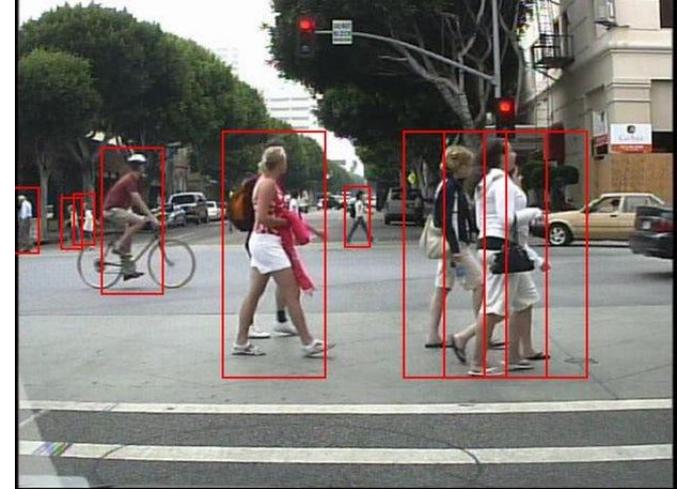


# Deep Learning - YOLO

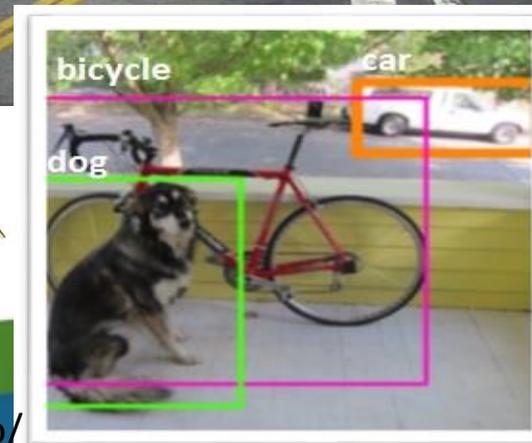
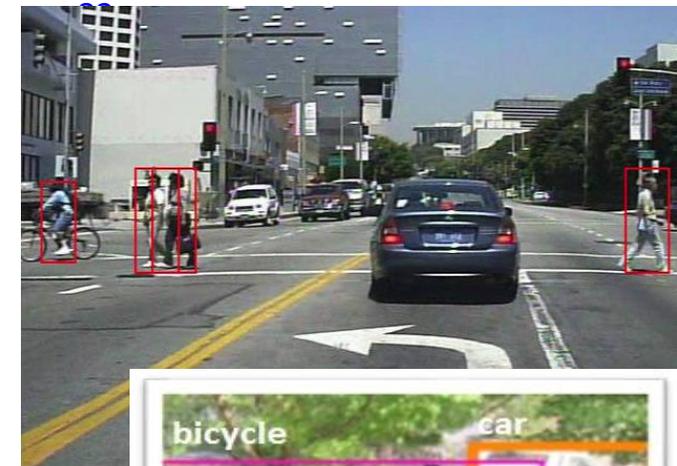
SERIES:  
*YOLO Object Detector*

Part 1





[http://jacobsschool.ucsd.edu/news/news\\_releases/release.sfe?id=18](http://jacobsschool.ucsd.edu/news/news_releases/release.sfe?id=18)



@OXDEDBEEF

<https://www.facebook.com/playgroundenglish/videos/538920679774600/>



<https://pjreddie.com/darknet/yolo/>

# MASK-RCNN Deep Learning

Mask R-CNN

- Object Detection
- Segmentation



# DeepLAB - Deep Learning

Detecção + Segmentação de objetos

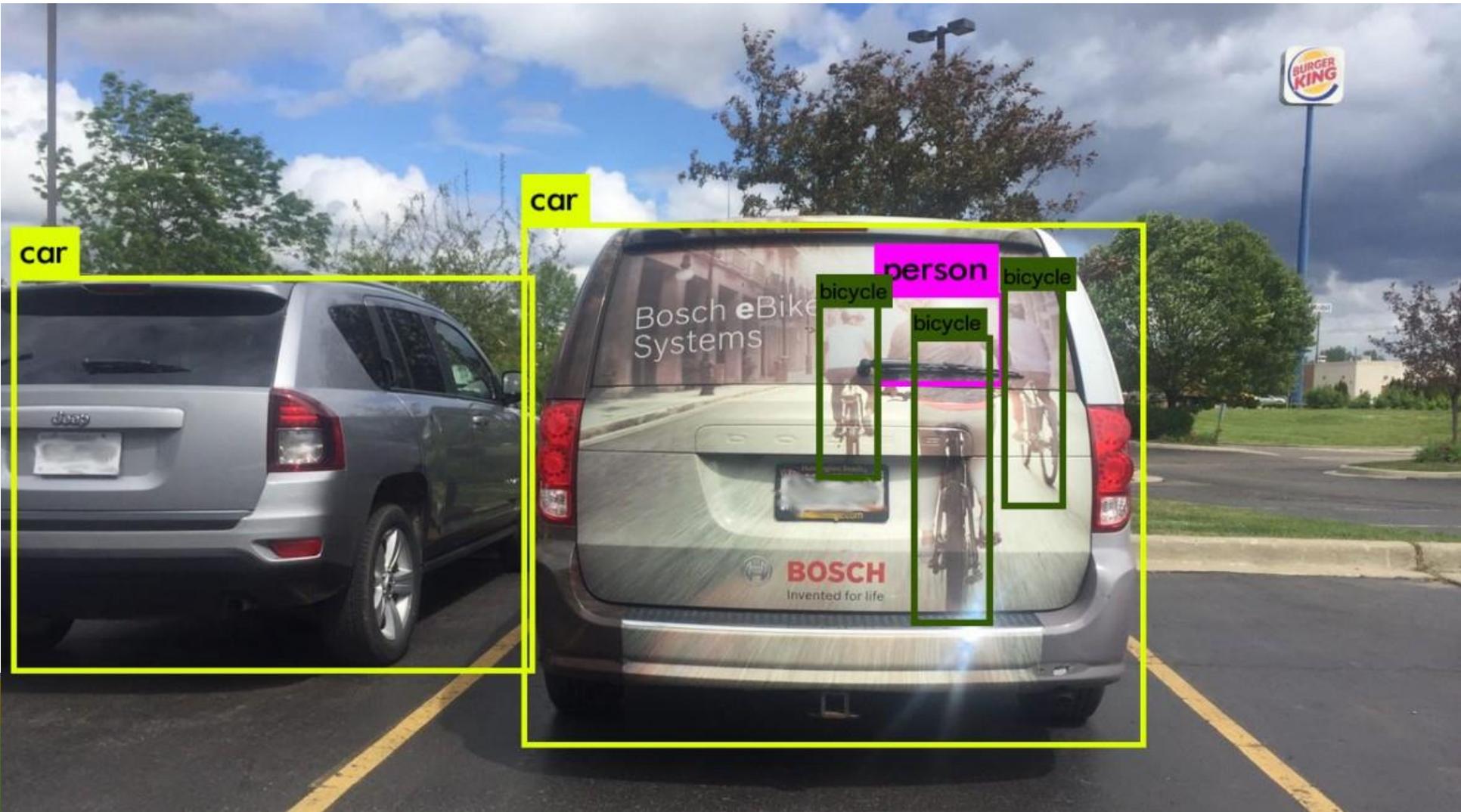


# Problemas de visão 2D

AI System – Real Problem



Massachusetts  
Institute of  
Technology



<https://www.technologyreview.com/s/608321/this-image-is-why-self-driving-cars-come-loaded-with-many-types-of-sensors/>

But also... Researchers hack a self-driving car by putting stickers on street signs

<https://www.autoblog.com/2017/08/04/self-driving-car-sign-hack-stickers/>



# Veículos inteligentes: Problemas de visão 2D



Veículo Autônomo:  
"Pare" para sempre...



Fotos de pessoas,  
Semáforos, Placas de Trânsito,  
etc.



# Problemas de visão 2D



# Problemas de visão 2D – Reconhecimento Facial

Smartphones  
Face  
Unlock  
*Fail*



<https://www.youtube.com/watch?v=QS8NerjNJSc>

[https://www.youtube.com/watch?v=IU\\_kbxpjQww](https://www.youtube.com/watch?v=IU_kbxpjQww)

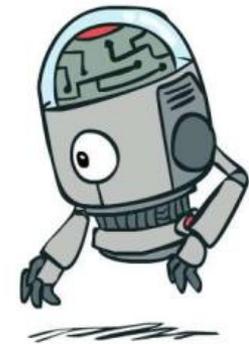


# Analysis and fusion of 2D and 3D images applied for detection and recognition of traffic signs using a new method of features extraction in conjunction with Deep Learning

*Diego Renan Bruno and Fernando Santos Osório*



The International Joint  
Conference on Neural Networks



# Methodology

Our knowledge base is formed by a set of objects



## Visual attention and recognition

- Computer vision system and artificial intelligence

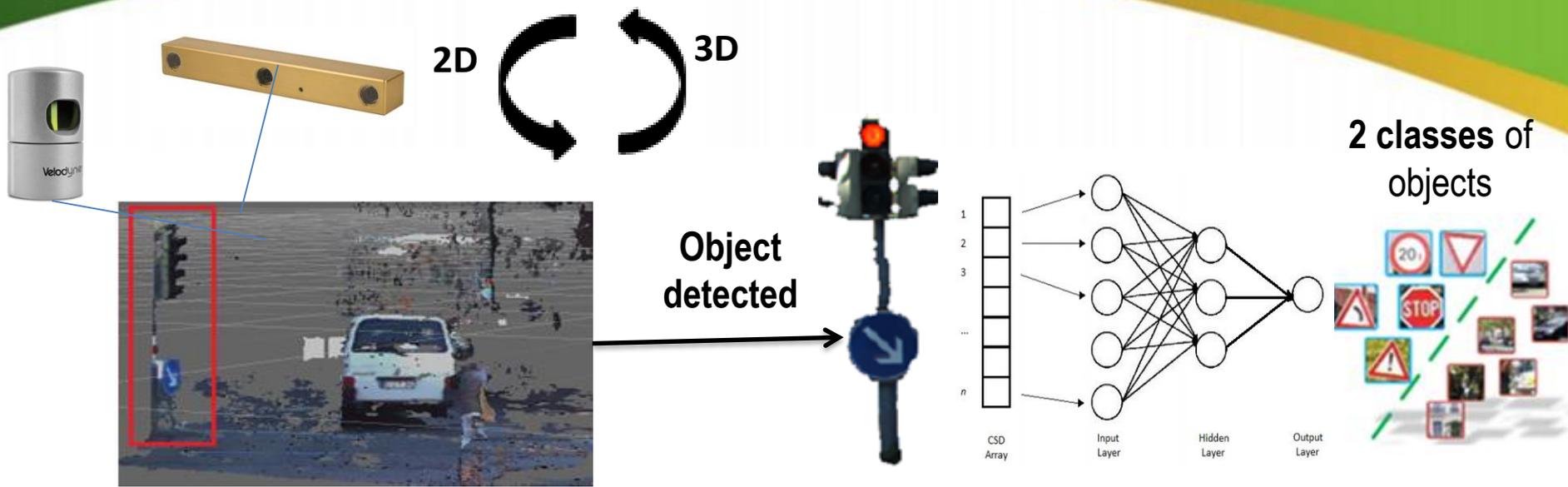


Visual attention



2D recognition – Artificial Intelligence

# Methodology



**2D and 3D data fusion**  
(notion of depth and colors / textures)

Extraction of **3D + ANN** features

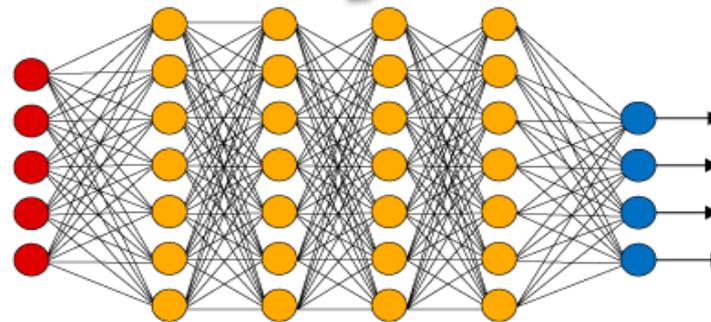
# Methodology

We apply Deep Learning to classify the bounding boxes that represent the vertical traffic signals



Detection representation in 2D (x, y)

Imagem 2D  
(RGB)

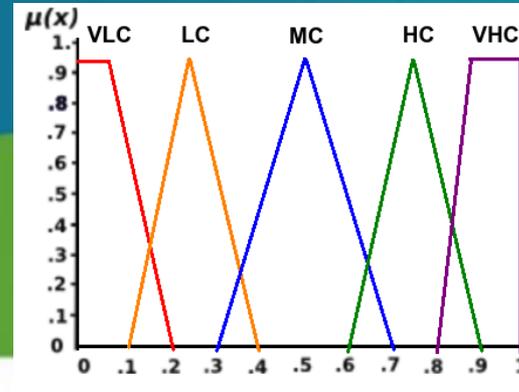


Deep Learning  
(Inception V3)

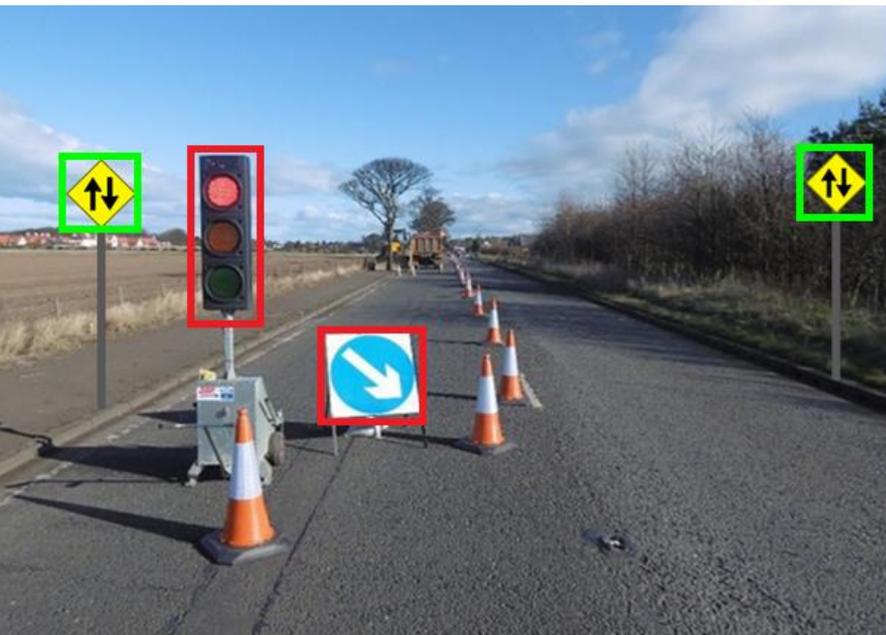


Traffic sign  
detected and  
recognized

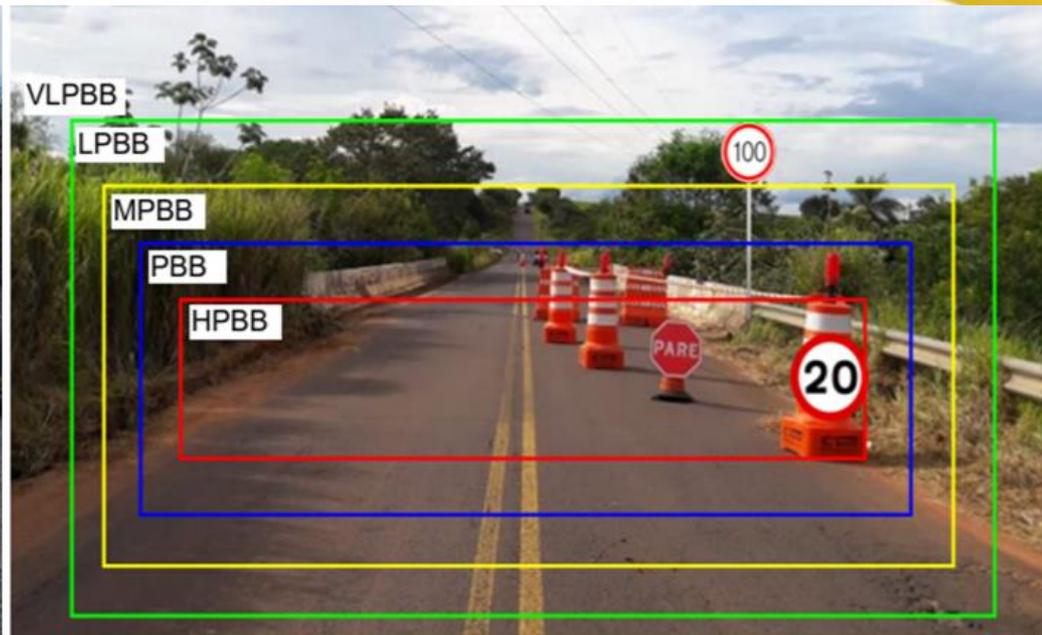
# Atenção Visual Fuzzy



Atenção visual fuzzy com suporte a tomada de decisão

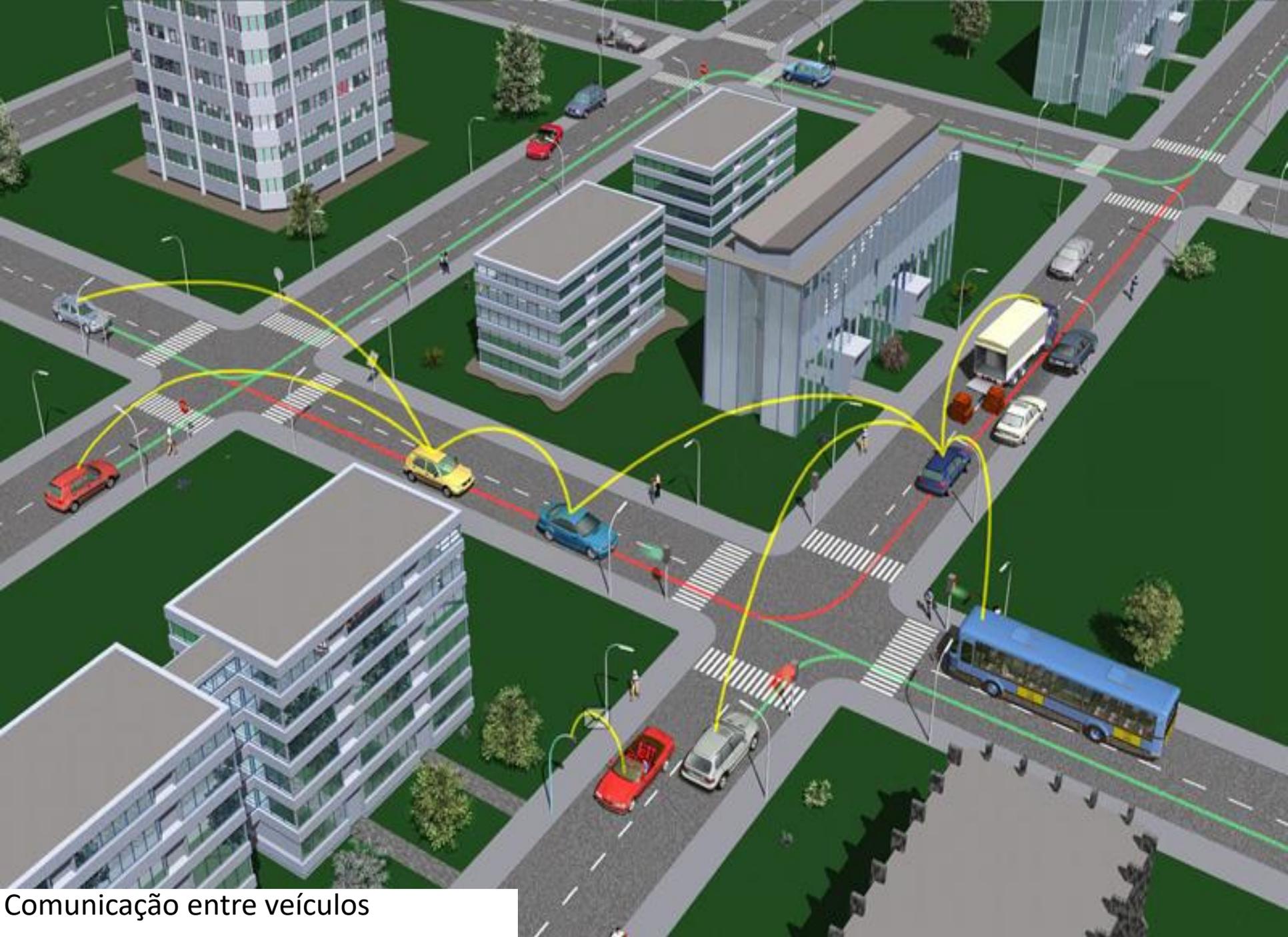


(a)

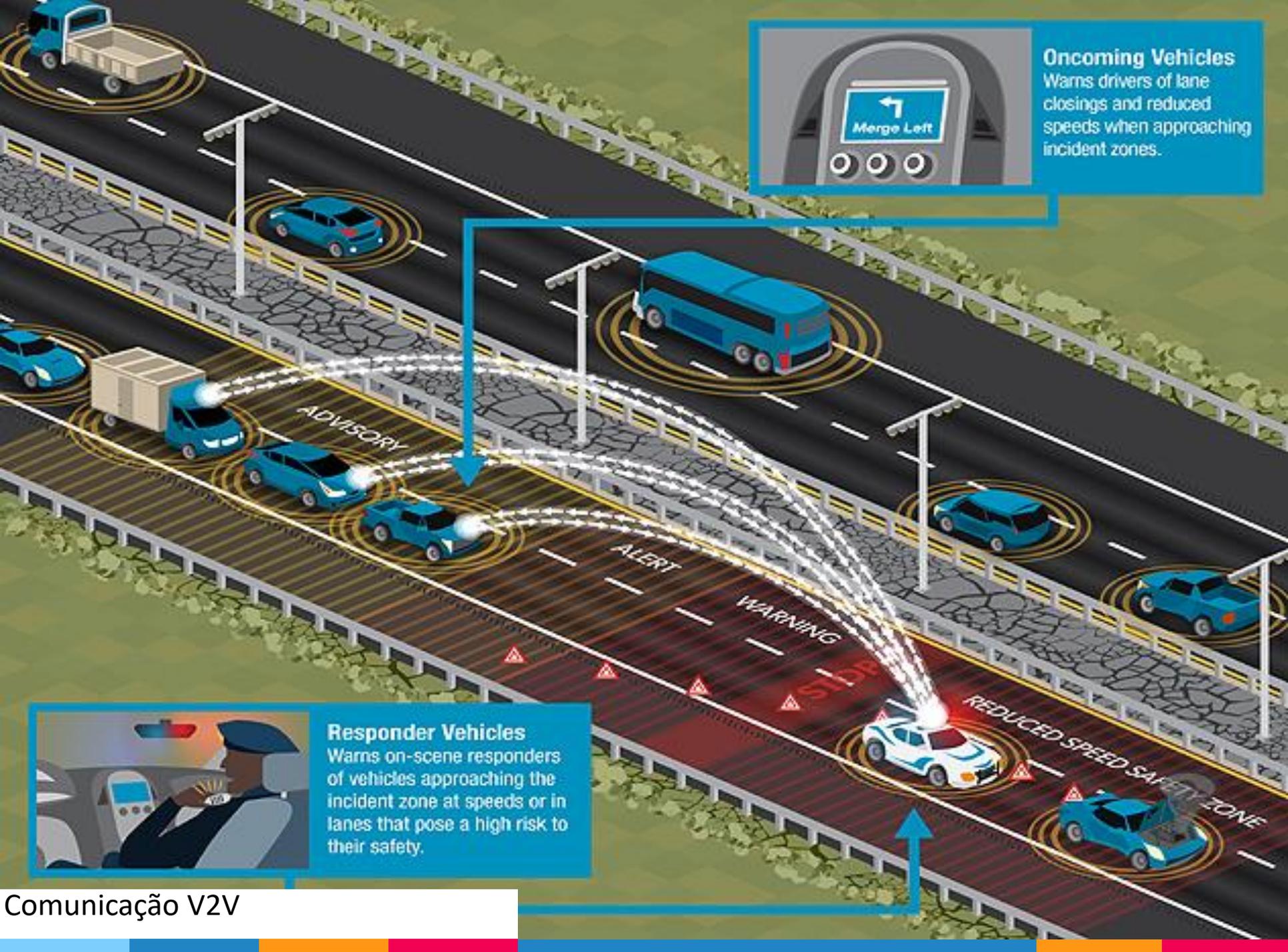


(b)

Figura: Atenção visual fuzzy



Comunicação entre veículos

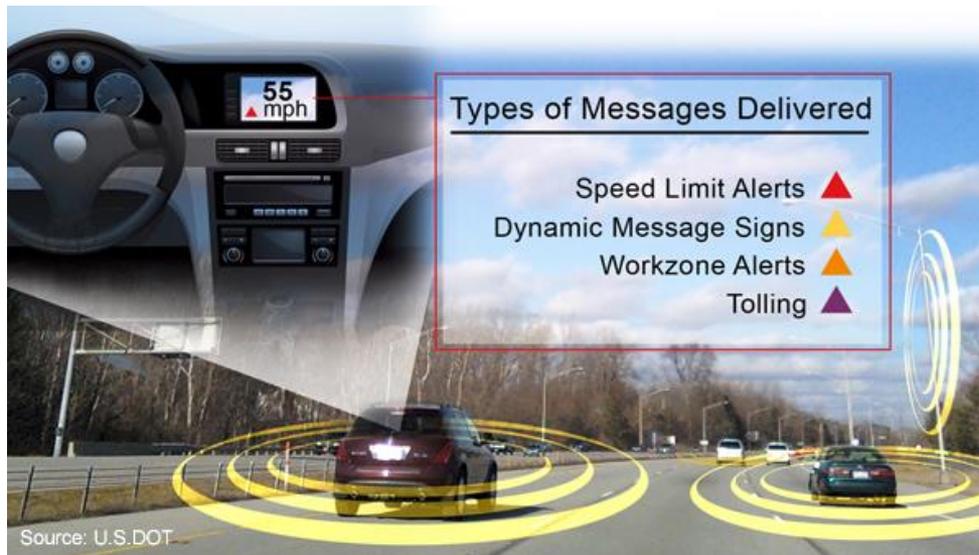
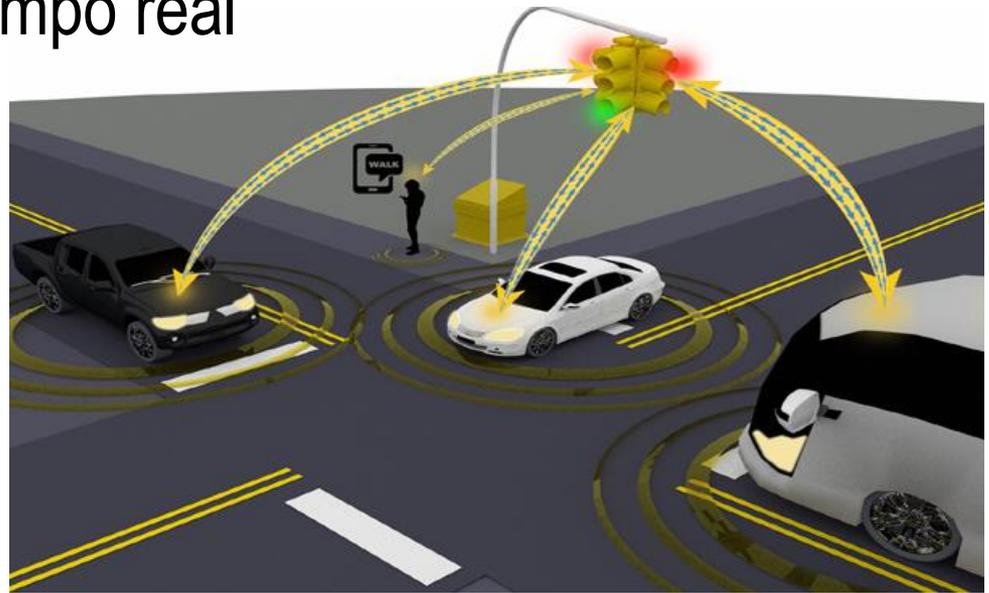


**Oncoming Vehicles**  
Warns drivers of lane closings and reduced speeds when approaching incident zones.

**Responder Vehicles**  
Warns on-scene responders of vehicles approaching the incident zone at speeds or in lanes that pose a high risk to their safety.

# As leis de trânsito estão sendo obedecidas?

- Acompanhamento em tempo real





**Futurism**

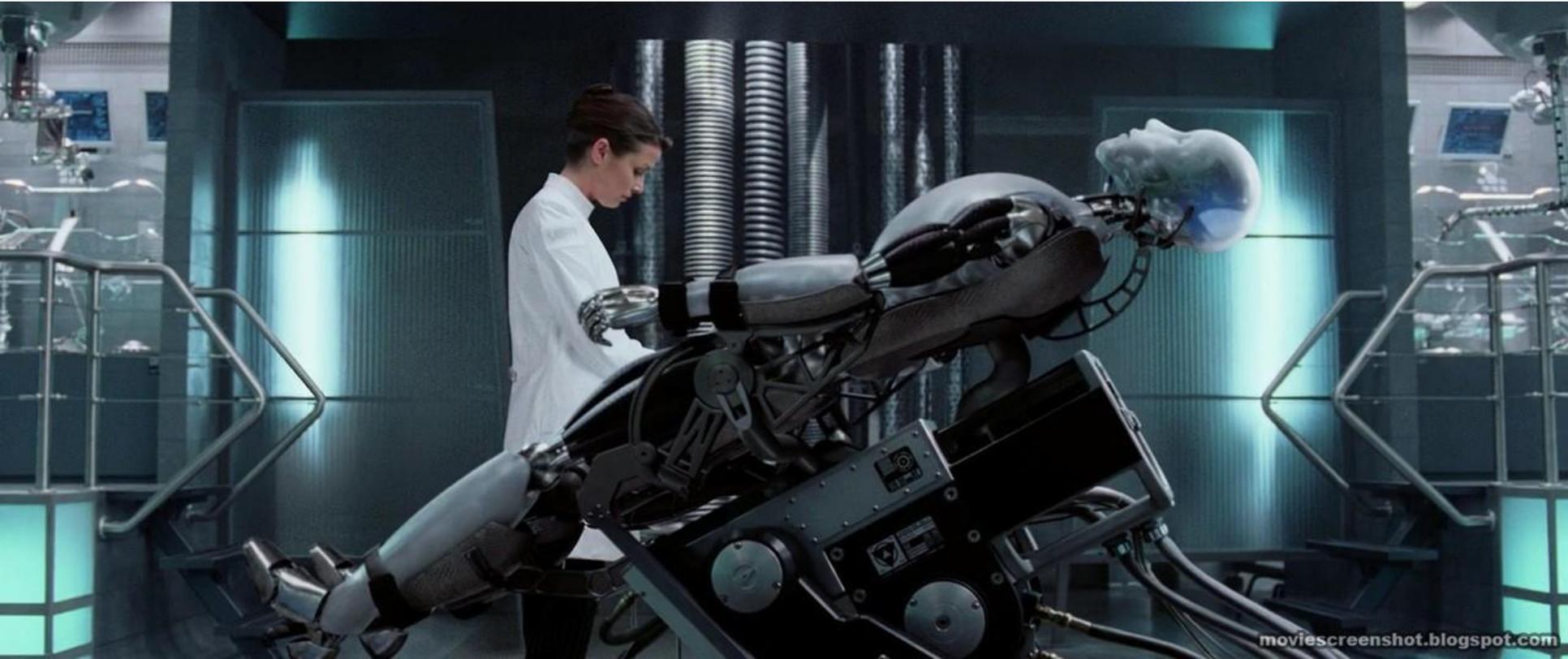
# Laws and Ethics for Autonomous Cars

Sharing the road with robots



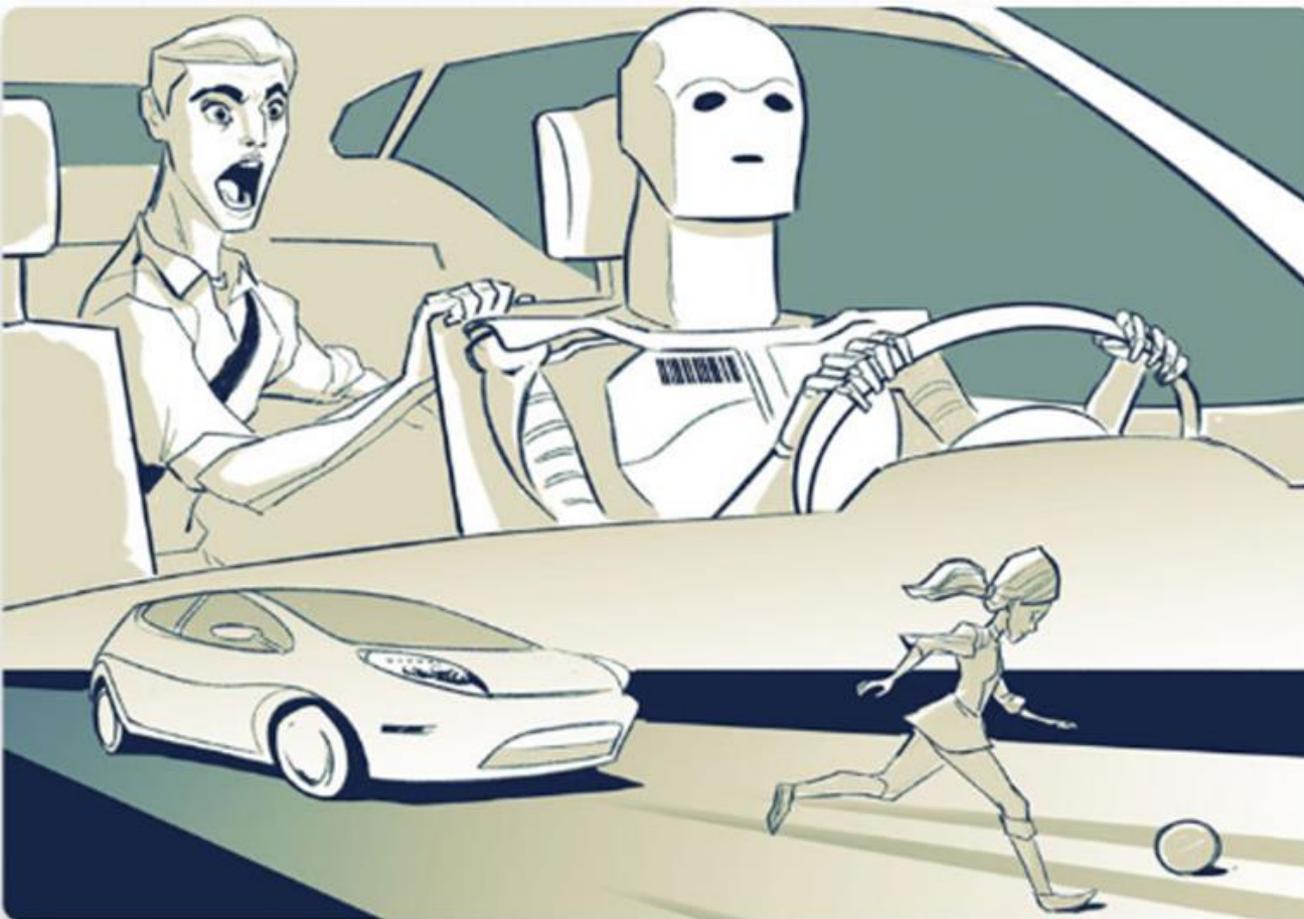
# Eu, robô - Asimov

As três leis de **Asimov** funcionam?



# Tomada de atitude sem sentimentos

--> **Segurança**

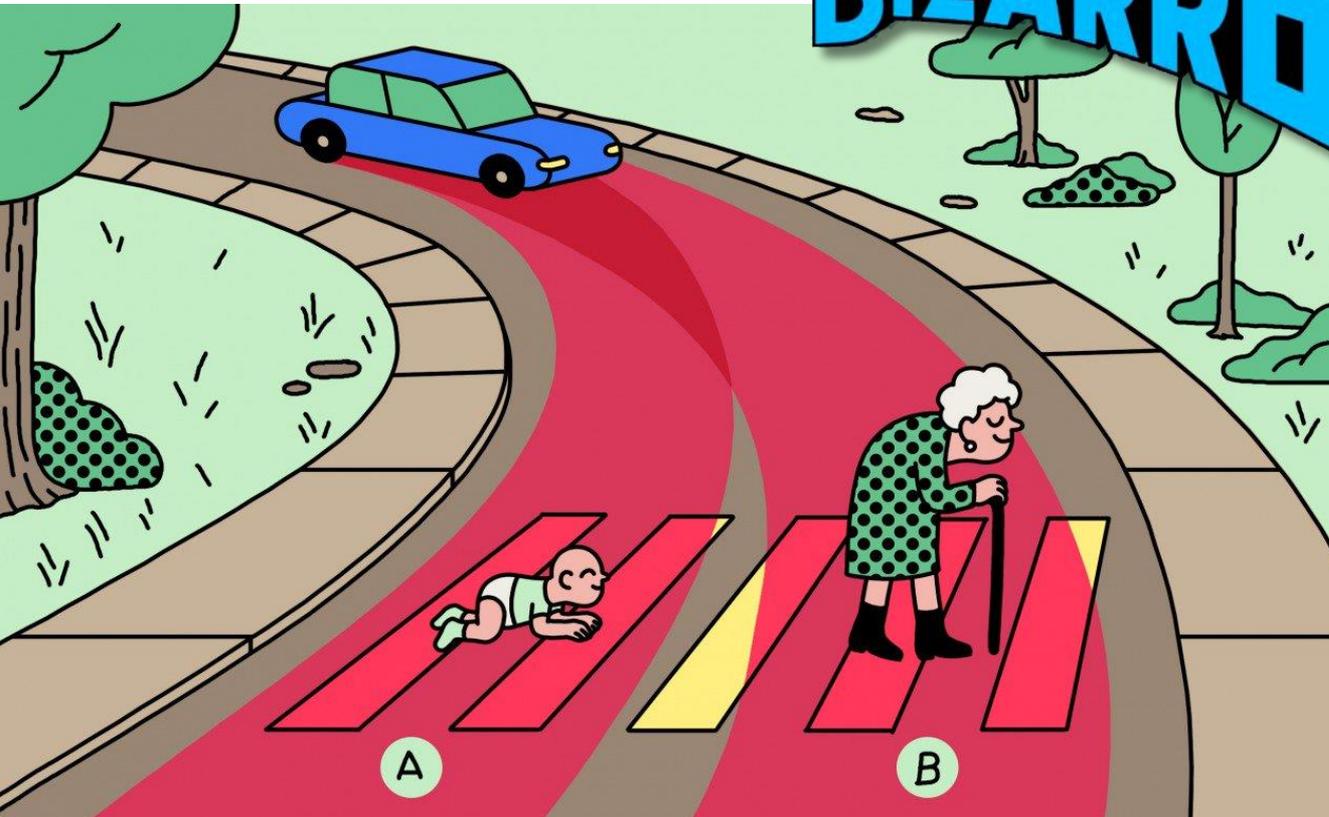


Proteger o seu dono  
ou a criança...?

# Tomada de atitude sem sentimentos

Um carro autônomo deve matar o bebê ou a avó?  
Depende de onde você é.

**BIZARRO**



Massachusetts  
Institute of  
Technology



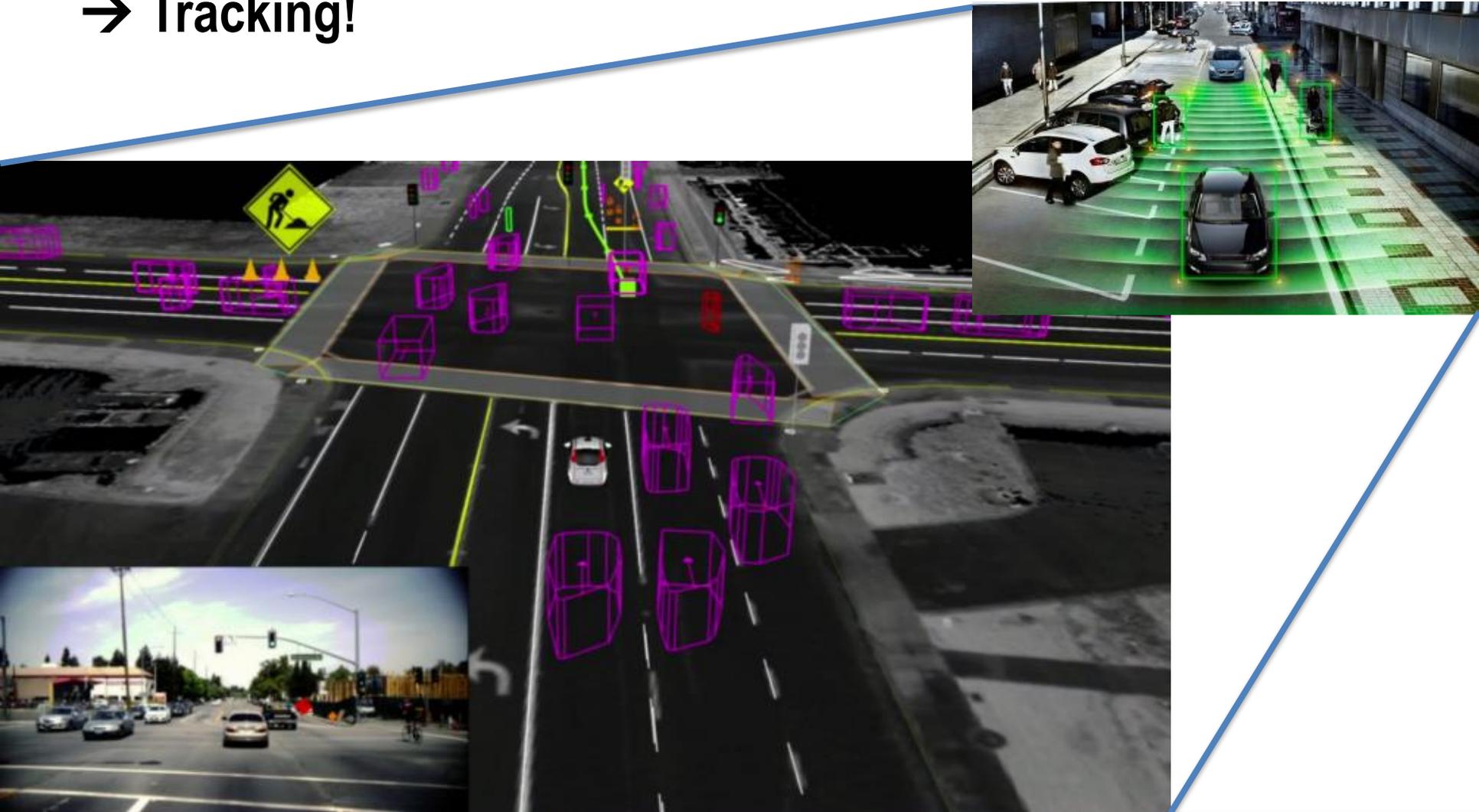
Proteger o idoso ou a  
criança?

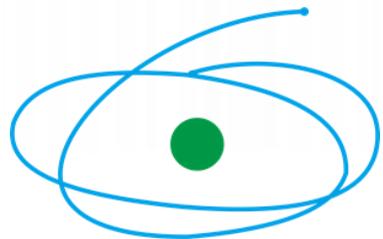
# Acidentes também nos autônomos...



# Acidentes também nos autônomos...

→ Tracking!





CAPES



# Obrigado!

MSc. Diego Renan Bruno  
*diego.bruno@usp.br*

