

universidade de aveiro



theoria poiesis praxis

---

---

# Arquitetura Multi-Câmara e Multi-Algoritmo para Perceção Visual a Bordo do ATLASCAR2

— Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica —

Orientador: Prof. Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Autor: Tiago Almeida

---

---

Aveiro, 23 de Julho de 2019

# Estrutura da Apresentação

1. Introdução
2. Infraestrutura Experimental
3. Arquitetura Desenvolvida
  - 3.1. Visão Geral do Sistema
  - 3.2. Algoritmos (Nós) Processadores
  - 3.3. Princípio da Arquitetura
4. Resultados
5. Conclusões e Trabalhos Futuros

# 1. Introdução

## Projeto ATLASCAR



ATLASCAR1  
(Ford Escort 1998)



ATLASCAR2  
(Mitsubishi i-MiEV 2015)

# 1. Introdução

## Contexto/Motivação do Projeto

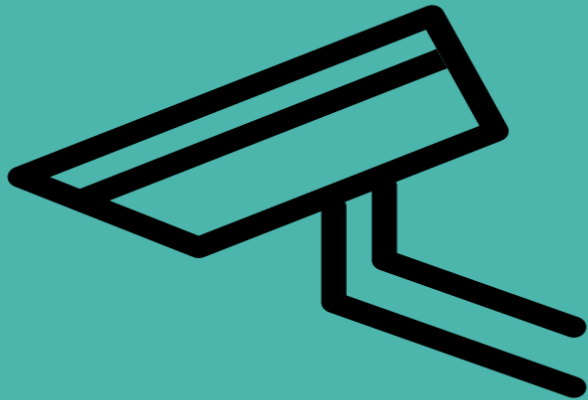
- Os dados provenientes do LIDAR (*Light Detection And Ranging*) não são suficientes para a percepção dos limites da estrada;
- A deteção de linhas/limites da estrada é um dos domínios mais importantes da condução autónoma;
- Existem diversos algoritmos para deteção de limites/linhas da estrada, no entanto, não existe um que, individualmente, satisfaça todas as situações.

# 1. Introdução

## Objetivos

- Desenhar e instalar a infraestrutura física que permita que as câmaras sejam fixas ao veículo;
- Desenvolver uma arquitetura ROS que se baseie em duas premissas: escalabilidade e redundância;
- Combinação dos dados resultantes de cada um dos algoritmos processadores;
- Testar o sistema num cenário real.

## 2. Infraestruttura Experimental



# 2. Infraestrutura Experimental

## Hardware

### 2 Câmaras

Point Grey FL3-GE-28S4-C:

- Resolução: 964 X 724
- FPS: 15



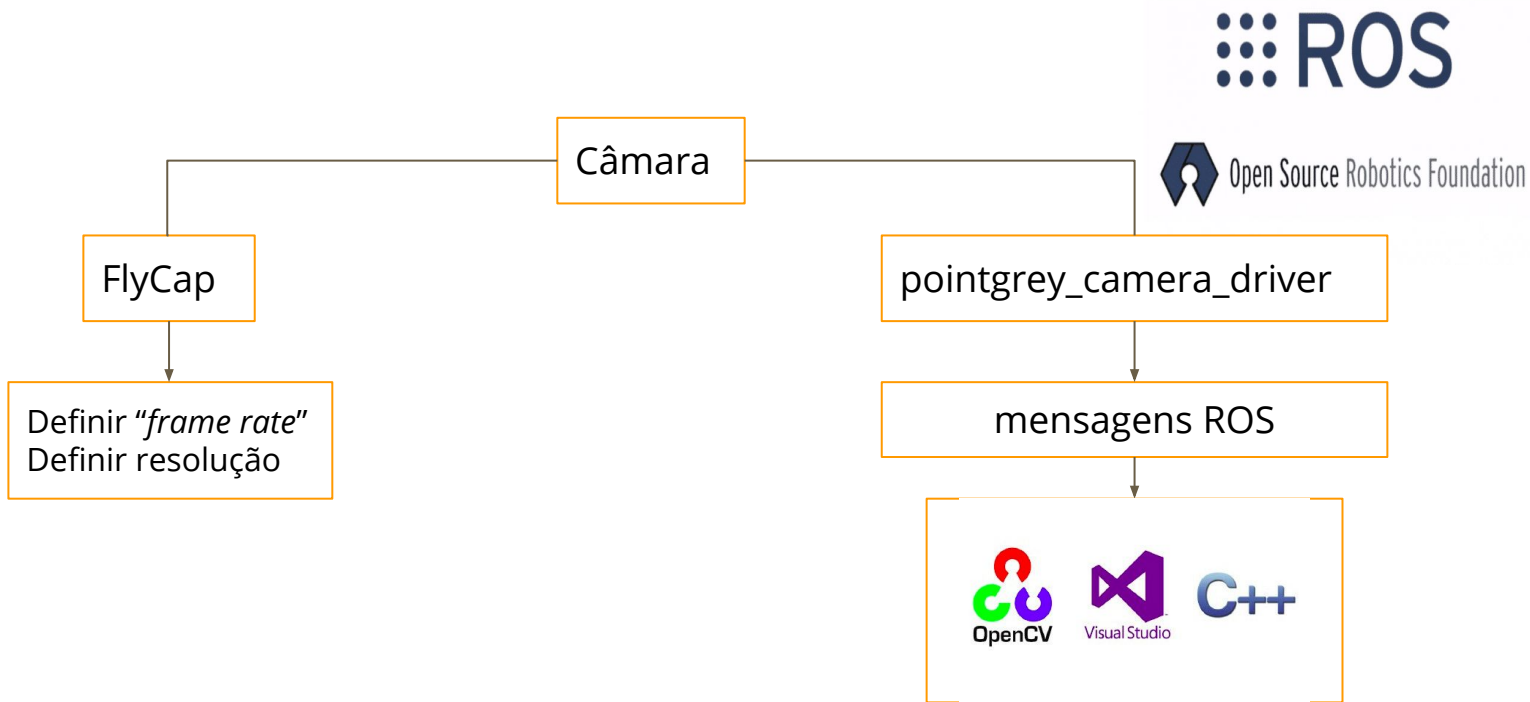
### Sistema de Fixação e Proteção da Câmara:

- Perfil de alumínio e sistemas de fixação
- Caixas Impressas 3D



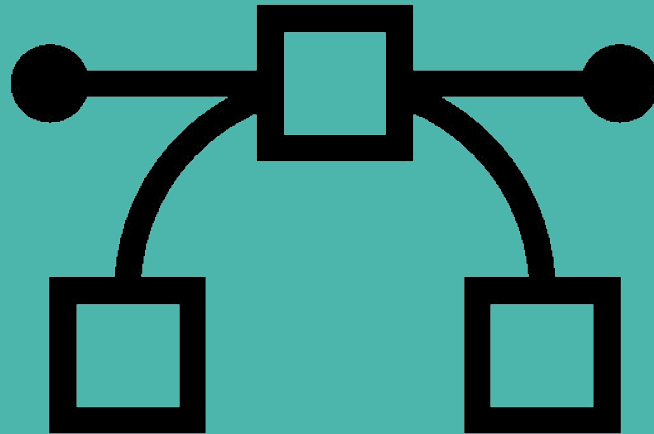
## 2. Infraestrutura Experimental

Software

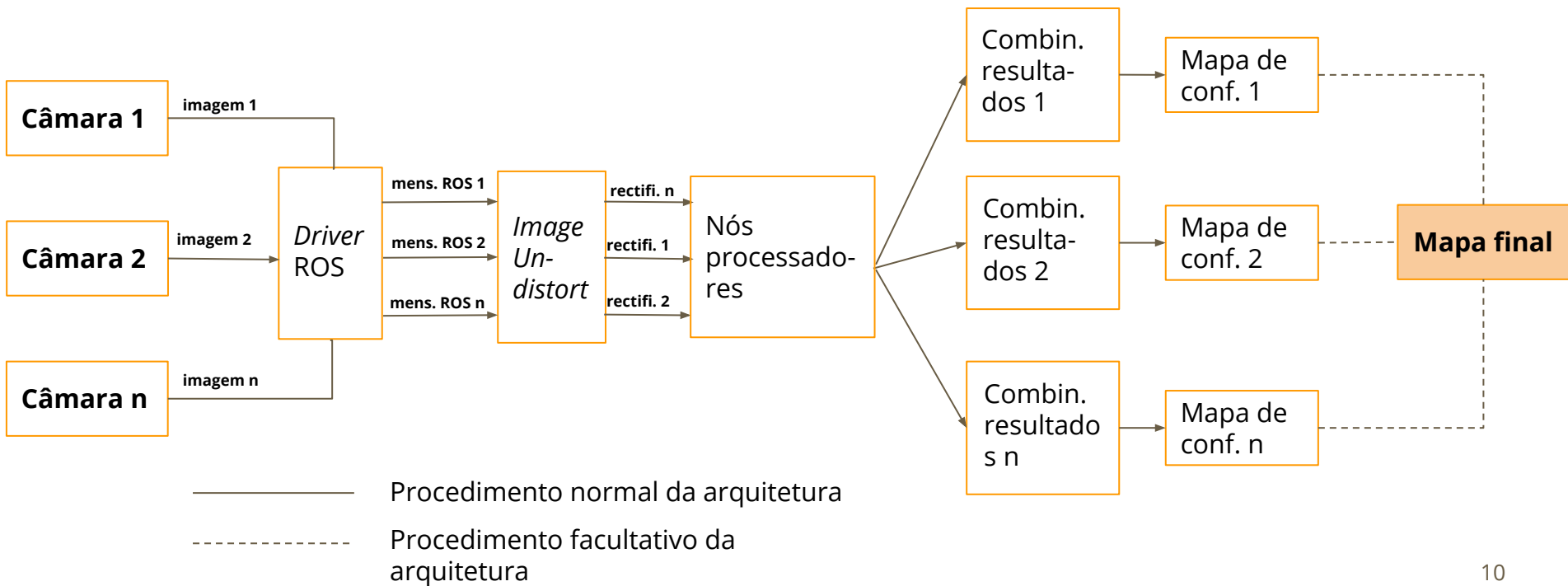




# 3. Arquitetura Desenvolvida



# 3.1. Visão Global do Sistema



# 3.1. Visão Global do Sistema

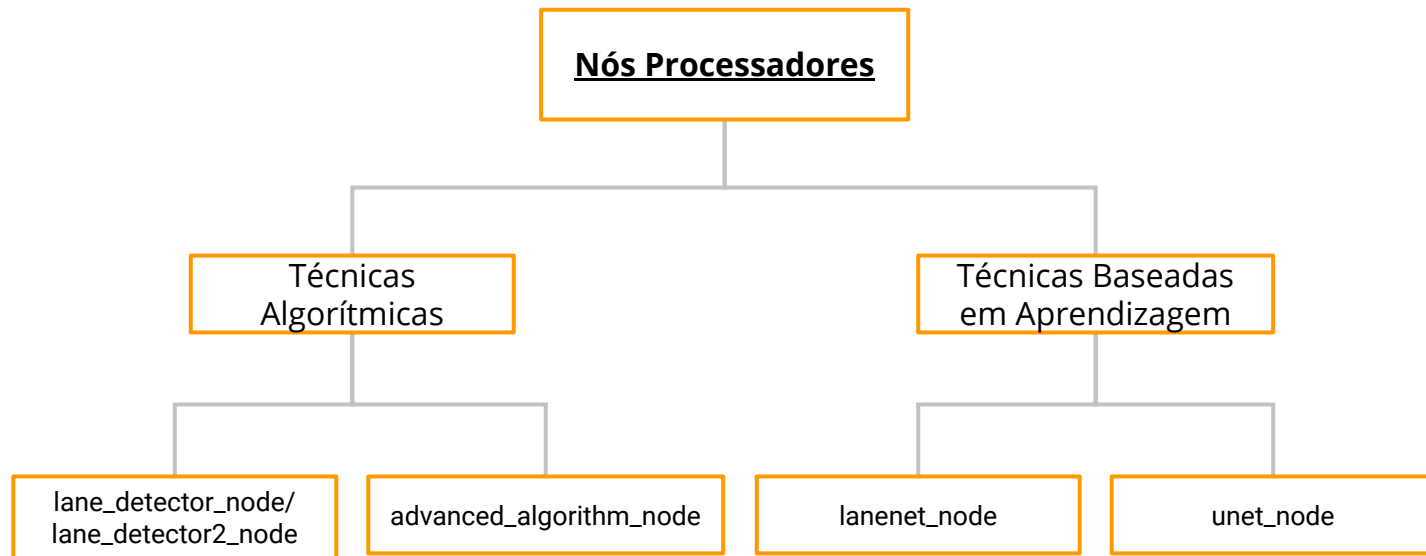
## Modos de Operação:

- Modo *"single camera - single algorithm"*;
  - Modo *"single camera - multiple algorithms"*;
  - Modo *"multiple cameras - single algorithm"*;
  - Modo *"multiple cameras - multiple algorithms"*.
- } **Combinados ou "Não-Combinados"**



**Arquitetura facilmente escalável**

## 3.2. Algoritmos (nós) Processadores



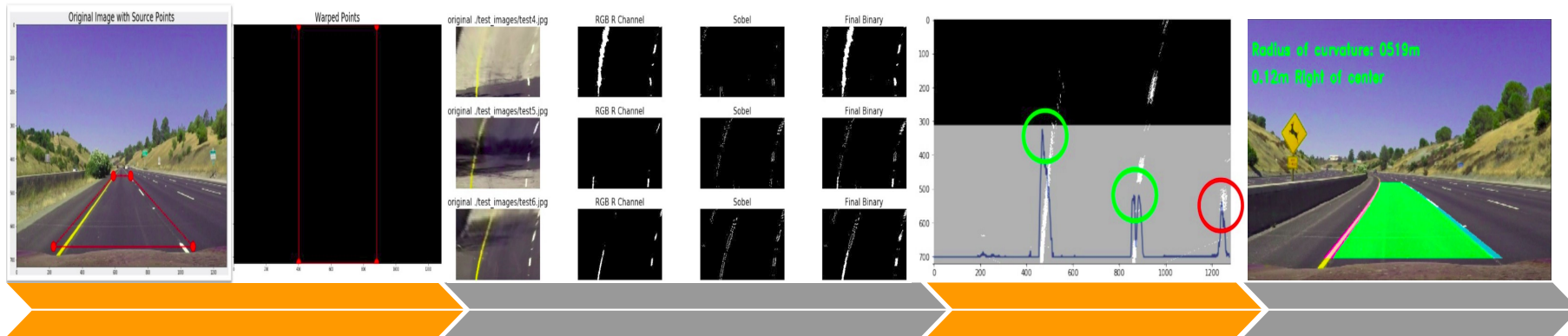
## 3.2. Algoritmos Processadores

Técnicas Algorítmicas: lane\_detector\_node e lane\_detector2\_node

1. Binarização da imagem através do canal de cor “Red” (do espaço de cor RGB);
2. Aplicação da técnica IPM (*Inverse Perspective Mapping*);
3. Divisão das linhas encontradas por grupos (horizontais e verticais) através de um filtro;
4. Modelo RANSAC (*Random Sampling Consensus*);
5. *Tracking* das linhas através de uma combinação do algoritmo Húngaro e do filtro de Kalman.

## 3.2. Algoritmos Processadores

Técnicas Algorítmicas: advanced\_algorithm\_node



### Warp Transformation

Transformação da perspectiva da imagem (técnica similar ao IPM).

### Segmentação das Linhas

Combinação de duas técnicas: "Colour Selection" e "Edge Detection".

### Curve Fitting

Aproximação a um polinómio de 2º grau, de forma a obter-se a curva.

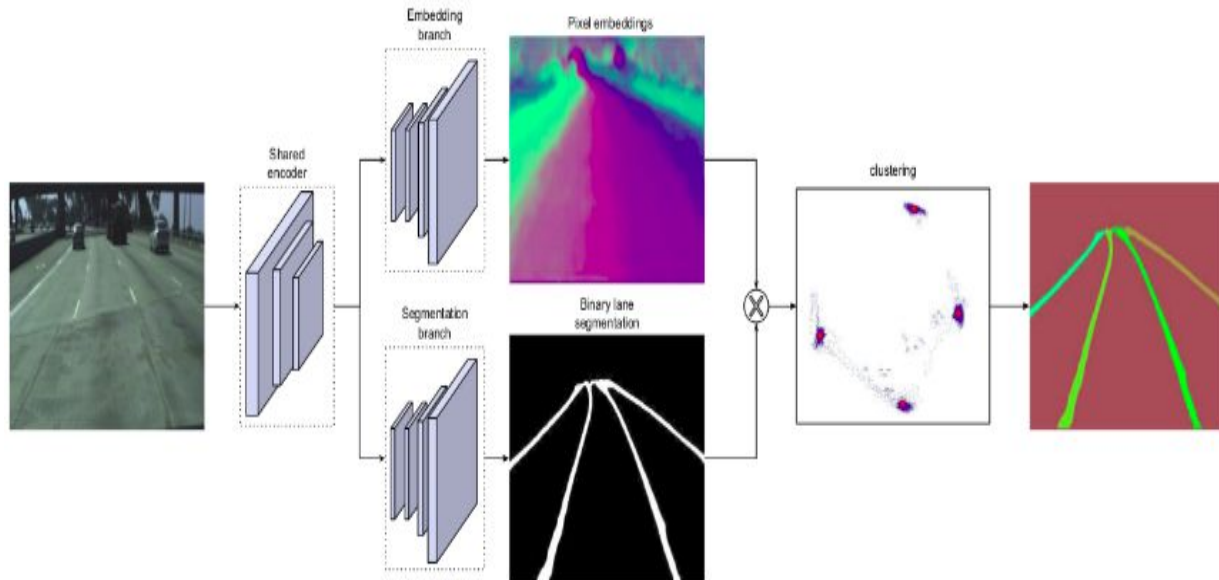
### Imagem Final

Representação final da zona da da via da estrada detetada.

## 3.2. Algoritmos Processadores Alternativas

Baseados em DL (*Deep Learning*): lanenet\_node

- *LaneNet Model;*
- Nó ROS;
- Modelo pré-treinado;
- *Semantic Segmentation;*
- *Instance Segmentation.*



## 3.2. Algoritmos Processadores Alternativas

Baseados em DL (Deep Learning): unet\_node

- *Unet Model;*
- *Semantic Segmentation;*
- *CamVid dataset;*
- *11 Classes;*
- *Encoder-Decoder.*



*Input*



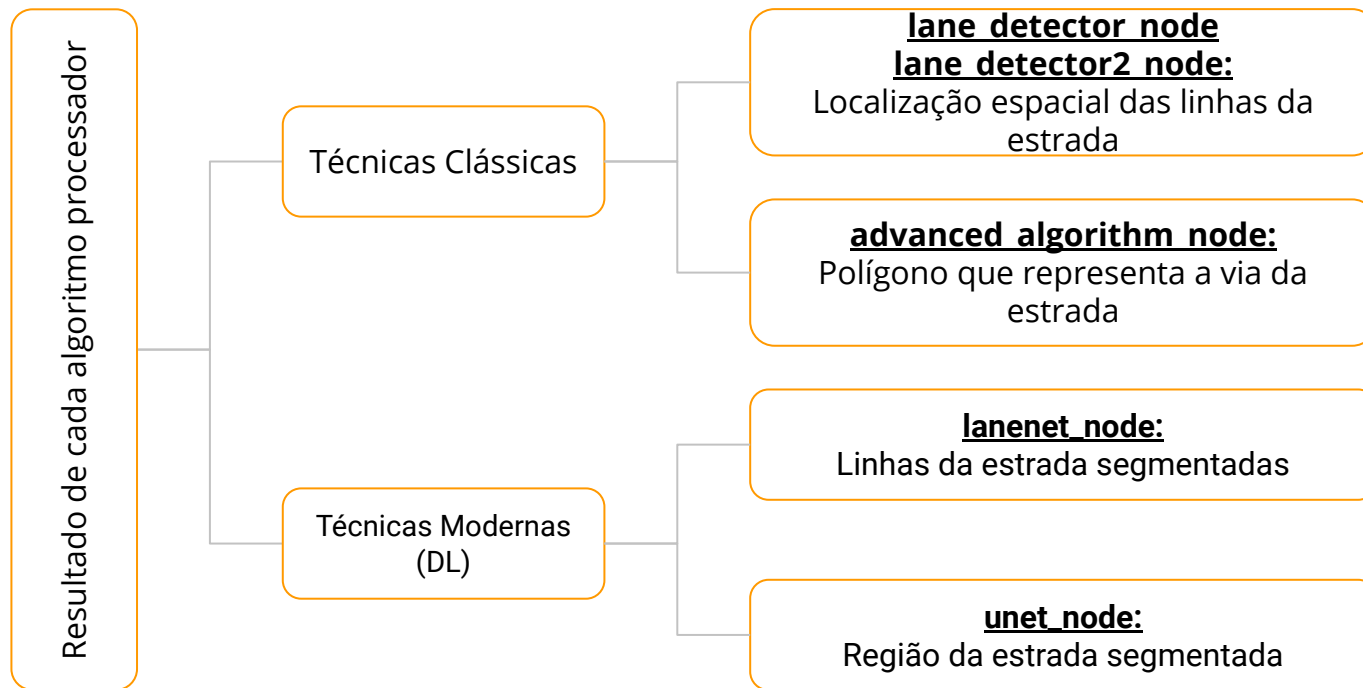
Segmentação



*Output*



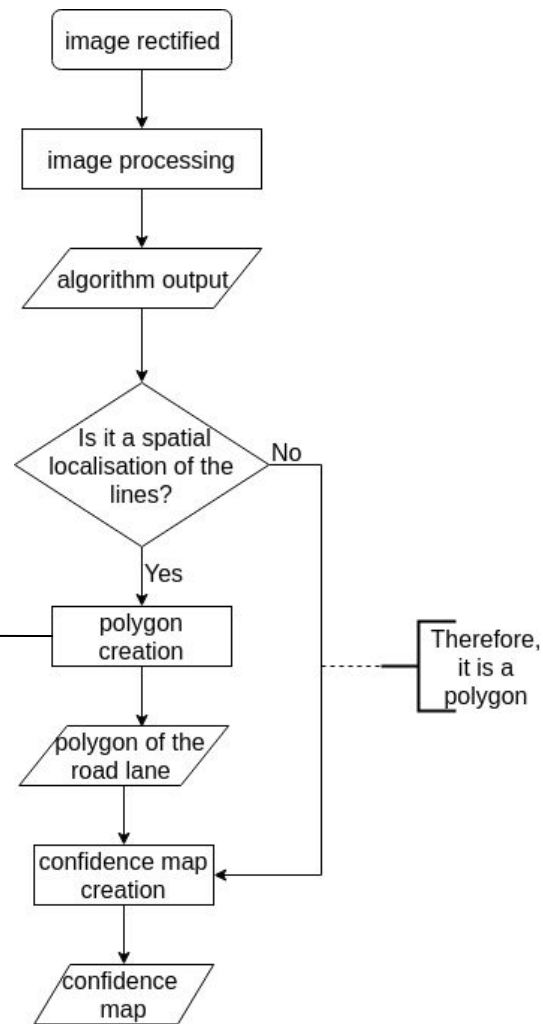
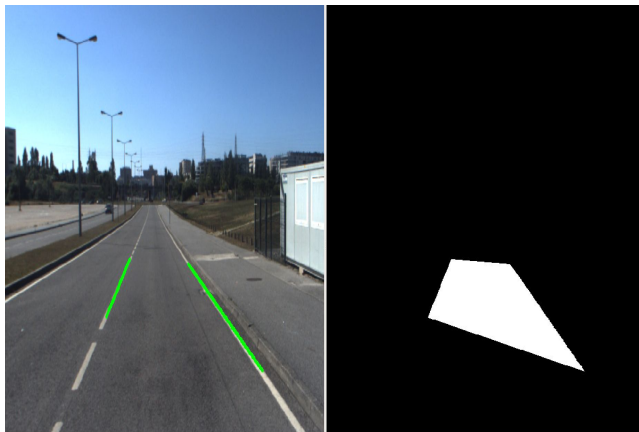
## 3.2. Algoritmos Processadores Resultados



# 3.3. Princípio da Arquitetura

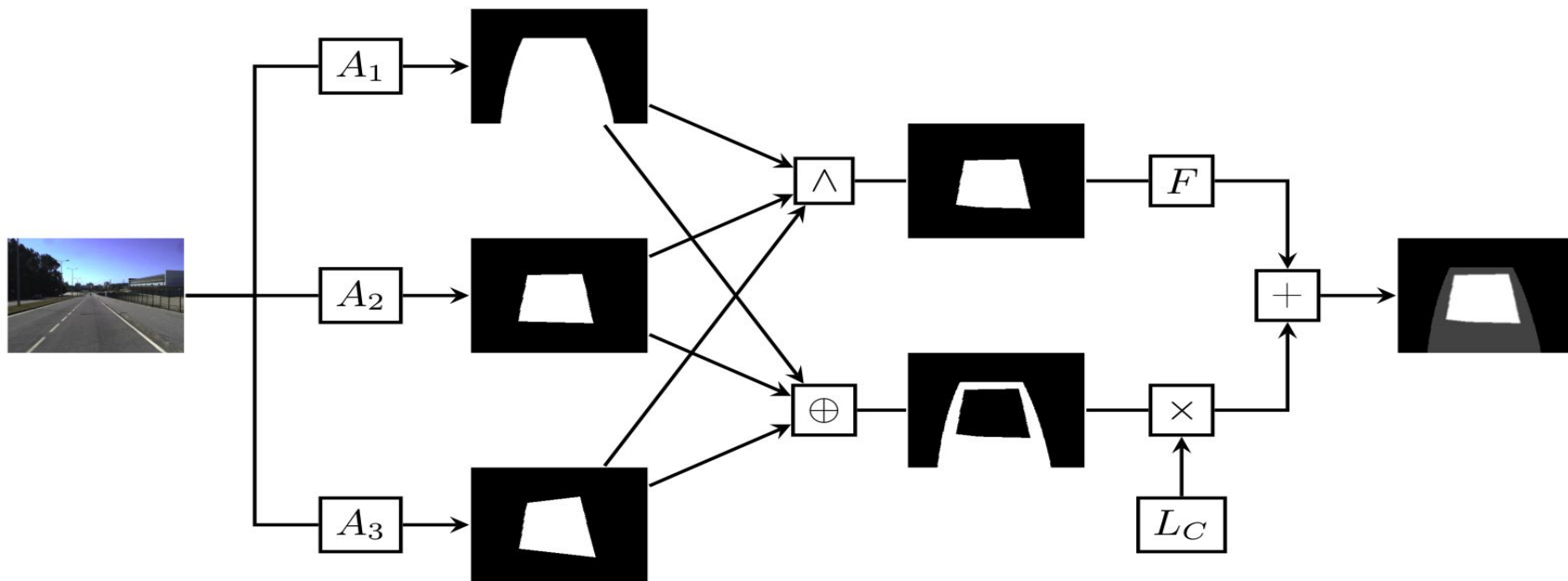
Tipos de algoritmos que a arquitetura combina

- Algoritmos que retornam a localização espacial da linha da estrada;
- Algoritmos que retornam a região da via/estrada.



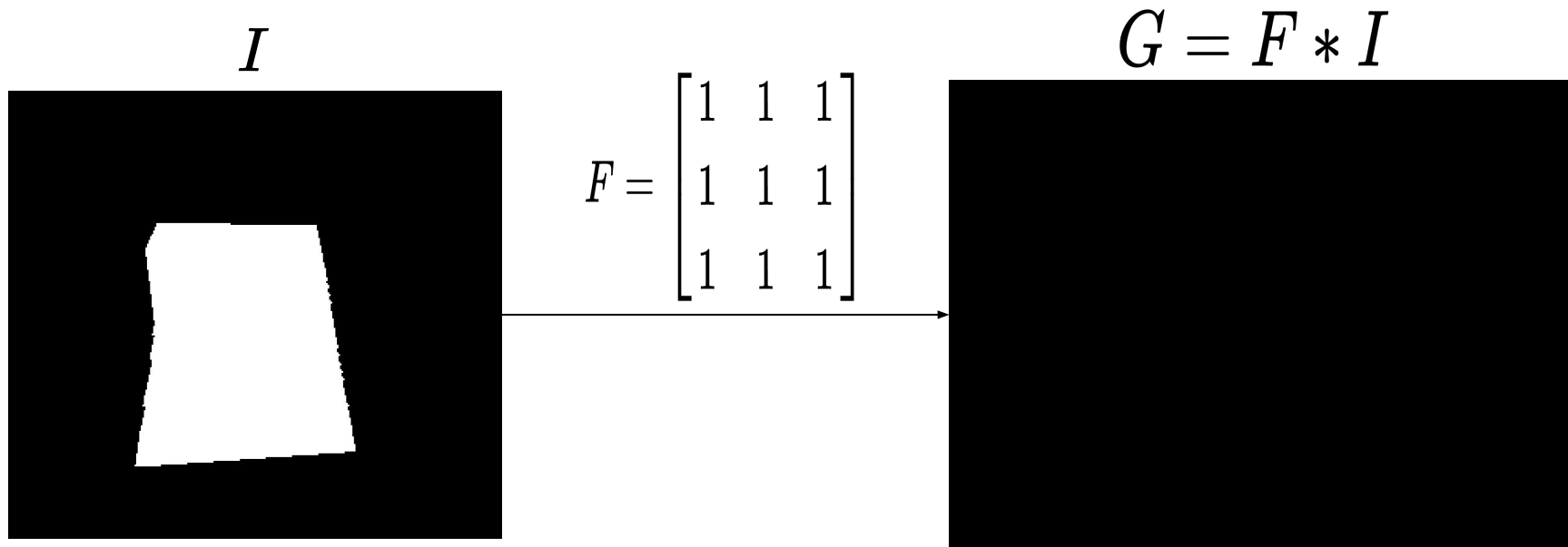
## 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Algoritmo

Depois dos resultados dos algoritmos estarem todos no mesmo *data type*:



## 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Algoritmo

### 1. Blur Filtering



## 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Algoritmo

### 2. *Shifting*

$N$



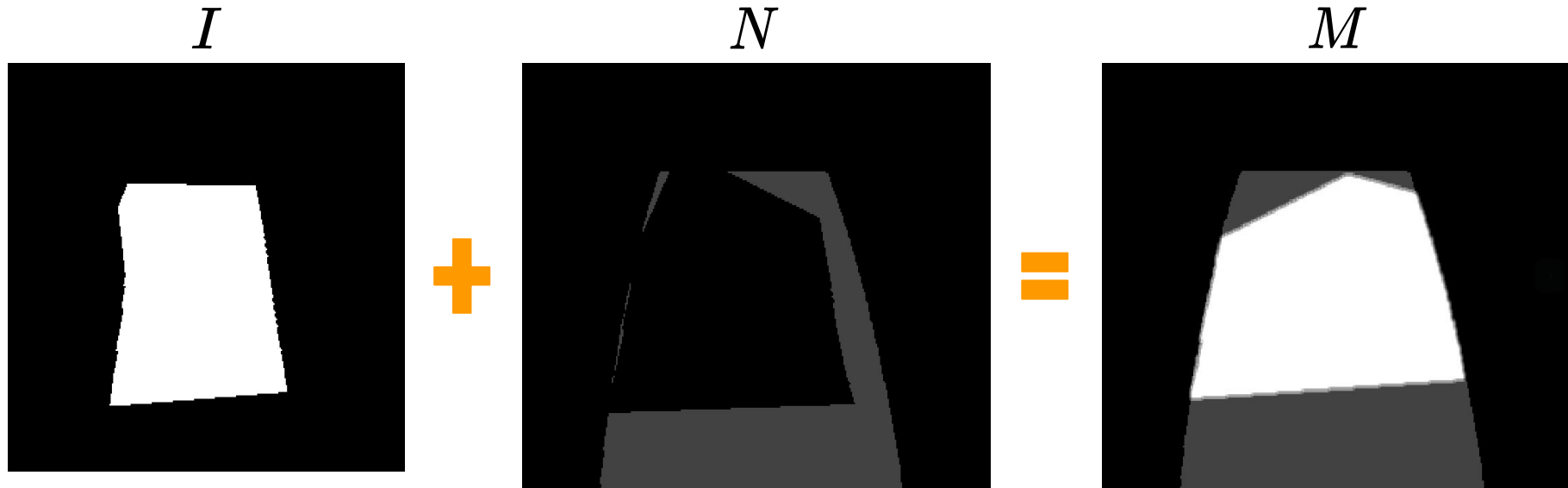
$$L_C = \frac{\text{ceil}\left(\frac{\text{side}(f_s)}{2}\right)}{f_s} \times \alpha$$

$L = L_C \times N$

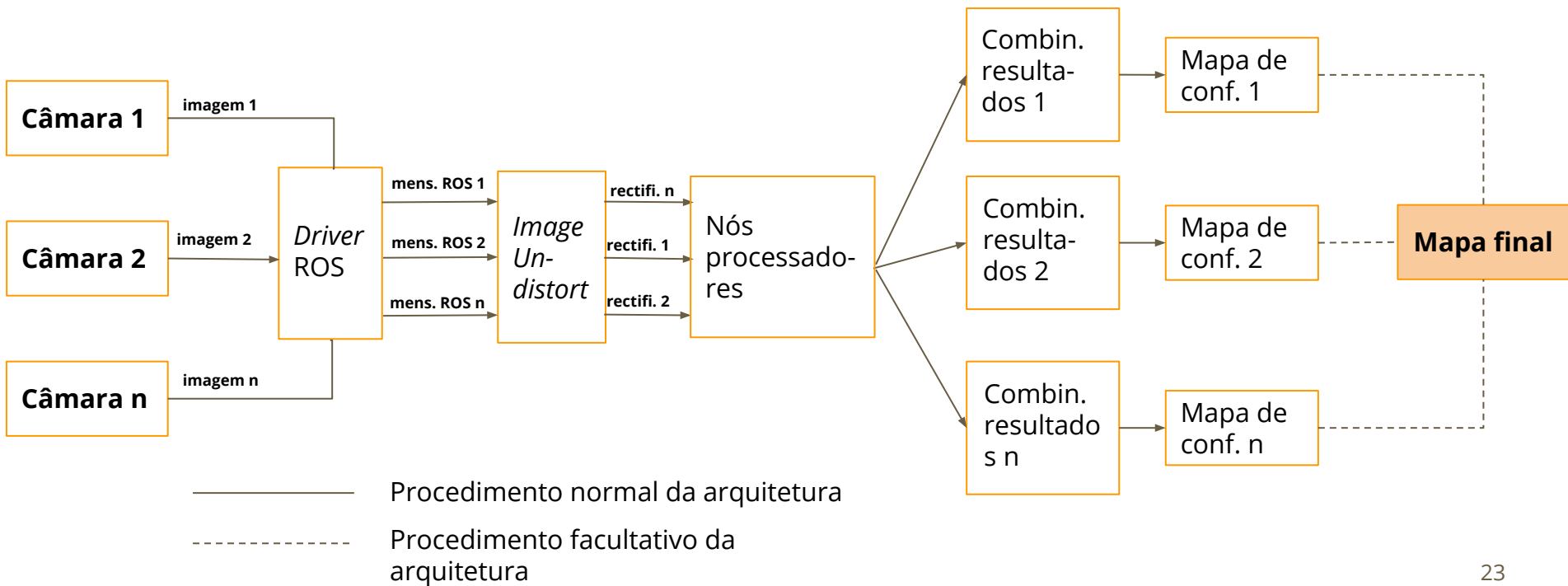


## 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Algoritmo

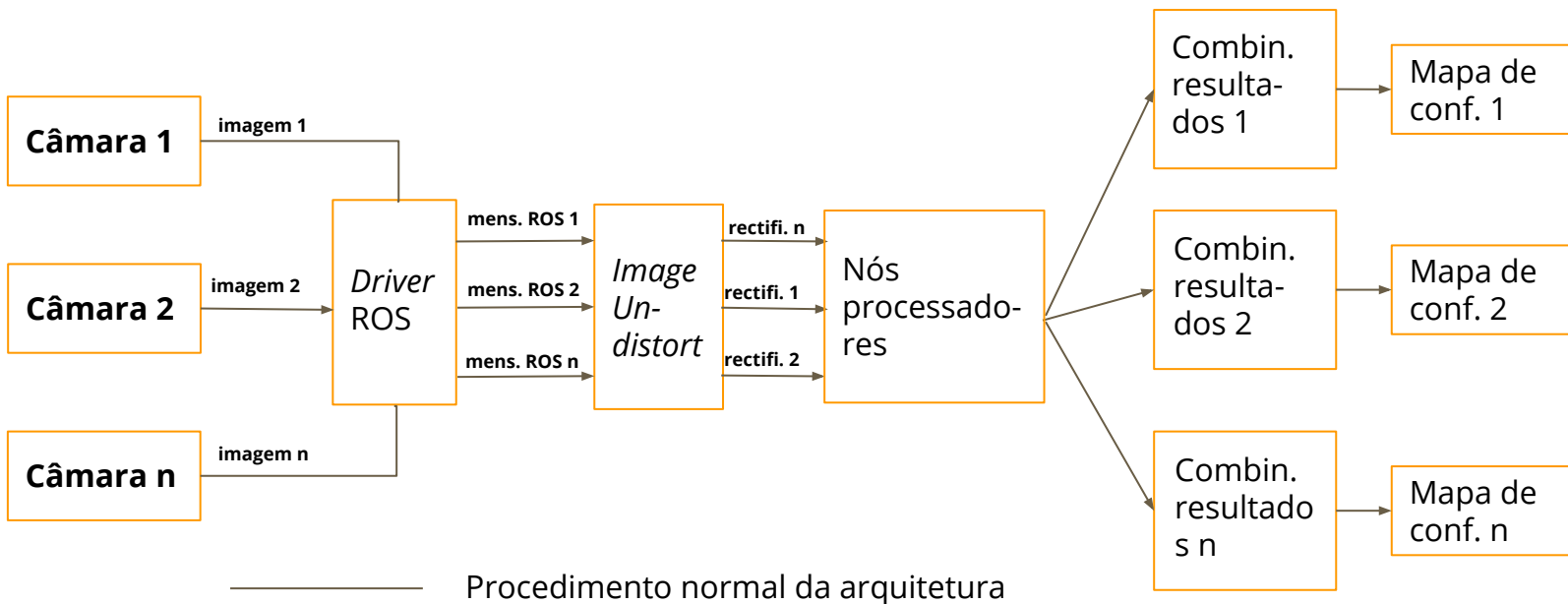
### 2. Mapa de Confiança Final



# 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Câmara

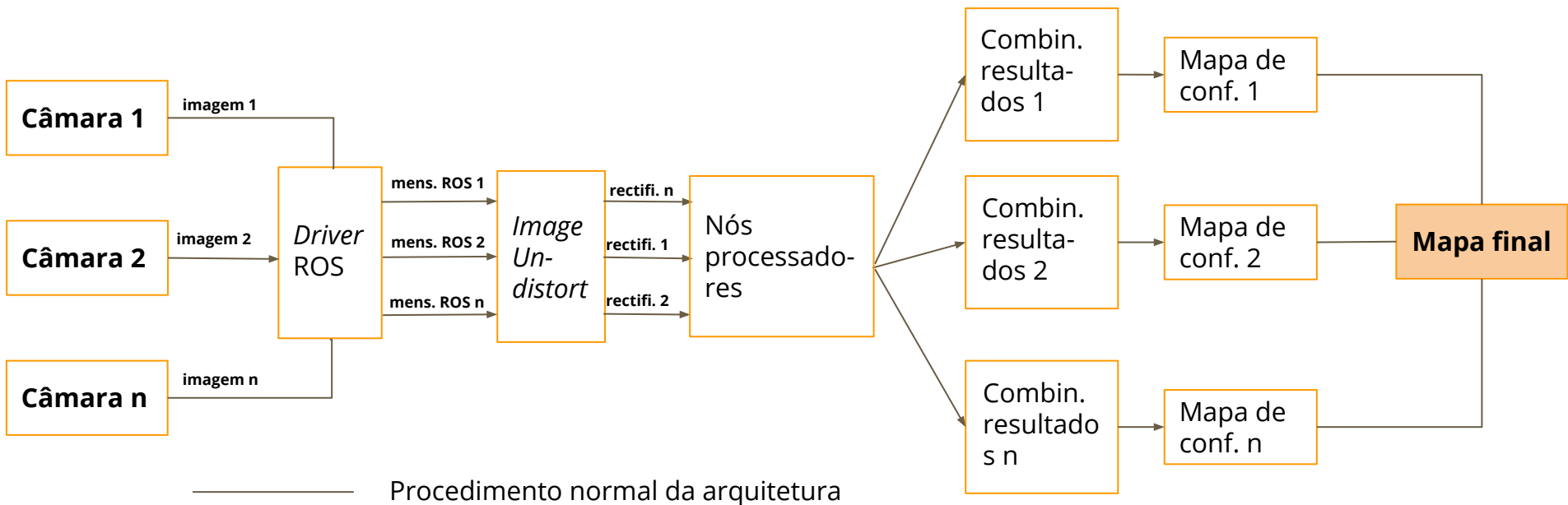


# 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Câmara





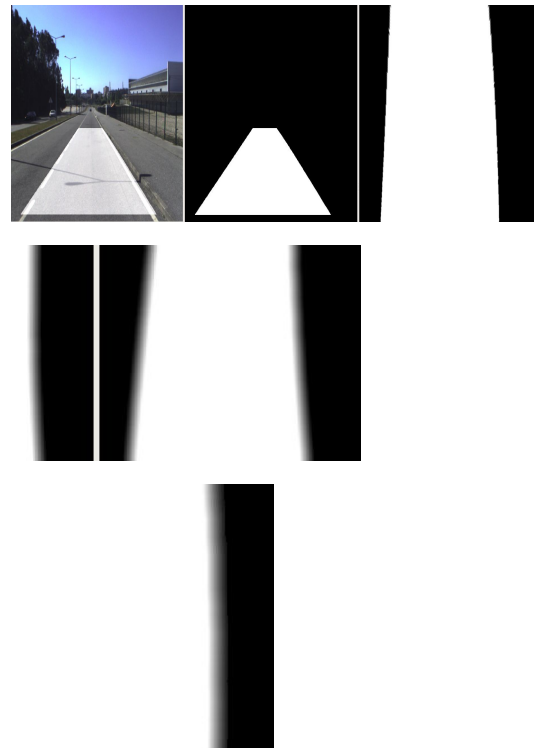
# 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Câmara



## 3.3. Princípio da Arquitetura Multi-Câmara

### Procedimento Adicional

- Transformação de perspectiva dos polígonos para um referencial;
- Combinação através das operações "AND" e "XOR";
- Os mapas de confiança transformados são somados ponderadamente.



## 4. Resultados



# 4. Resultados

## Validar/comprovar:

- Utilidade;
- Escalabilidade;
- Fiabilidade.

## Casos experimentais feitos:

1. 1 câmara + 1 algoritmo
2. 1 câmara + 2 algoritmos
3. 2 câmaras + 1 algoritmos
4. 2 câmaras + 2 algoritmos



360 frames avaliados

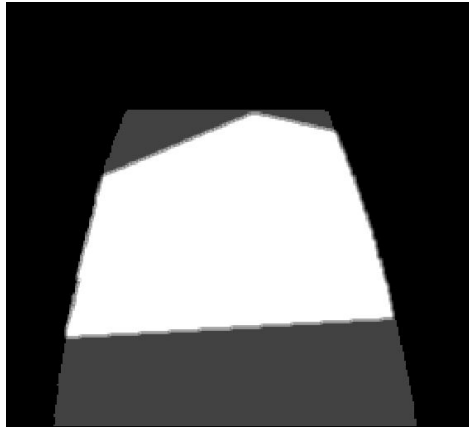
# 4. Resultados

Indicadores:

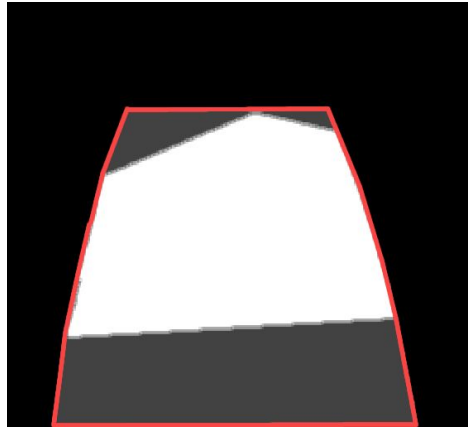
$$I_1 = \frac{WCA}{A_T}$$

$$I_2 = \frac{A_C}{A_T}$$

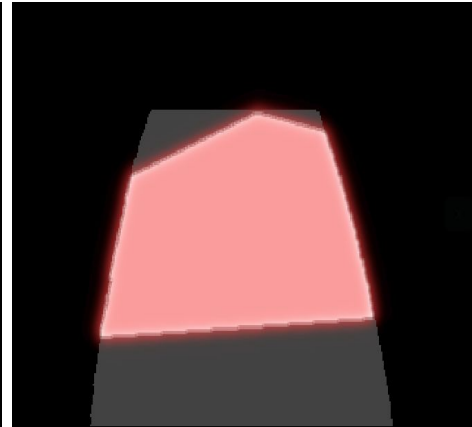
$WCA$



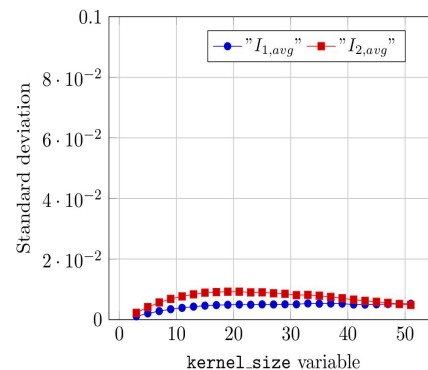
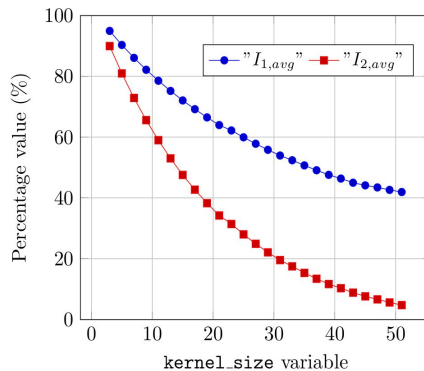
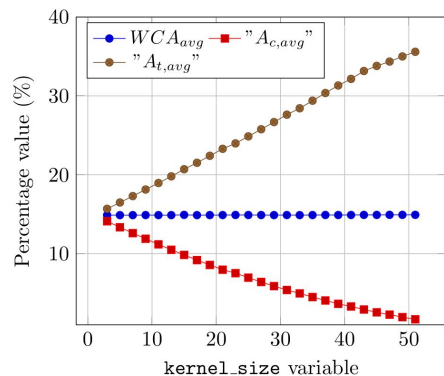
$A_T$



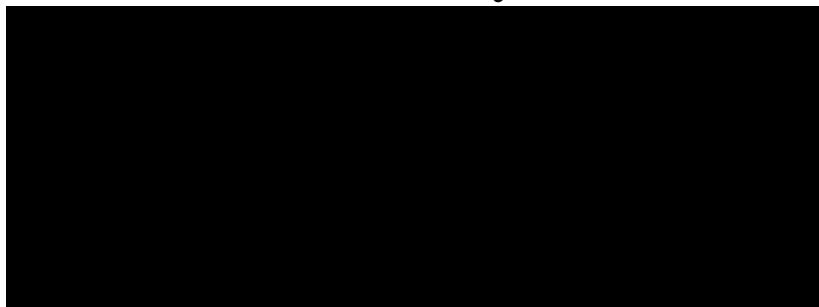
$A_C$



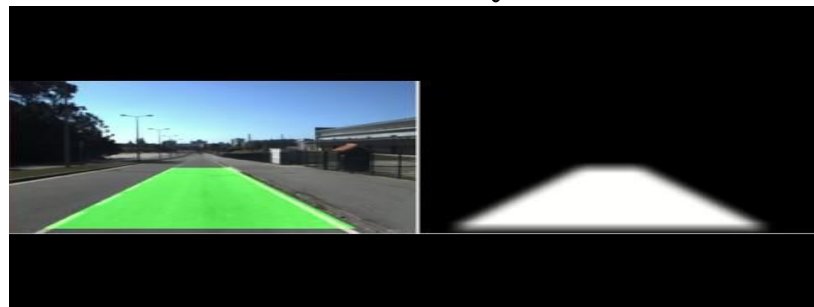
# 4. Resultados 1 Câmara + 1 advanced\_algorithm\_node



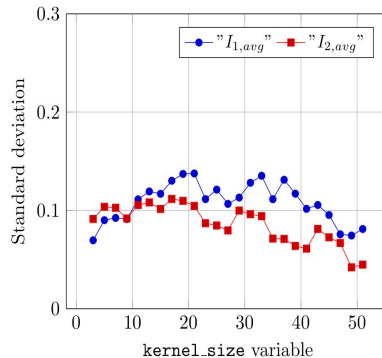
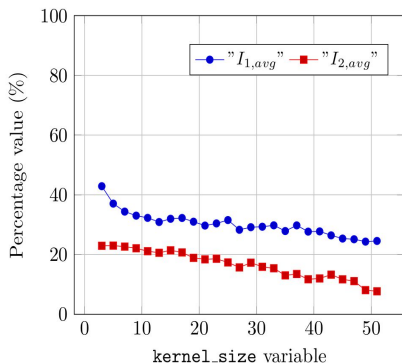
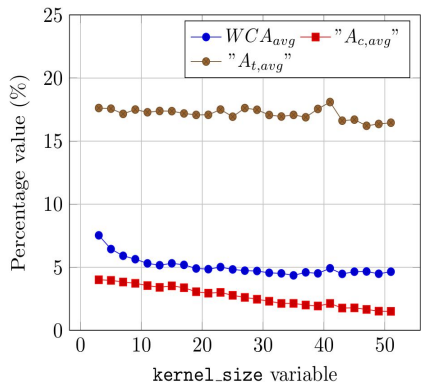
$$f_s = 3 \times 3$$



$$f_s = 51 \times 51$$



# 4. Resultados 1 Câmera + 2 Algoritmos

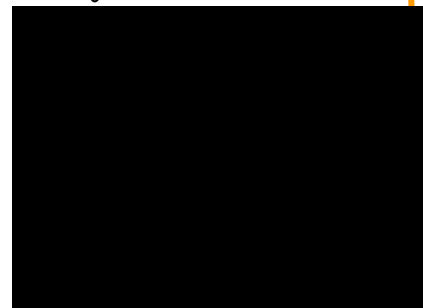
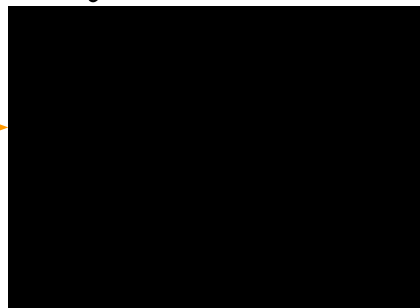


$$L_C = \frac{\text{ceil}\left(\frac{\text{side}(f_s)}{2}\right)}{f_s} \times \alpha$$

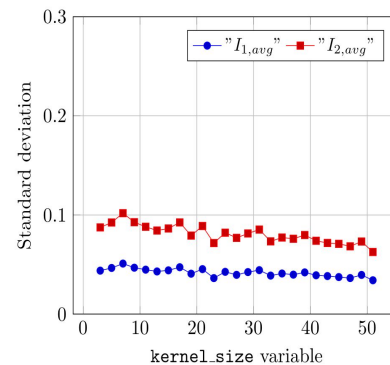
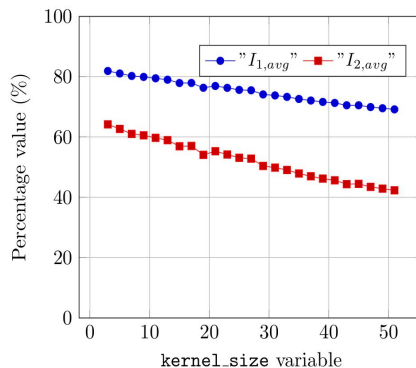
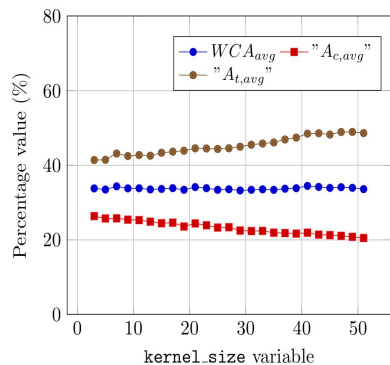


$$f_s = 3 \times 3$$

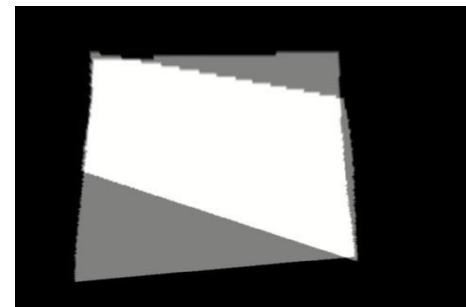
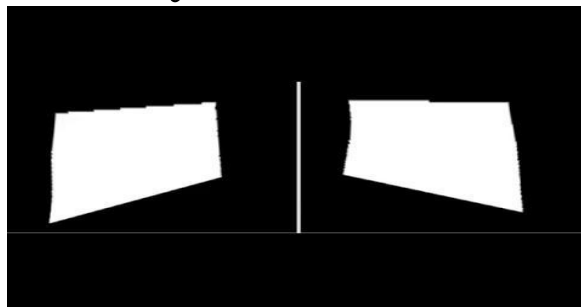
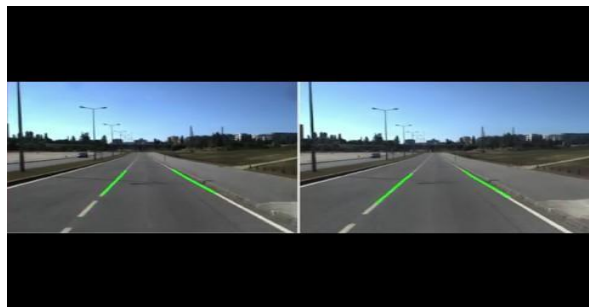
$$f_s = 51 \times 51$$



# 4. Resultados 2 Câmaras + lane\_detector\_node

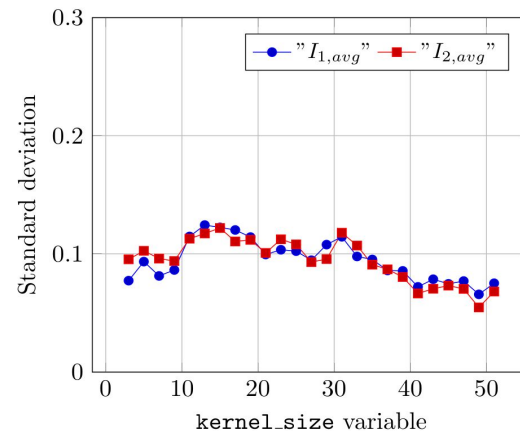
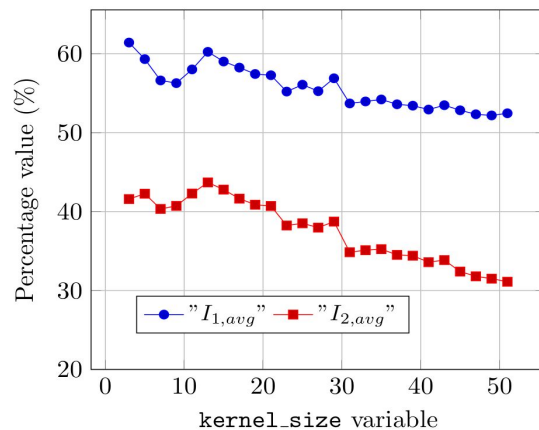
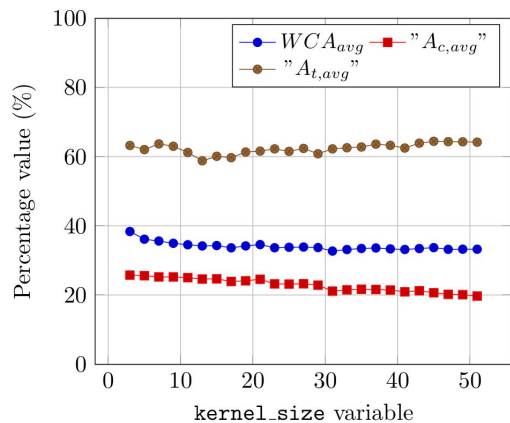


$$f_s = 3 \times 3$$

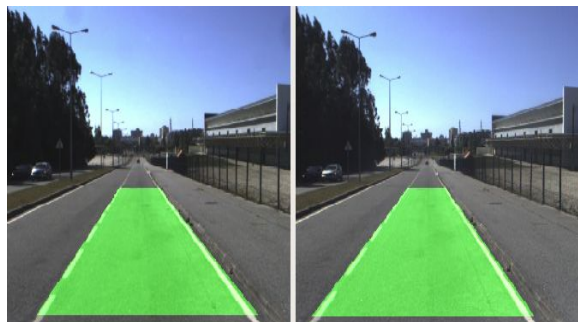




# 4. Resultados 2 Câmaras + 2 algoritmos



## 4. Resultados 2 Câmaras + 2 algoritmos



$$f_s = 3 \times 3$$



# 4. Resultados DL

## Algoritmos baseados em DL:

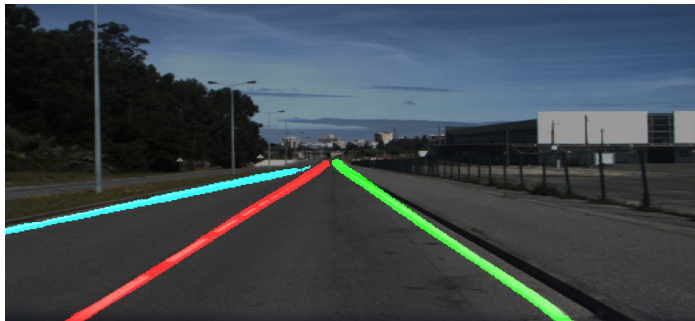
- Mais genéricos em termos de ambiente;
- Mais robustos e fiáveis;
- Maior peso computacional;
- *Almost real-time processing;*
- Técnicas em desenvolvimento.

## Caso de estudo testado na secção de estrada:

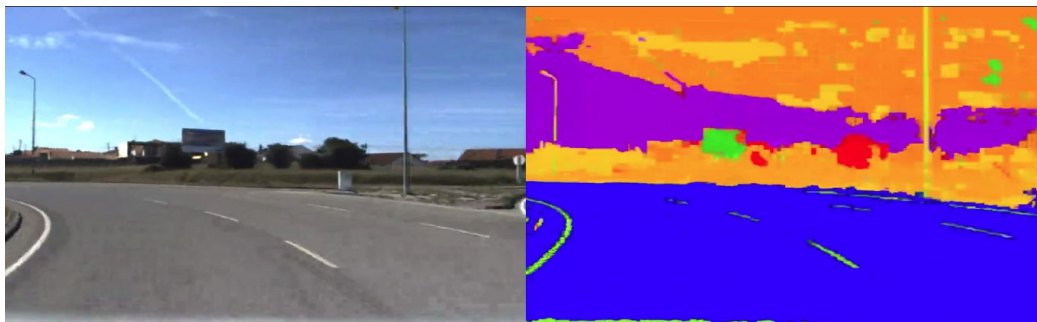


# 4. Resultados DL (qualitativos)

Resultados do lane\_net\_node



Resultados do unet\_node





## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros



# 5. Conclusões e Trabalho Futuro

## Conclusões

- Metodologia útil e válida;
- Uma arquitetura escalável e redundante (múltiplas fontes sensoriais e múltiplos algoritmos);
- Provou ser uma infraestrutura útil para mitigar “más detecções” de algoritmos que estejam incorporados na arquitetura.
- Abordagem que permite retornar um resultado com mais informação do que os resultados apresentados por cada algoritmo usado individualmente;
- Dos nós processadores, aquele que é baseado em DL é mais genérico, no entanto, não está ainda a processar em tempo real e necessita de ser treinado com um dataset mais genérico.

# 5. Conclusões e Trabalho Futuro

## Contribuições

- Infraestrutura física desenhada e montada com sucesso.
- Arquitetura multi-câmara e multi-algoritmo foi desenvolvida e implementada com sucesso.
- Integrou-se um nó ROS (**lane\_detector\_node**) na arquitetura; criou-se um nó ROS baseado num outro algoritmo (**advanced\_algorithm\_node**); avaliou-se qualitativamente os resultados provenientes de um nó ROS (**lanenet\_node**) baseado em DL; implementou-se/incorporou-se na arquitectura um nó baseado em DL (**unet\_node**).
- Submissão de um artigo: “Scalable ROS-Based Architecture to Merge Multi-Source Lane Detection Algorithms”, da autoria de: Tiago Almeida, Vítor Santos e Bernardo Lourenço.



# 5. Conclusões e Trabalho Futuro

## Trabalho futuro

- Desenvolvimento de algoritmos processadores mais robustos (baseados em DL).
- Viabilidade para utilizar algoritmos específicos para diferentes tipologias de estradas.
- Comparar o output da arquitetura com os algoritmos a processar individualmente.
- Combinação em múltiplos níveis (viável em arquiteturas com mais de 2 algoritmos).
- Realizar uma calibração extrínseca mais precisa.
- Realizar um IPM mais robusto e genérico baseado exclusivamente nas calibrações.
- Tornar o output da arquitetura numa *Occupancy Grid*; "somar" com a *Occupancy Grid* proveniente dos dados sensoriais do LIDAR.

universidade de aveiro



theoria poiesis praxis

---

---

# Arquitetura Multi-Câmara e Multi-Algoritmo para Perceção Visual a Bordo do ATLASCAR2

— Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica —

Autor: Tiago Almeida  
tm.almeida@ua.pt

---

---

Aveiro, 23 de Julho de 2019

---

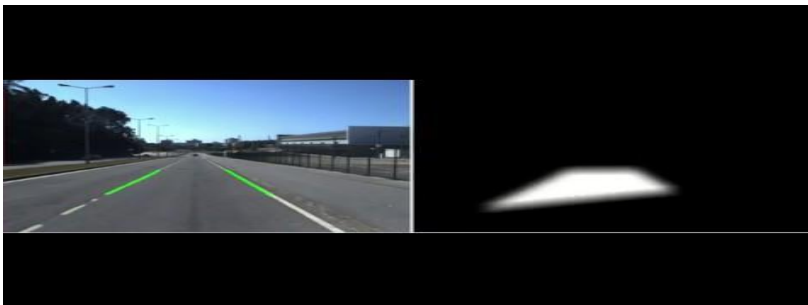
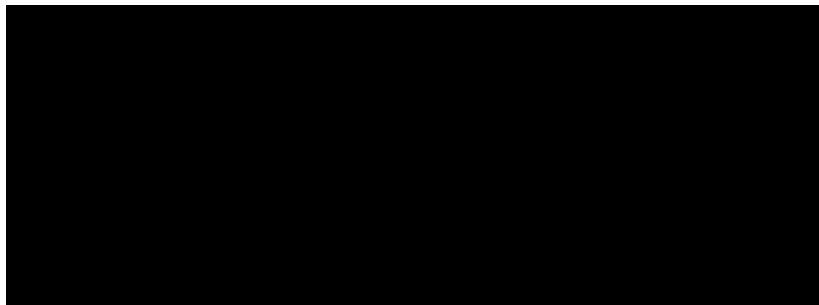
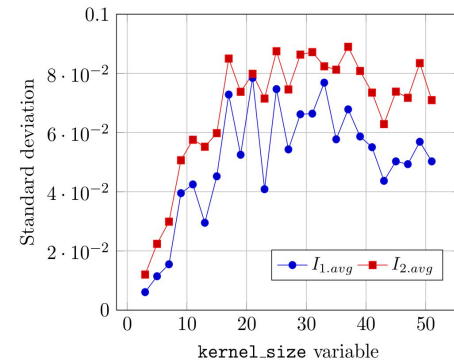
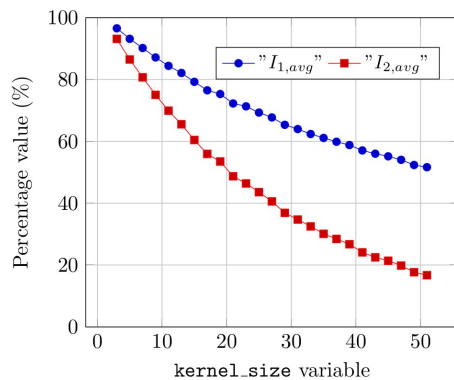
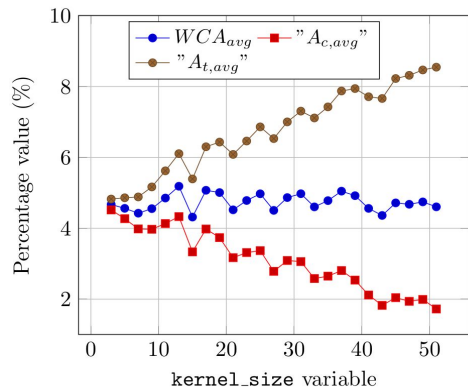
---

# Anexos

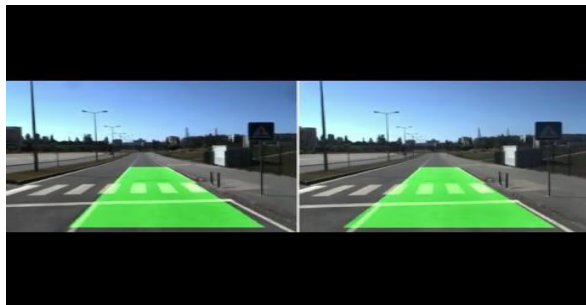
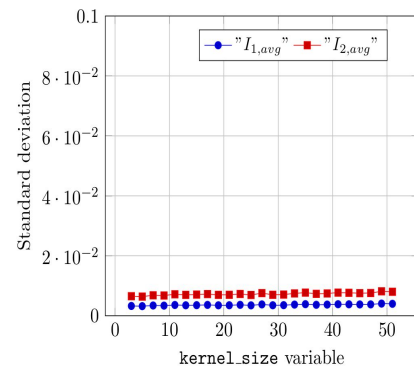
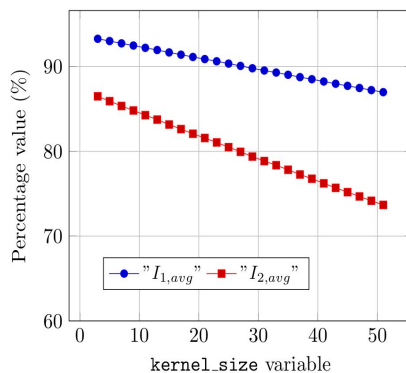
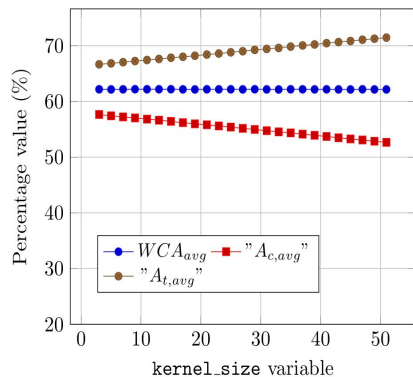
---

---

# 4. Resultados 1 Câmara + 1 lane\_detector\_node

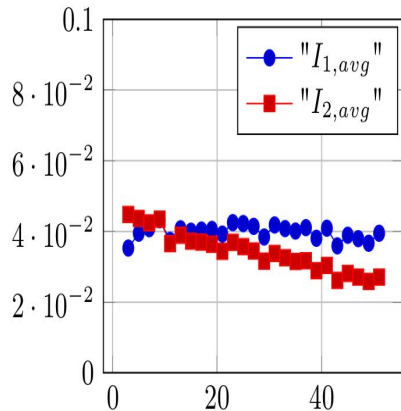
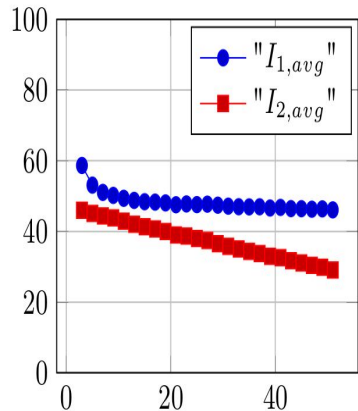


# 4. Resultados 2 Câmaras + advanced\_algorithm\_node



# 4. Resultados DL unet\_node 1 câmara/2câmaras

1 Câmara + (advanced\_algorithm\_node+DL)



2 Câmaras + (advanced\_algorithm\_node+DL)

