

# Anotação e Seguimento Semi-Automático de Alvos para Condução Autónoma

Nuno Miguel Soares Silva

Prof. Doutor Paulo Miguel de Jesus Dias (orientador)

Prof. Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos (co-orientador)

Mestrado Integrado em Engenharia de Computadores e Telemática

Universidade de Aveiro

# Conteúdos

- Introdução
- Trabalhos anteriores realizados no LAR
- ADAS Datasets com anotação de dados
- Infraestrutura Experimental
- Melhoramento do Processo de Calibração
- Detecção, Seguimento e Anotação de Objetos
- Resultados
- Conclusões

# Projeto ATLAS

- Investigação de sistemas para condução autónoma
- Pequenos protótipos
- Plataformas de maiores dimensões
  - Sensores LIDAR e câmaras



Protótipos do projeto ATLAS



ATLASCAR1



ATLASCAR2

# Motivação

- AD e ADAS frequentemente utilizam ML
  - Redes neurais convolucionais
- Imagens são usadas como objetos de entrada
- Anotação é importante para classificar objetos
- Atribuição de metadados na forma de uma palavra chave
- Uma grande parte das anotações é feita com processos manuais

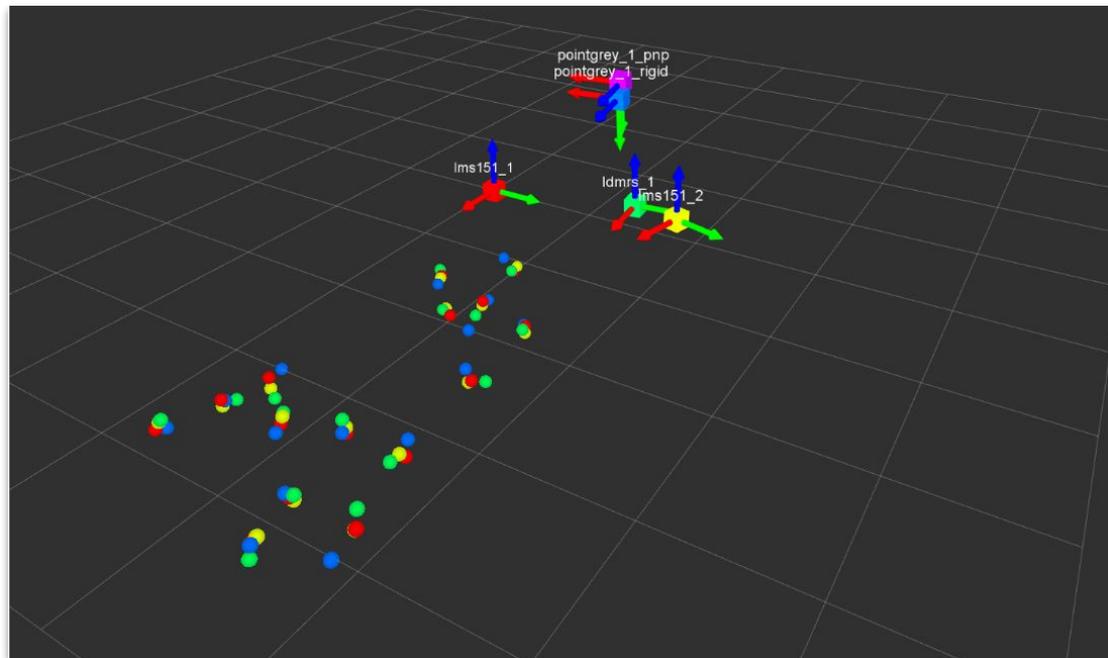
# Objetivos

- Implementação de uma ferramenta para detecção, seguimento e anotação
  - Algoritmo baseado na aparência usando a imagem
  - Algoritmo baseado no alcance usando dados dos sensores LIDAR
  - Fusão de dados e reprojeção de dados dos sensores na imagem
    - Seguimento mais robusto
- Calibração
  - Melhoria da detecção da bola com a câmara
  - Anteriormente com processos falíveis

# Calibração Multi Sensor e Fusão de Dados

[Vieira da Silva, 2016]

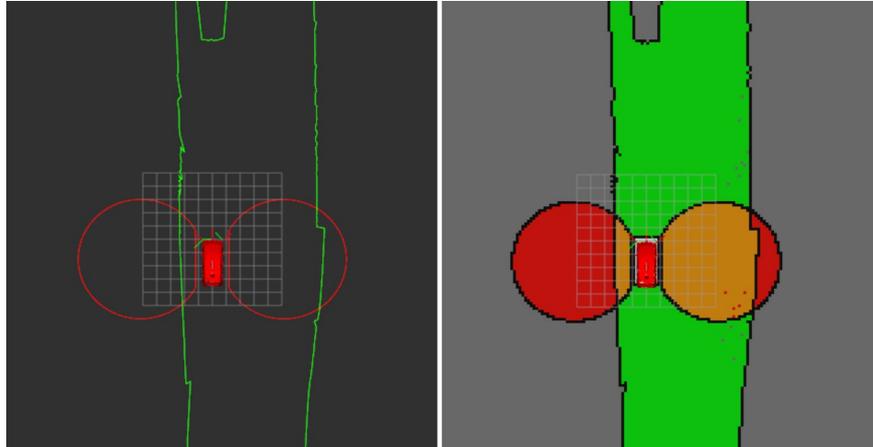
- Desenvolvimento do processo de calibração
- Uma bola é usada como alvo de calibração
- Interface Gráfica
  - Calibração de vários sensores simultaneamente
- Fusão de dados
  - Estimar a posição relativa dos sensores



# Unidade Visual e Percepção no ATLASCAR2

[Correia, 2017]

- Infraestrutura de suporte para sensores LIDAR e câmaras
- Instalação elétrica e infraestrutura de comunicação
- Novos sensores foram adicionados à interface de calibração
- Desenvolvimento de uma aplicação para o espaço navegável



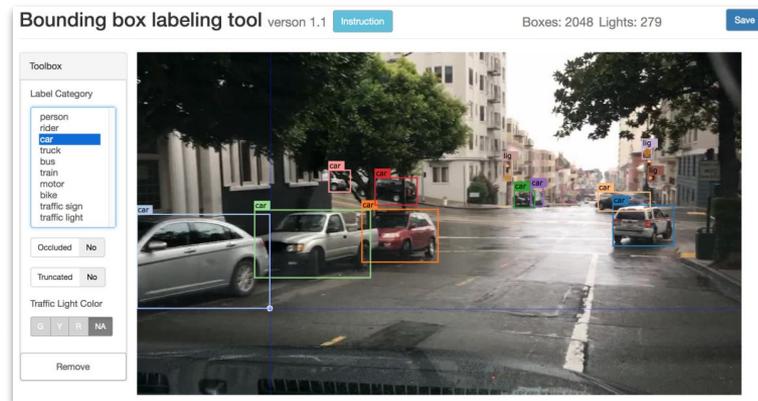
# Seguimento de Alvos Dinamicos

[Soares de Almeida, 2010, 2016]

- Multi Target Tracking (MTT)
- Métodos para detectar e seguir alvos usando sensores LIDAR
  - Nuvens de Pontos
- Seguimento de alvos para fins de sistemas de segurança em AD
- Estimativa do movimento
  - Posição e velocidade

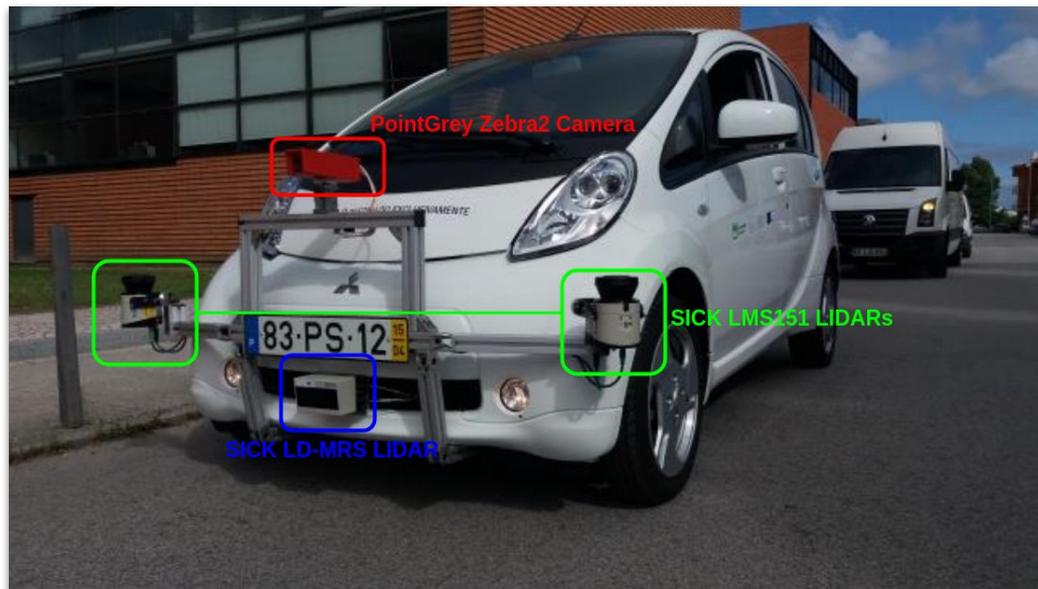
# Labelling Datasets

- KITTI, DeepDrive, HumanEva, ...
- Estruturas de Dados
  - XML
  - JSON
  - Ficheiro de texto onde cada linha representa uma anotação
- Simplificar a complexidade
  - Adaptação do KITTI
- Informação relevante
  - Coordenadas 2D e 3D
  - Identificação (ID)
  - Categoria (Label)
- Implementação de uma interface de anotação
  - Em semelhança ao projeto DeepDrive



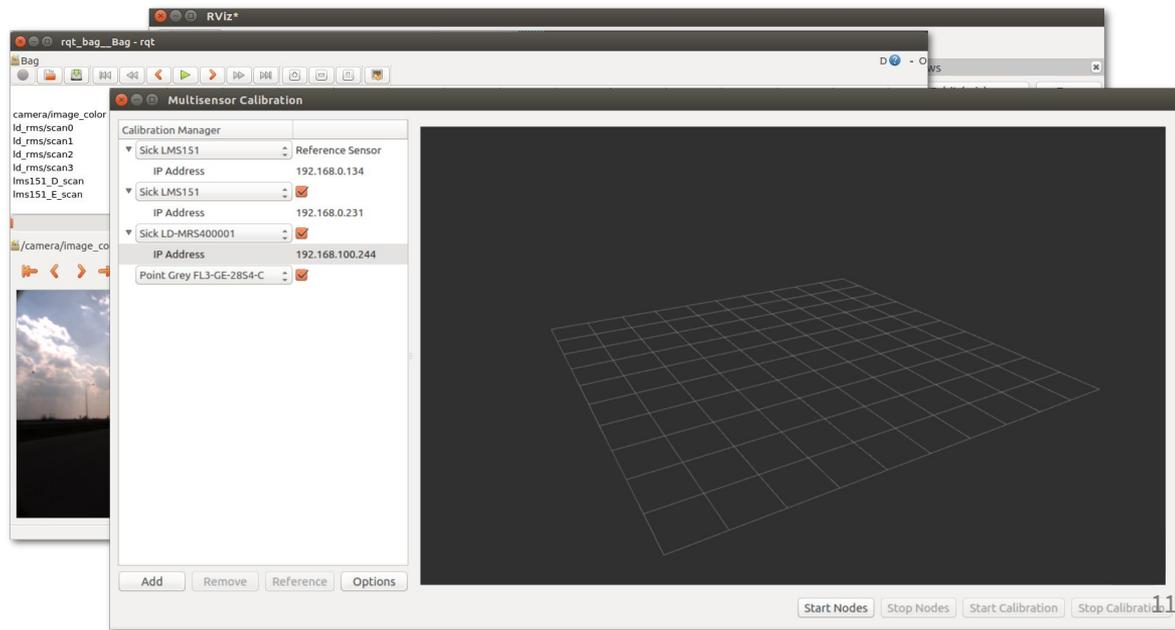
# Infraestrutura Experimental

- ATLASCAR2
  - 1 Camera PointGrey Zebra2
  - 2 LIDARs SICK LMS151
  - 1 LIDAR SICK LD-MRS



# Software

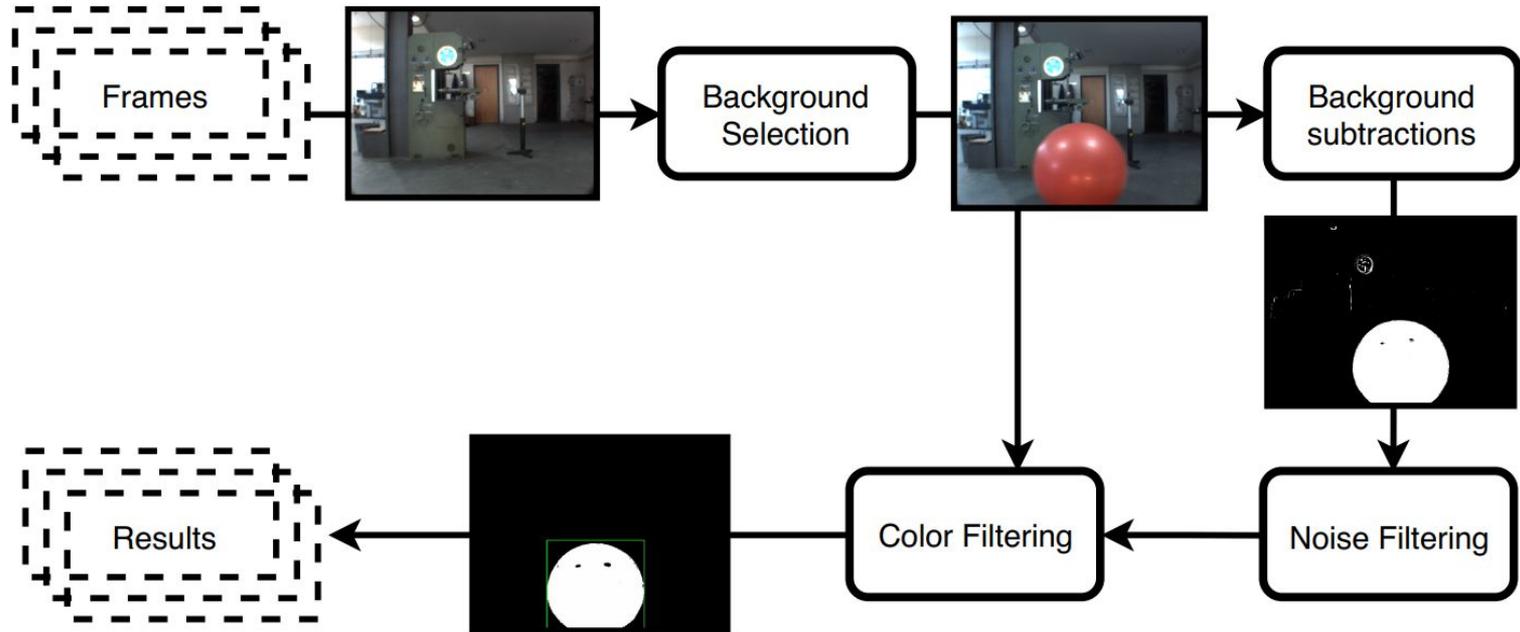
- ROS
  - Operador central de comunicação
  - Desenvolvimento de nós para processamento de dados
  - Rviz
  - Rosbag
  - Roslaunch
  - Rqt\_bag
- LAR Toolkit
  - Multi Sensor Calibration
  - Multi Target Tracking (MTT)
- Point Cloud Library (PCL)



# Melhoria do Processo de Calibração

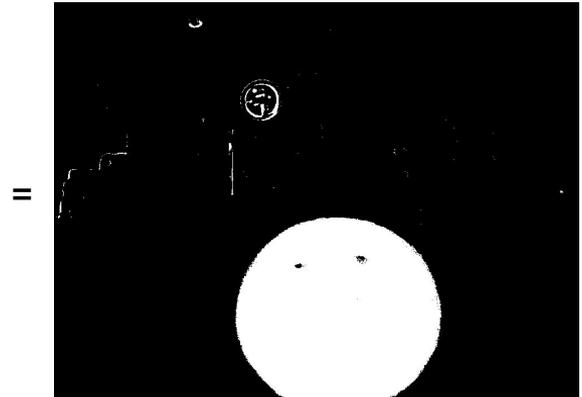
- Bola é usada como alvo
- Nuvem de pontos com centros da bola
  - Cálculo da posição pelo alinhamento das nuvens de pontos
- Anteriormente: Filtragem HSV
- Novos métodos implementados
  - Robustez à deteção da bola

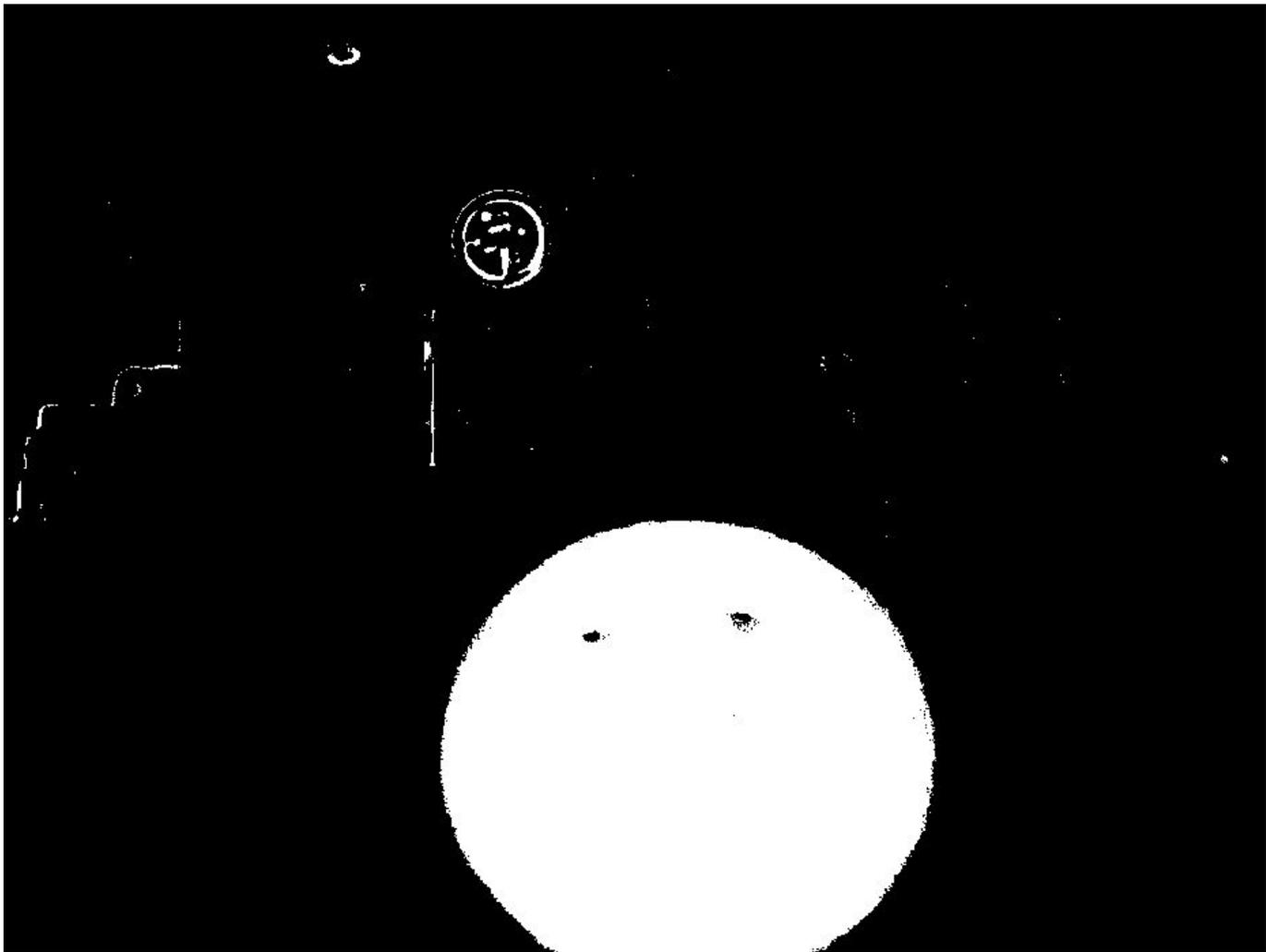
# Novo algoritmo de Detecção da Bola



# Subtração de Fundo

- Veículo parado durante o processo de calibração
- Primeira frame recebida é o fundo por defeito
  - Pode ser atualizado pela frame atual
- Aplicação do método de subtração





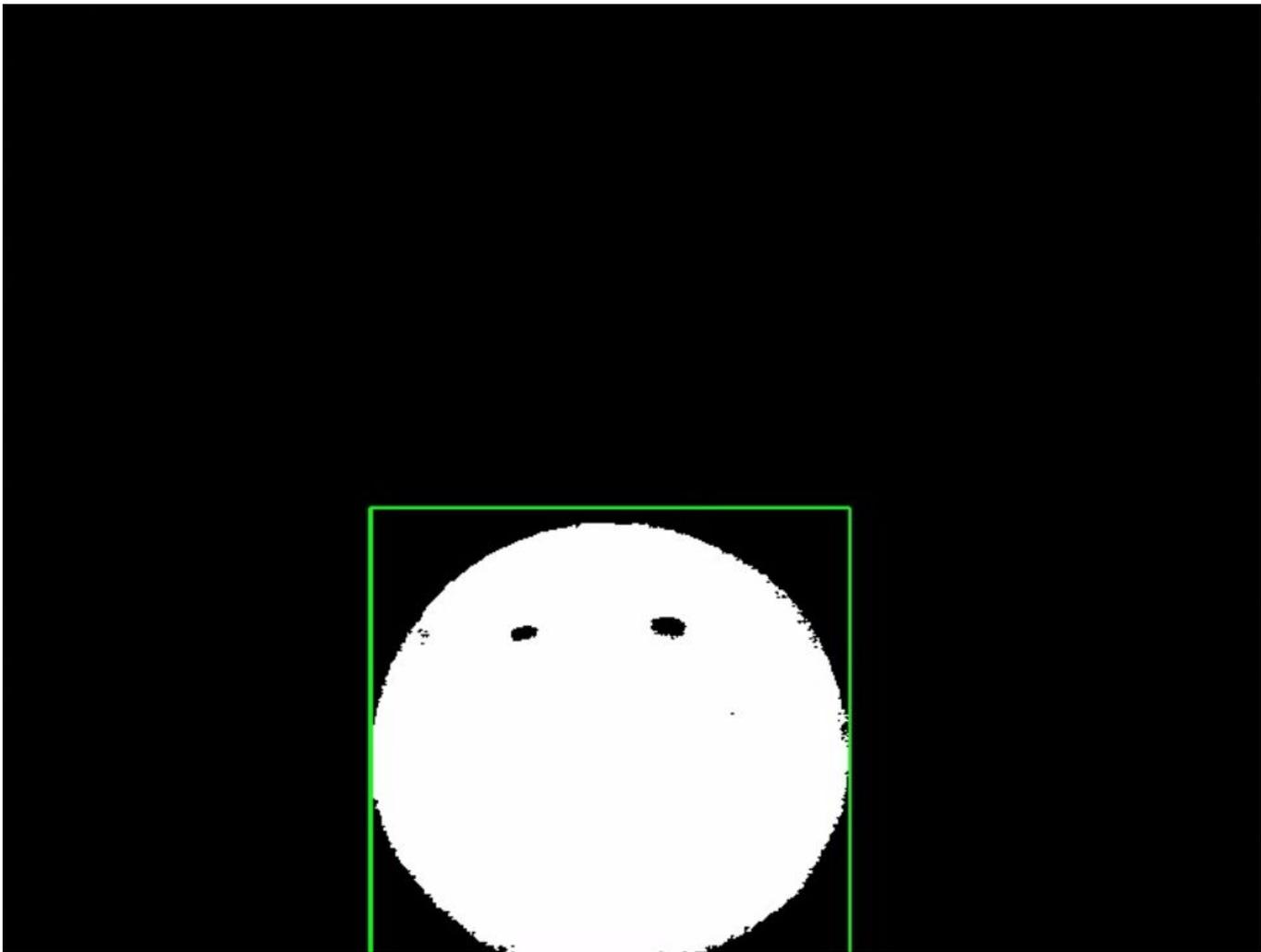
# Remoção de Ruído e Filtragem por Cor

- Erosão
- Filtrar apenas a bola e não outro objeto
  - Resultado final apenas com a bola
- Cor por defeito é vermelho
- Clique na bola para atualizar a sua cor
- Filtragem de cor
  - Intervalo centrado na matiz selecionada



# Bounding Box

- Cálculo do centro da bola
- Se o número de pixels brancos for maior que um limite
  - Média das coordenadas
- Tamanho da bounding box determinado pelo número de pixels brancos



# Integração no Pacote de Calibração

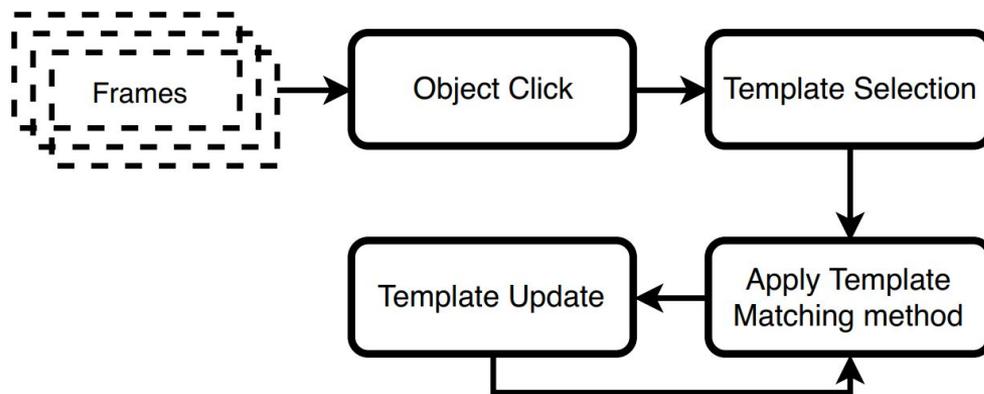
- Modificação do nó da câmara
  - Adição das funcionalidades desenvolvidas
- Raio da bola passado como argumento
  - Calcular a distância à câmara
- Publicação do centro da bola
  - Para ser usado na calibração

# Deteção, Seguimento e Anotação de Objetos

- Imagem da Câmara
- Sensores LIDAR
- Combinação da imagem com os sensores

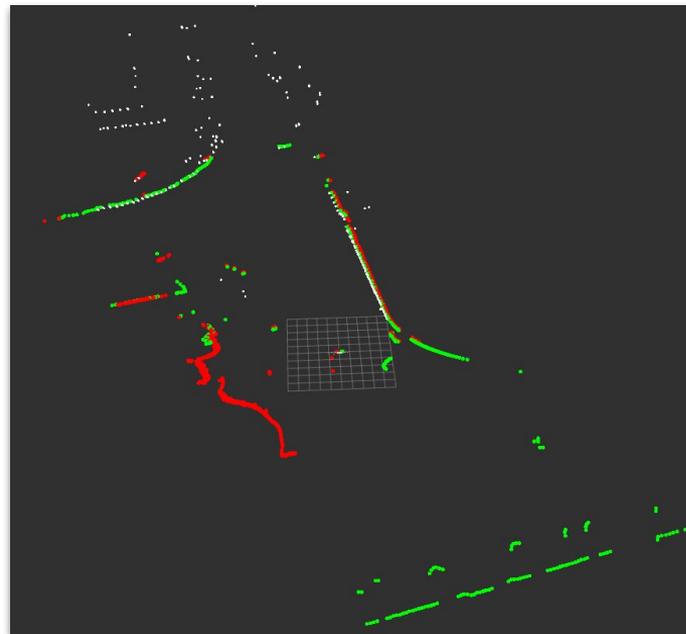
# Seguimento na Imagem 2D

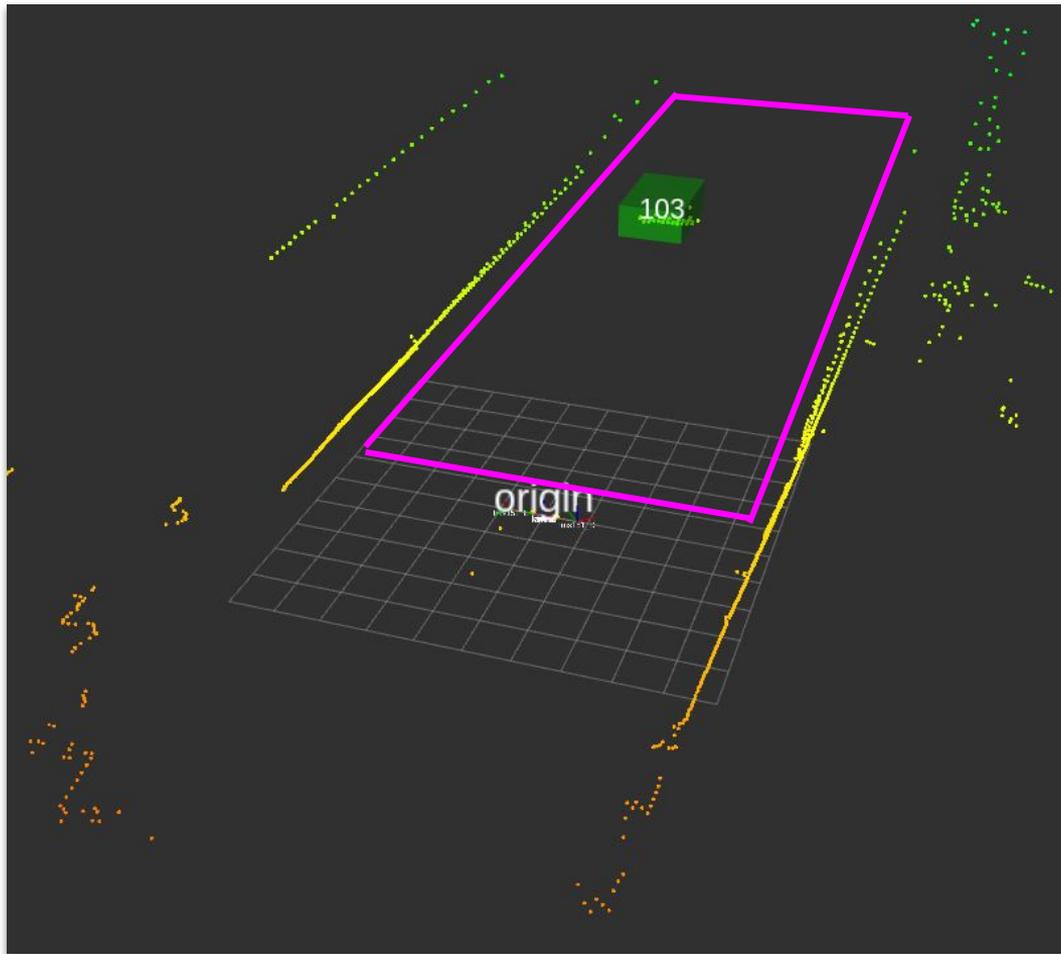
- Recepção das frames
- Clique no Objeto
- Bounding Box à volta do objeto
- Método de Template Matching
  - Atualização do template
- Tracking do Objeto
  - Para frente e para trás



# Seguimento pelos sensores LIDAR

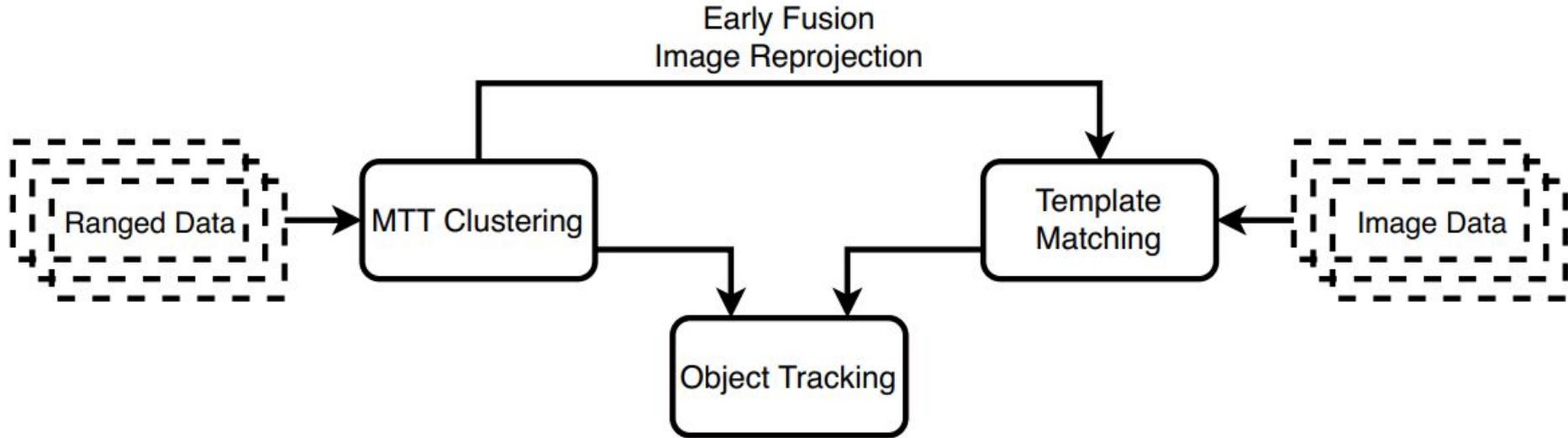
- MTT
- Percepção planar
- Manipulação da nuvem de pontos
  - Concatenação das várias leituras numa única nuvem de pontos
  - Filtragem para uma área rectangular à frente do veículo
- Nearest Neighbor Clustering
  - Formação de Clusters
    - Agregados de pontos
    - Limite de distância



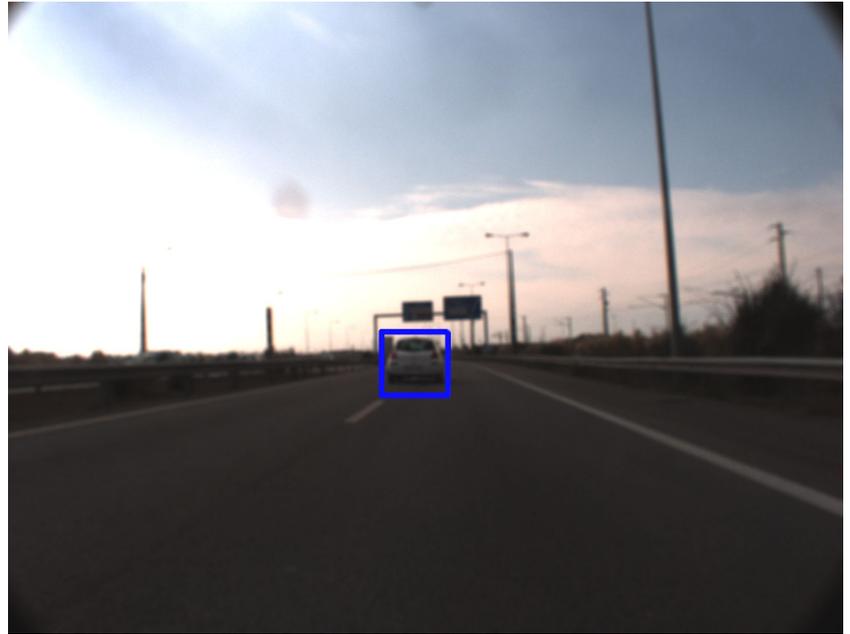


Resultado do uso do MTT

# Fusão de Dados - Abordagem Multimodal

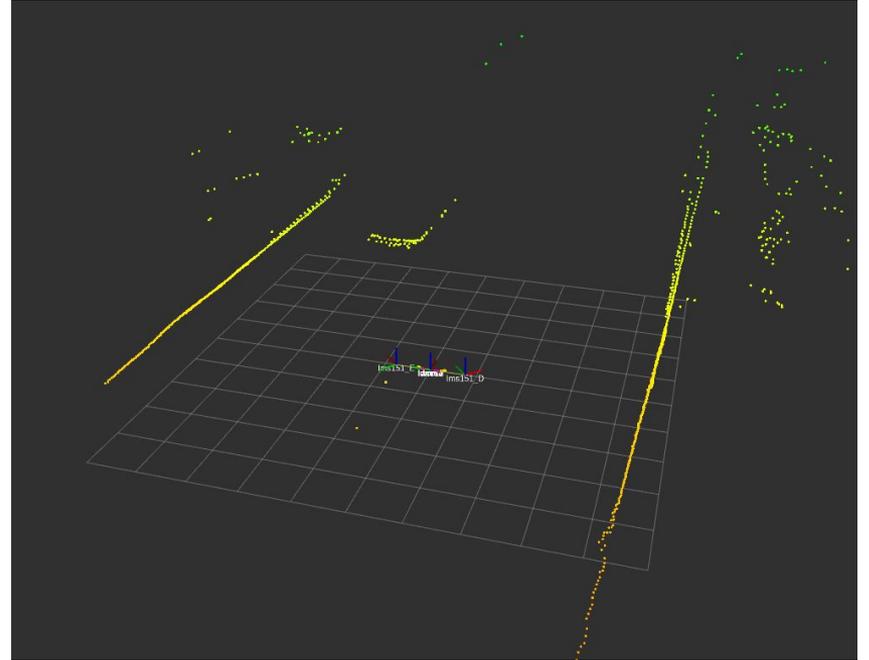


# Bounding Boxes com Tamanho Dinâmico



# Projeção da Nuvem de Pontos na Imagem

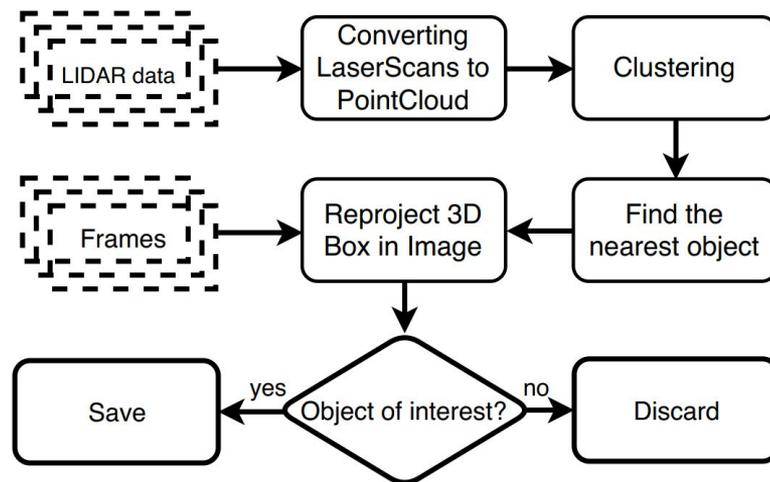
- Visualização das leituras dos LIDARs na imagem
- Calibração Intrínseca
  - Valores intrínsecos da câmara e coeficientes de distorção
- Reprojecção dos pontos na imagem



Projeção da nuvem de pontos na imagem em comparação à visualização 3D do Rviz

# Sugestão de Objetos de Interesse

- Manipulação das nuvens de pontos
- Clustering
- Objeto mais próximo
  - Objeto de interesse
- Reprojecção de Bounding Box 3D na imagem
- Decisão do utilizador
  - Guardar
  - Descartar



# Melhoramento da anotação manual

- MTT usado em segundo plano
- Projeção de bounding boxes invisíveis
- Usar tracking por MTT
  - Clique dentro da bounding box
- Usar Tracking por Template Matching
  - Clique fora da bounding box



# Criação de Datasets

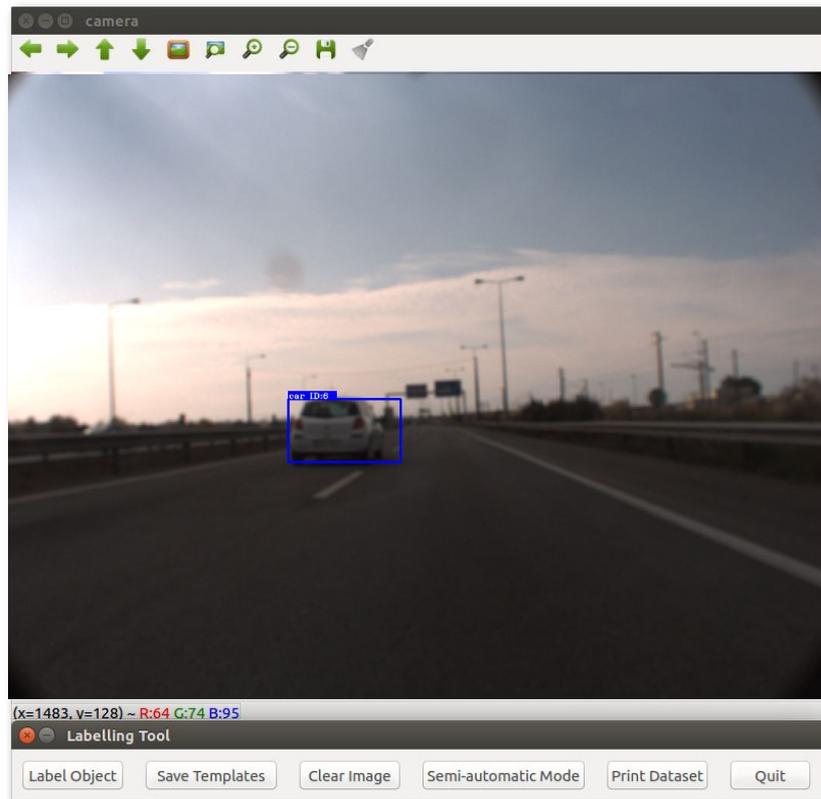
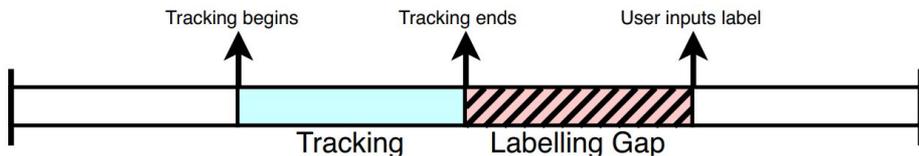
- Dataset 2D
  - Estrutura de dados para bounding boxes
    - Coordenadas (x,y)
    - Largura e Altura
    - ID
    - Categoria (Label)
- Dataset 3D
  - Adaptação da estrutura de dados
    - Adição de coordenadas 3D (x,y,z)

```
1  FRAME_ID
2  BOX_X BOX_Y WIDTH HEIGHT LABEL ID 3D_X 3D_Y 3D_Z
3  ...
4  1063
5  693 600 218 218 car 1 19.1706 1.64176 0.5
6  1064
7  692 597 218 218 car 1 19.5359 1.61985 0.5
8  1144
9  570 597 145 145 van 2 25.7349 2.61821 0.5
10 1145
11 590 602 145 145 van 2 25.7349 2.61821 0.5
12 ...
```

Excerto de um exemplo de dataset

# Ferramentas de Anotação

- Interface de Utilizador de Anotação
- Adaptação do pacote `rqt_bag`
  - Implementação de um serviço
  - Pausa do bag
- Nó de “Playback”



# Resultados

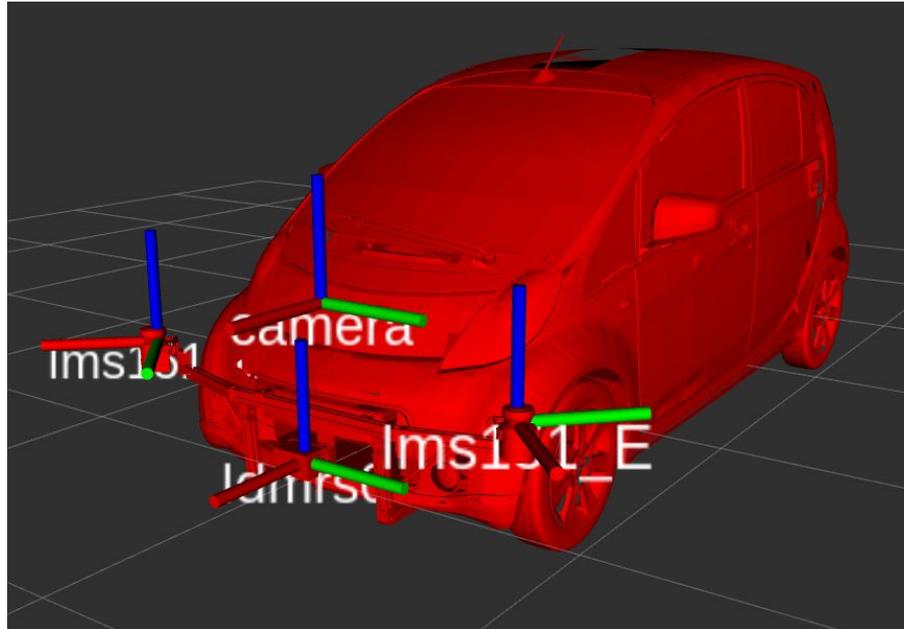
- Calibração da câmara
- Detecção, Seguimento e Anotação de Objetos

# Resultados - Calibração da Câmera

- Calibração com os SICK LMS151
  - Direita usado como referência
- Bola passa à frente dos sensores
  - Cria nuvem de pontos
- Alinhamento das nuvens de pontos
  - Posição relativa obtida

# Resultados - Calibração da Câmera (Cont.)

- Ficheiro com matriz de transformação
- Publicador de transformadas



# Resultados - Detecção, Seguimento e Anotação

- 2 Rosbags produzidos
  - Autoestrada da A25
    - Maioritariamente carros
  - Zona urbana de Aveiro
    - Carros, Pedestres, Ciclistas, etc...
    - Um rosbag com mais detalhes usado mais tarde no projeto
- Criação de “datasets” para cada rosbag
- Categorias:
  - car, van, people, bicycle
  - sign (sinais na estrada)
  - misc (objetos da rua, contentores, vegetação, ...)
  - DontCare (objetos sem interesses, descartados...)

# Resultados - Detecção, Seguimento e Anotação

## Dataset 1 - Autoestrada A25

- Anotação feita maioritariamente no modo semi-automático
  - Sistema de sugestões
- Algumas introduções manuais necessárias
  - Objetos a longo alcance
  - Objeto mais próximo não interessante
- ~67% das sugestões são certas

| <b>Categoria</b> | car | van | people | bicycle | sign | misc | DontCare | <b>Total</b> |
|------------------|-----|-----|--------|---------|------|------|----------|--------------|
| <b>Contagem</b>  | 7   | 1   | 0      | 0       | 4    | 1    | 6        | 19           |

| <b>Métrica</b>                | <b>Contagem</b> |
|-------------------------------|-----------------|
| Sugestões Certas              | 12              |
| Sugestões Erradas             | 6               |
| Anotações Manuais Guardadas   | 1               |
| Anotações Manuais Descartadas | 0               |
| Maximo de Objetos numa Imagem | 1               |





# Resultados - Detecção, Seguimento e Anotação

## Dataset 2 - Zona urbana de Aveiro

- Modo semi-automático e modo manual separadamente
  - Comparar o comportamento das sugestões com o método manual

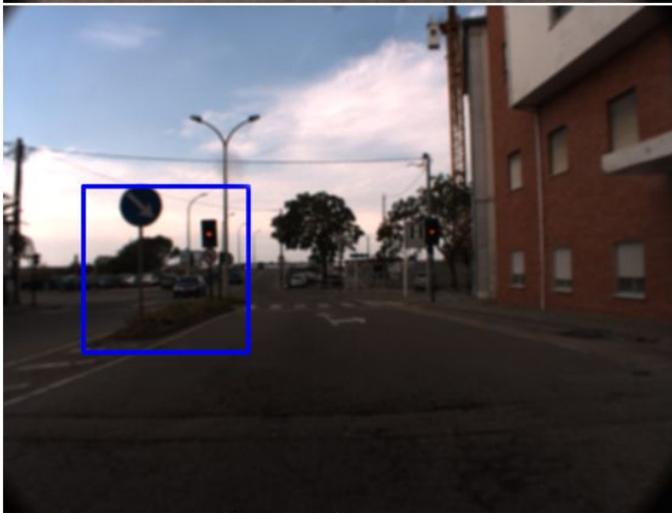
# Resultados - Detecção, Seguimento e Anotação

## Dataset 2 - Zona urbana de Aveiro - Método Semi-Automático

- ~33% das sugestões são certas
  - Demasiado transito
  - Objetos sem interesse
    - Passeios, limites da estrada, ...

| <b>Categoria</b> | car | van | people | bicycle | sign | misc | DontCare | <b>Total</b> |
|------------------|-----|-----|--------|---------|------|------|----------|--------------|
| <b>Contagem</b>  | 29  | 2   | 4      | 0       | 1    | 0    | 74       | 110          |

| <b>Métrica</b>                | <b>Contagem</b> |
|-------------------------------|-----------------|
| Sugestões Certas              | 36              |
| Sugestões Erradas             | 74              |
| Maximo de Objetos numa Imagem | 1               |





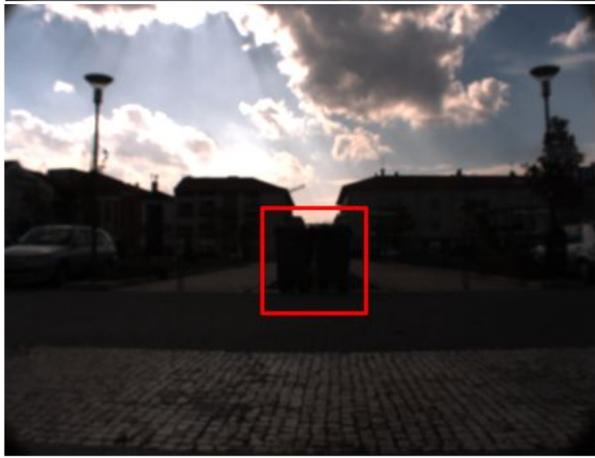
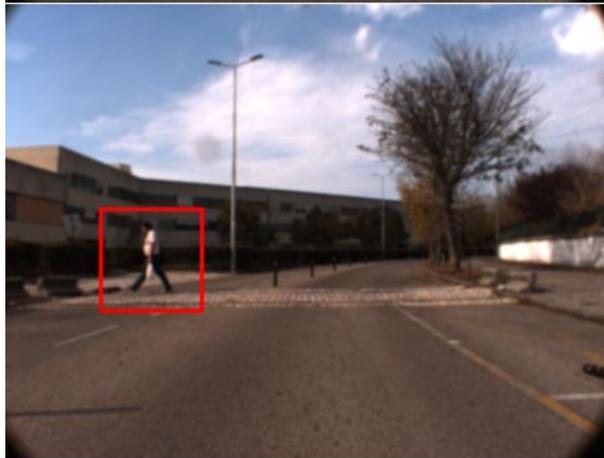
# Resultados - Detecção, Seguimento e Anotação

## Dataset 2 - Zona urbana de Aveiro - Método Manual

- ~75% dos cliques resultaram em anotações guardadas
- É possível anotar mais que um objeto por imagem
  - Modo semi-automático devolve apenas o objeto mais próximo

| <b>Categoria</b> | car | van | people | bicycle | sign | misc | DontCare | <b>Total</b> |
|------------------|-----|-----|--------|---------|------|------|----------|--------------|
| <b>Contagem</b>  | 63  | 10  | 10     | 2       | 1    | 3    | 31       | 110          |

| <b>Métrica</b>                | <b>Contagem</b> |
|-------------------------------|-----------------|
| Anotações Guardadas           | 89              |
| Anotações Descartadas         | 31              |
| Maximo de Objetos numa Imagem | 4               |



# Conclusões

- Melhoria do Processo de Calibração
  - Interface mais simples
  - Detecção mais robusta
- Detecção, Seguimento e Anotação de Objetos
  - Sistema de Sugestões
    - Bons resultados em zonas abertas e com pouco trânsito
  - Método Manual
    - Bons resultados em ambas situações
    - Liberdade de seleção do objeto

# Trabalho Futuro

- Desenvolvimento de um sistema mais automático de sugestões
- Melhorar a robustez em ambientes urbanos
- Machine Learning
  - Templates e Datasets
- Reconhecimento de sinais de estrada
- Óculos de Realidade Aumentada

# Obrigado

Questões?







# Literature Review

