

# Robô Autônomo para Coleta de Cubos



**Luis Felipe Sena**

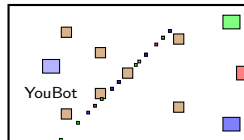


# Agenda

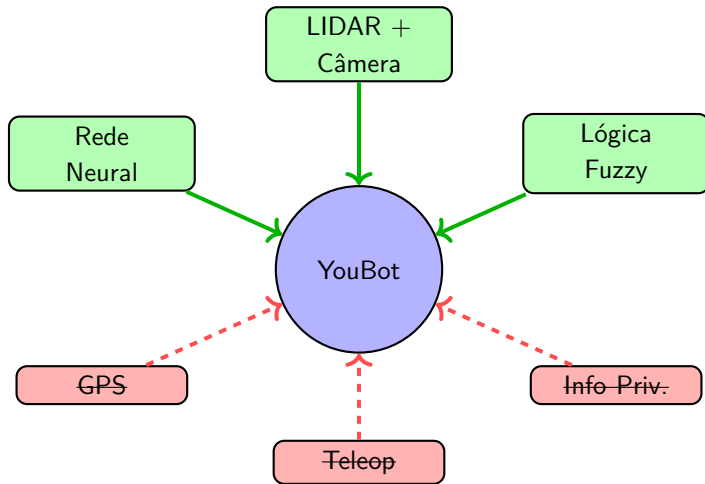
Tempo	Conteúdo
0–3 min	<b>Problema e Desafios</b> – Definição da tarefa e restrições
3–6 min	<b>Percepção</b> – LIDAR, Câmera RGB e Rede Neural (MobileNetV3)
6–9 min	<b>Navegação Fuzzy</b> – Regras linguísticas e funções de pertinência
9–12 min	<b>Planejamento A*</b> – Grade de ocupação e busca de caminhos
12–15 min	<b>Arquitetura e Demo</b> – Máquina de estados e demonstração

# O Problema

- **Objetivo:** Coletar 15 cubos coloridos (vermelho, verde, azul)
- **Ação:** Depositar cada cubo na caixa de cor correspondente
- **Plataforma:** KUKA YouBot com rodas Mecanum (omnidirecional)
- **Ambiente:** Arena 7m  $\times$  4m com obstáculos fixos

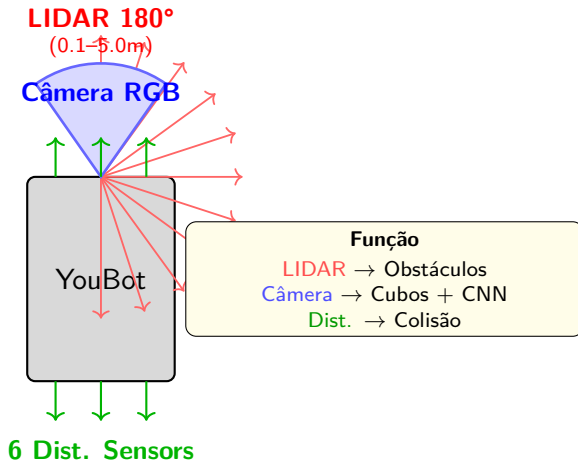


# Restrições do Projeto



Verde = Obrigatório    Vermelho = Proibido

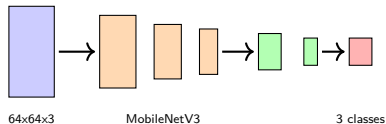
# Sensores do YouBot



# Rede Neural – MobileNetV3-Small

## Arquitetura CNN

- Backbone: MobileNetV3-Small (pré-treinado ImageNet)
- Classificador customizado: 256  $\rightarrow$  3 classes
- Entrada: 64 $\times$ 64 RGB normalizada
- Saída: Probabilidades (vermelho/verde/azul)

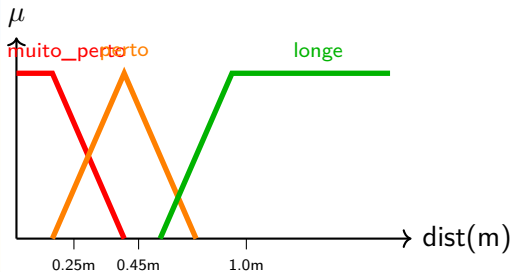


Fallback: Heurísticas HSV  
quando confiança < 0.5

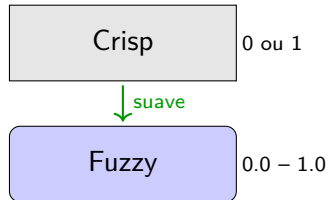
## Treinamento (Transfer Learning)

- Fase 1: Congelar backbone, treinar apenas classificador
- Fase 2: Fine-tuning com learning rate reduzido
- Acurácia validação: **99.4%**

# Lógica Fuzzy – Conceito



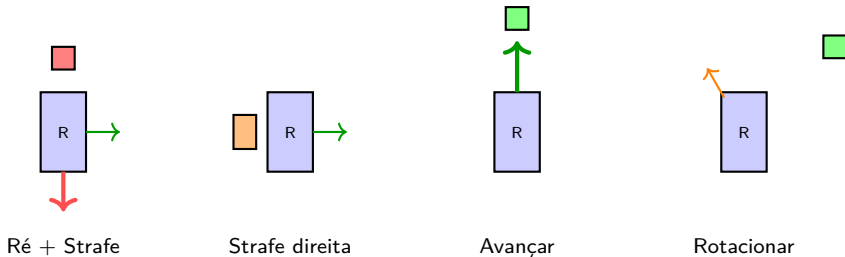
Funções de pertinência



## Vantagens:

- Transições suaves
- Lida com incerteza
- Regras intuitivas

# Regras Fuzzy de Navegação



SE	ENTÃO
obstáculo muito perto lateral bloqueado ângulo pequeno	reverso + strafe strafe oposto avançar rápido



# Algoritmo A\* – Visão Geral

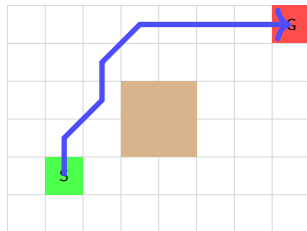
## Função de Custo

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

- $g(n)$ : Custo do início até  $n$
- $h(n)$ : Heurística (Manhattan) até objetivo
- $f(n)$ : Custo total estimado

## Grade de Ocupação

- Célula: 12cm  $\times$  12cm
- Arena: 58  $\times$  33 células
- Atualizada por raycasting (LIDAR)



Caminho A\*

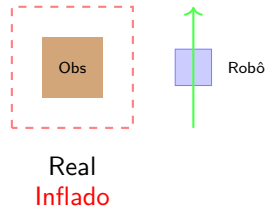
# Inflação de Obstáculos

## Por que inflar?

- Robô não é um ponto
- YouBot: 58cm × 38cm
- Margem de segurança: **30cm**

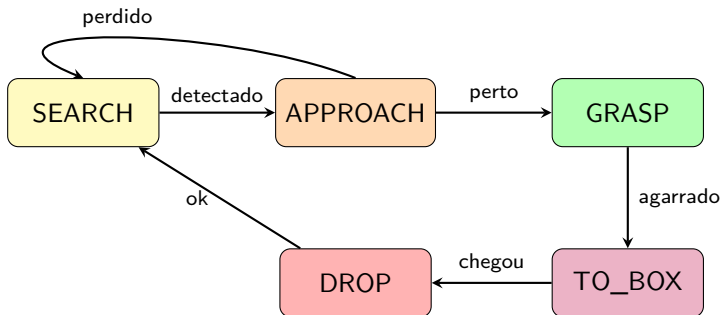
## Obstáculos Conhecidos

- 7 caixas de madeira (fixas)
- 3 caixas de depósito (destinos)
- Paredes da arena



A inflação garante que o centro do robô  
nunca colida

# Máquina de Estados Finita



# Hierarquia de Prioridades



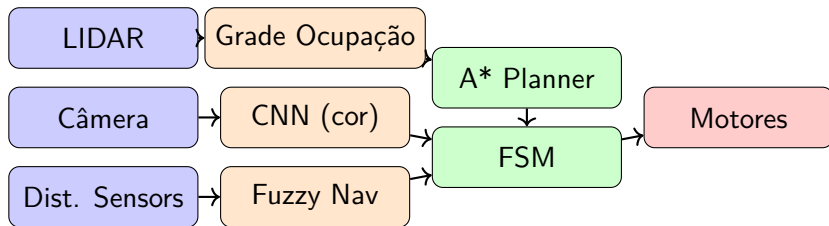
## **Segurança:**

1. Nunca colidir com paredes
2. Evitar empurrar cubos
3. Manter progresso

## **Recuperação ( $\text{stuck} > 3\text{s}$ ):**

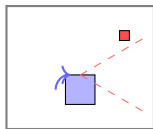
→ Escape para corredor seguro

# Integração dos Componentes

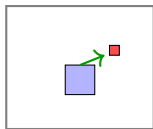


Pipeline completo: Sensores → Processamento → Planejamento → Atuação

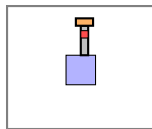
# Sequência de Coleta



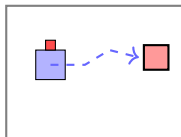
1. SEARCH



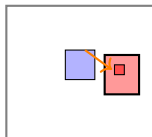
2. APPROACH



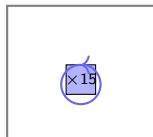
3. GRASP



4. TO\_BOX (A\*)

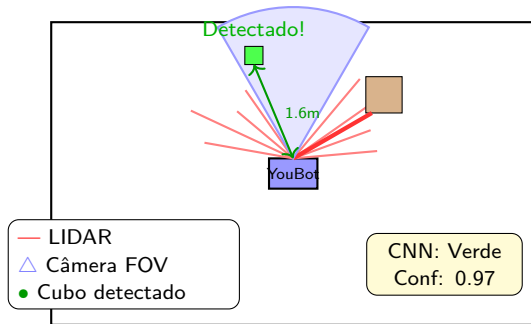


5. DROP



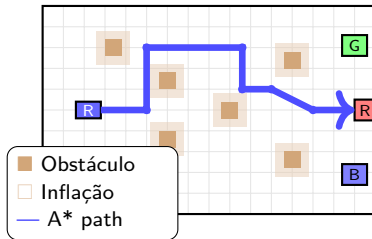
6. REPETIR

# Visualização LIDAR + Câmera



# Navegação A\* em Ação

Caminho calculado evitando obstáculos





# Resultados

## Métricas da Rede Neural

- Acurácia: 99.4%
- Formato: ONNX (portável)
- Inferência: < 10ms por frame

## Navegação

- A\* encontra caminhos válidos consistentemente
- Fuzzy evita colisões em tempo real
- Recuperação de travamento funcional

## Desafios Encontrados

- Drift de odometria ao longo do tempo
- Cubos empurrados bloqueando caminhos
- Coordenação braço-navegação

## Soluções

- Sincronização periódica com ground truth
- Rotas via corredores seguros
- Máquina de estados bem definida

## DEMO

Execução do robô coletando cubos no Webots

# Conclusão

## Contribuições

- Integração bem-sucedida de CNN + Fuzzy + A\*
- Sistema de navegação robusto e reativo
- Arquitetura modular e extensível

## Trabalhos Futuros

- SLAM para melhor localização
- Planejamento com obstáculos dinâmicos
- Otimização da ordem de coleta

**Obrigado!**

Perguntas?

# Referências

- Hart, P. E., Nilsson, N. J., & Raphael, B. (1968). *A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths*
- Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets – Information and Control*
- Howard, A., et al. (2019). *Searching for MobileNetV3*
- Elfes, A. (1989). *Using Occupancy Grids for Mobile Robot Perception and Navigation*