

## Integração de Veículos Autônomos em Ambientes Cooperativos com Controle Multimodal de Gestos e Emoções

Cleide Almeida Coelho Fernandes, Maria Clara do Carmo Precci Lopes, Ketia Soares Moreira, Alexandre Santos Brandão

ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura

Pesquisa

### Introdução

Esta pesquisa propõe um sistema de controle multimodal para veículos autônomos que integra o reconhecimento de gestos como comando primário e o de emoções faciais como uma camada de validação. Essa abordagem de dupla validação, na qual um comando gestual só é executado se acompanhado por uma emoção positiva, visa garantir a intenção do usuário e aumentar a segurança operacional.

### Objetivos

A pesquisa visa desenvolver e validar um sistema de controle bimodal para aprimorar a interação cooperativa e segura entre operadores e veículos autônomos. Como objetivos específicos, tem-se:

- Implementar algoritmos de alta precisão para o reconhecimento de gestos e emoções.
- Desenvolver uma arquitetura integrada utilizando a plataforma ROS (Robot Operating System) para a comunicação entre os subsistemas.
- Implementar algoritmos de controle em MATLAB para traduzir os comandos validados em ações de movimentação do robô.
- Validar a precisão e a repetibilidade do sistema em testes práticos.

### Material e Métodos

O método proposto consiste em um sistema de controle para o robô Pioneer 3-DX com uma camada de validação emocional, ilustrado nos fluxogramas abaixo. Um classificador KNN (treinado com 70% das amostras) reconhece cinco gestos, enquanto uma CNN (treinada no dataset FER2013) analisa a emoção do operador ("Boa", "Neutra", "Ruim"). Utilizando ROS 2 Foxy, a execução do comando gestual é condicionada à detecção da emoção "Boa", que é responsável pela validação emocional e, por consequência, a intenção do controle.

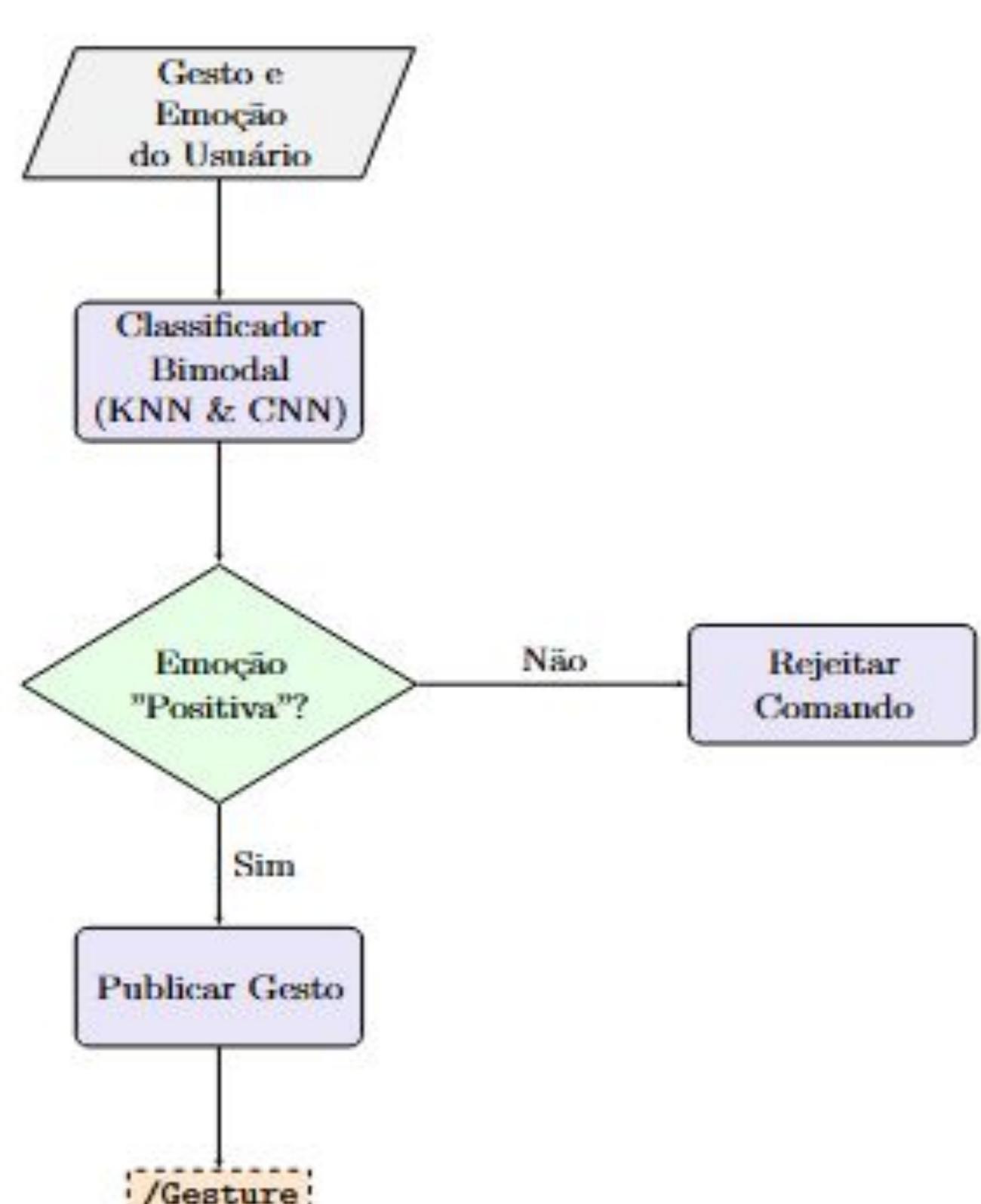


Figura 1: Fluxograma sobre a percepção do usuário

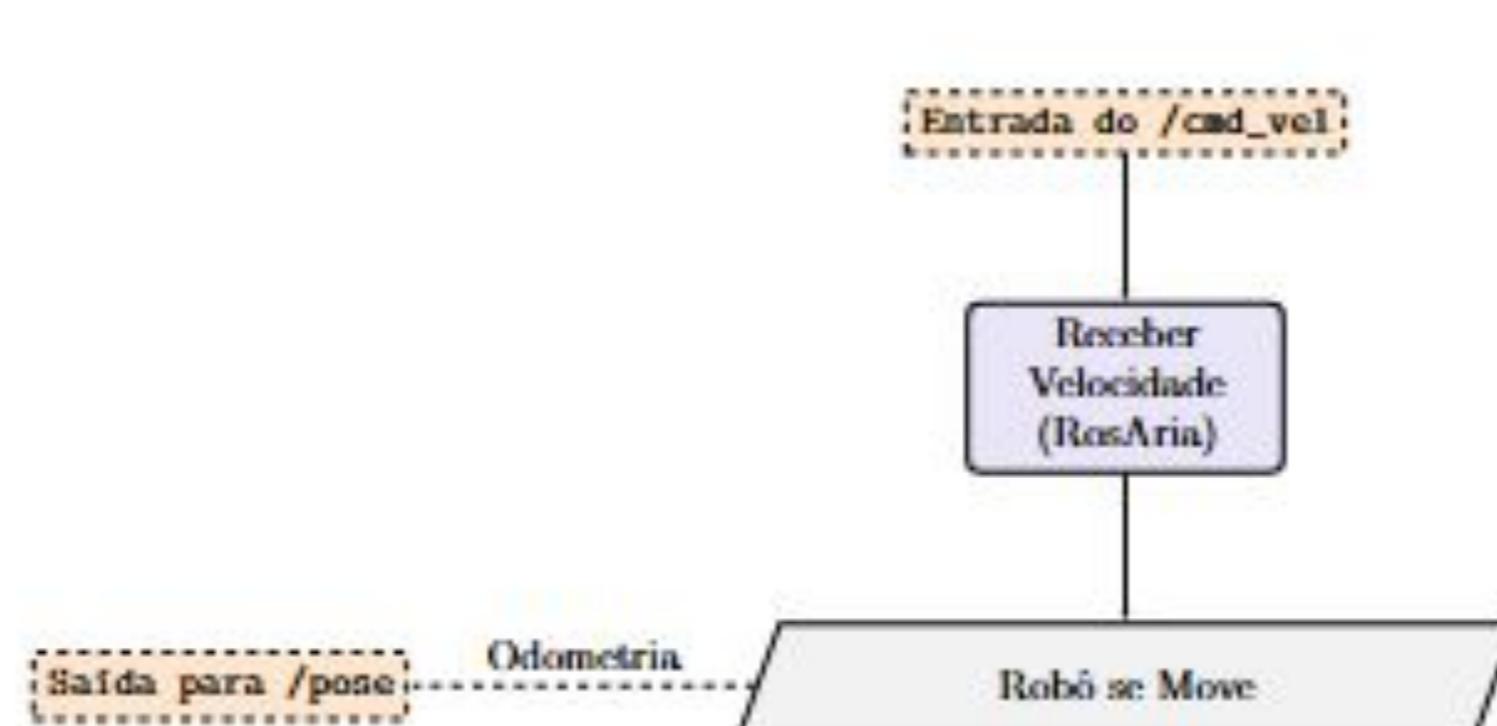


Figura 2: Fluxograma sobre a atuação do robô

### Apoio Financeiro

### Resultados

O classificador de gestos (KNN) alcançou uma acurácia de 97,3%. Por sua vez, o classificador de emoções (CNN) obteve uma acurácia de 79,2%, com destaque para a categoria "Boa", essencial para a segurança. A integração via ROS permitiu a comunicação em tempo real entre os módulos, realizando conforme previsto o controle do robô, o qual executou as trajetórias correspondentes aos comandos validados.

Classes	Precisão	Recall	F1-Score	Support
A	0.91	1.00	0.95	20
B	1.00	0.93	0.97	15
C	1.00	0.79	0.88	14
D	1.00	1.00	1.00	14
E	0.86	1.00	0.92	12
<b>Acurácia</b>			0.95	75
<b>Macro Avg</b>	0.95	0.94	0.94	75
<b>Weighted Avg</b>	0.95	0.95	0.95	75

Tabela 1: Métricas de desempenho do classificador de gestos.

Classe	Precision	Recall	F1-Score
Bom	0.8795	0.8534	0.8662
Neutro	0.7349	0.7809	0.7572
Ruim	0.7615	0.7364	0.7478
<b>Acurácia</b>	<b>0.792</b>		

Tabela 2: Métricas de desempenho do classificador de emoções.

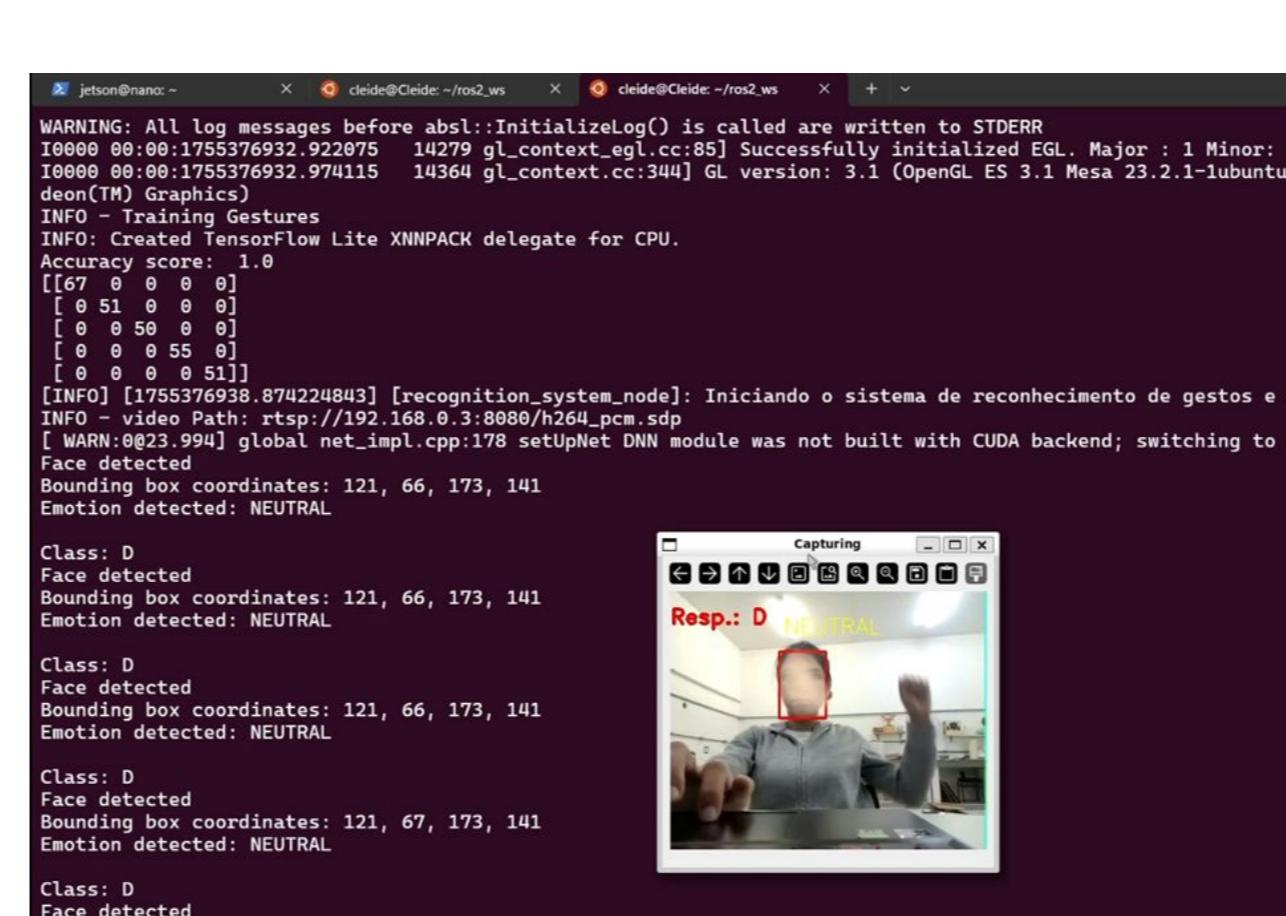


Figura 3: Execução do sistema de reconhecimento de emoções em tempo real.

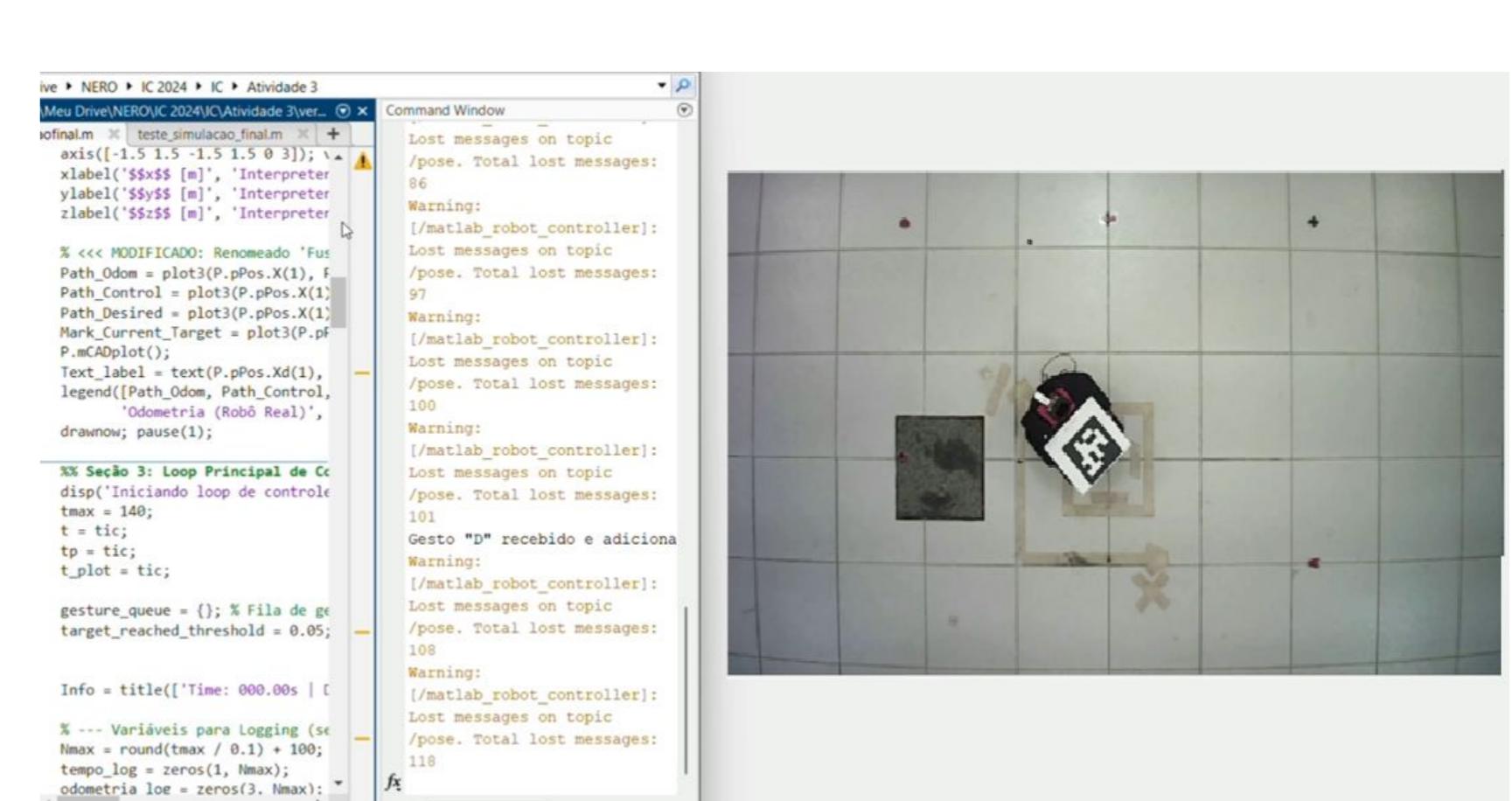


Figura 4: Integração do sistema de controle do robô via MATLAB e ROS.

### Conclusões

O sistema bimodal proposto demonstrou ser uma solução eficaz para a interação humano-robô. A abordagem de dupla verificação foi validada pela alta acurácia dos classificadores e pela integração bem-sucedida via ROS. Este método atua como uma camada de segurança essencial ao mitigar comandos não intencionais, resultando em um controle seguro para veículos autônomos em ambientes colaborativos.

### Bibliografia

- HUDSON, T. M. et al. Gesture and emotion recognition system for autonomous vehicle control. In: 2025 Brazilian Conference on Robotics (CROS), vol. 1, 2025, pp. 1-5.
- AMARAL, H. N.; GASPAROTTO, A. M. S. inteligência artificial: o uso da robótica indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica, v. 18, n. 1, p. 474-486, 2021.
- WAHAB, M. N. A. et al. Efficientnet-lite and hybrid cnn-knn implementation for facial expression recognition on raspberry pi. IEEE Access, IEEE, v. 9, p. 134065-134080, 2021.
- BAKLOUTI, S. et al. On the improvement of ros-based control for teleoperated yaskawa robots. Applied Sciences, MDPI, v. 11, n. 16, p. 7190, 2021.