

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

Projeto de Carrinho Robótico com Comunicação Wi-Fi Utilizando ESP32-CAM e Arduino

GUSTAVO NATO PEREIRA ANDRADE¹, LAYSA JAMILI COSTA GOMES², VANESSA SANTOS
DE SOUZA³, VALDECI DONIZETE GONÇALVES⁴

1 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Campus São José dos Campos, gustavonatoand@gmail.com.

2 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Campus São José dos Campos, laysa.g@aluno.ifsp.edu.br.

3 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Campus São José dos Campos, vanessa.sousa@aluno.ifsp.edu.br.

4 DOCENTE do INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO. Rod. Pres. Dutra, km 145 - s/n - Jardim Diamante, São José dos Campos - SP, 12223-201 - São José dos Campos-SP, Brasil, valdecidgoncalves@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.00.00.00-3

RESUMO: O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema robótico móvel com controle remoto via interface web, voltado ao contexto da Indústria 4.0. Inicialmente, utilizou-se um kit com placa compatível com Arduino e comunicação Bluetooth, mas, devido a limitações, adotou-se o módulo ESP32-CAM, que oferece conectividade Wi-Fi, câmera integrada e comunicação serial. Essa mudança possibilitou o controle do carrinho por comandos HTML, com troca de dados em tempo real por meio do protocolo WebSocket.

A integração entre ESP32-CAM e Arduino foi feita pelas portas seriais (TX/RX), permitindo o acionamento preciso dos motores, garra, braço e base rotativa. Os testes em ambiente controlado demonstraram boa estabilidade, baixa latência e resposta eficiente. A transmissão de vídeo ao vivo também foi validada, ampliando a capacidade de operação remota.

O sistema possui características de um Veículo Guiado Automatizado (AGV) e representa uma base promissora para futuras melhorias, como navegação autônoma e visão computacional. Além disso, serviu como ferramenta prática de aprendizado em eletrônica, automação e programação, destacando o valor da iniciação científica na formação tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: Smart Car, Automação, ESP32-CAM, Arduino, Indústria 4.0.

Robotic Cart Project with Wi-Fi Communication Using ESP32-CAM and Arduino

ABSTRACT: This paper presents the development of a mobile robotics system with remote control via a web interface, geared towards the Industry 4.0 context. Initially, a kit with an Arduino-compatible board and Bluetooth communication was used, but due to limitations, the ESP32-CAM module, which offers Wi-Fi connectivity, an integrated camera, and serial communication, was adopted. This change enabled the cart to be controlled via HTML commands, with real-time data exchange via the WebSocket protocol.

The ESP32-CAM and Arduino were integrated via serial ports (TX/RX), enabling precise actuation of the motors, gripper, arm, and rotating base. Tests in a controlled environment demonstrated good stability, low latency, and efficient response. Live video transmission was also validated, expanding remote operation capabilities.

The system possesses characteristics of an Automated Guided Vehicle (AGV) and represents a promising foundation for future improvements, such as autonomous navigation and computer vision.

Furthermore, it served as a practical learning tool in electronics, automation, and programming, highlighting the value of scientific initiation in technological training.

KEYWORDS: Smart Car, Automation, ESP32-CAM, Arduino, Industry 4.0

INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias digitais, como a automação e a Internet das Coisas (IoT), tem transformado significativamente os ambientes produtivos. Para Aguirre et al. (2007), a automação consiste na aplicação de sistemas computacionais com o objetivo de substituir ou complementar a atuação humana, otimizando os processos. Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *smart car* autônomo com controle via Wi-Fi, visão computacional e tecnologia de segue-faixa, voltado ao transporte de materiais em ambientes industriais e logísticos.

Controlado remotamente por interface web, o veículo segue rotas definidas e reconhece objetos por meio de visão computacional, integrando conceitos de mobilidade, automação e inteligência artificial. A proposta está alinhada à Indústria 4.0, especialmente aos Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS), que combinam estações automatizadas com movimentação inteligente (Groover, 2022).

O projeto incorpora ainda uma Interface Homem-Máquina (IHM) intuitiva, favorecendo a usabilidade e reduzindo erros operacionais (Bastos et al., 2020). Seu funcionamento também contribui com os princípios do *Lean Manufacturing*, ao minimizar desperdícios (Shingo, 1996). Classificado como um Veículo Guiado Automatizado (AGV), o *smart car* possui aplicações em logística, montagem e armazenagem, e foi apresentado no Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi estruturado com base na integração de tecnologias embarcadas, conectividade sem fio e interface de controle remoto aplicável ao contexto da Indústria 4.0. Inicialmente, adquiriu-se um kit robótico educacional, composto por uma placa controladora compatível com a plataforma Arduino, equipada com módulo integrado que ocupava todas as portas disponíveis. Este módulo reunia os componentes necessários para o funcionamento de um veículo robótico: ponte H para acionamento de motores DC, sensores ópticos para linha, sensor ultrassônico, receptor infravermelho e interface de controle via Bluetooth.

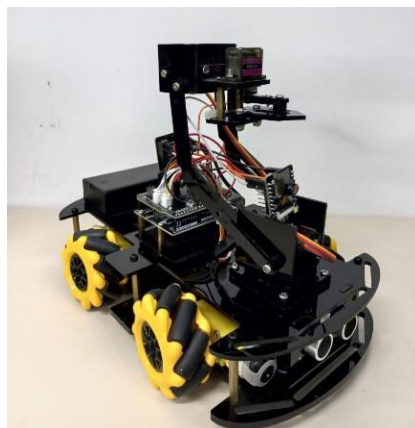


Figura 01 - Kit Robótico Montado

Durante a fase exploratória, os exemplos de códigos fornecidos pelo fabricante permitiram testar os modos de operação disponíveis, como “seguidor de linha”, “identificador de barreiras” e “controle via Bluetooth”. Contudo, o modo de controle remoto apresentou limitações significativas, como resposta lenta, repetição de comandos e, principalmente, a indisponibilidade de idioma no aplicativo nativo, o que inviabilizou seu uso prático.

Buscando superar essas limitações, optou-se por substituir a comunicação Bluetooth por uma solução baseada em rede Wi-Fi, visando maior alcance, estabilidade e flexibilidade. Para isso, foi selecionado

módulo ESP32-CAM Althinker, que integra microcontrolador com conectividade Wi-Fi e câmera embarcada. Essa escolha foi motivada não apenas pela necessidade de vídeo em tempo real, mas também pela capacidade de comunicação serial com o Arduino, permitindo controle descentralizado e responsivo.

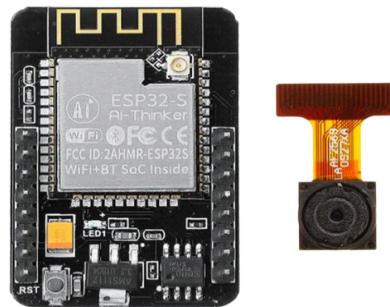


Figura 02 - ESP32-CAM CAM OV2642

Em função da complexidade envolvida no uso do ESP32-CAM e à relativa inexperiência da equipe com essa tecnologia, adotou-se a metodologia ágil Scrum, promovendo o desenvolvimento incremental e colaborativo por meio da divisão de tarefas em ciclos curtos (sprints). O docente orientador forneceu uma estrutura de código base, possibilitando a exibição da imagem da câmera em uma interface HTML acessível por navegador.

Na fase seguinte, foi criada uma interface de controle com botões HTML que enviavam comandos ao ESP32-CAM. Inicialmente, utilizou-se uma biblioteca de comunicação unidirecional, que se mostrou insuficiente para os requisitos do projeto. Para possibilitar a troca de informações em tempo real, implementou-se a biblioteca WebSocket, que permite comunicação bidirecional entre cliente (interface HTML) e servidor (ESP32).



Figura 03 - Interface de controle com botões HTML

Para testar a comunicação, cada botão da interface foi associado a um número inteiro, impresso no monitor serial ao ser clicado, assegurando a recepção correta. Em seguida, estabeleceu-se a comunicação entre o ESP32-CAM e o Arduino utilizando as portas seriais (TX/RX), com a programação ajustada para que os comandos fossem repassados do ESP32 para o Arduino, que os interpretava e acionava os motores via ponte H. A Tabela 1, abaixo, apresenta os códigos definidos para cada função de controle, incluindo deslocamentos, movimentos do braço robótico e rotação da base.

1	Frente
2	Trás
3	Esquerda
4	Direita
5	Garra Abrir
6	Garra Fechar
7	Braço para frente
8	Braço para trás
9	Base horário
10	Base Anti Horário

Tabela 01 : Tabela de Comando

Após a validação da comunicação entre placas e da execução dos comandos básicos, integraram-se as variáveis do código original (fornecido pelo fabricante) à lógica da interface web. A câmera do ESP32-CAM foi configurada para transmitir vídeo em tempo real, acessado diretamente pelo navegador, viabilizando a operação remota com feedback visual. Os testes foram conduzidos em ambiente controlado, com o carrinho sobre superfície plana, e seguiram etapas progressivas: primeiro os comandos de locomoção, seguidos por ações do braço robótico e manipulação de objetos.

A adoção dessa arquitetura distribuída — com interface HTML, processamento no ESP32 e atuação pelo Arduino. O sistema está preparado para futuras expansões, como o embarque de algoritmos de visão computacional, identificação de objetos via QR code e navegação autônoma, reforçando sua aplicabilidade no contexto da Indústria 4.0, especialmente em logística interna e automação de tarefas repetitivas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do sistema robótico móvel demonstrou resultados satisfatórios quanto à integração dos módulos de hardware e à comunicação via interface web. Inicialmente, os testes de deslocamento básico — frente, trás, esquerda e direita — validaram a transmissão correta dos comandos a partir da interface HTML. Os valores inteiros atribuídos aos botões foram corretamente interpretados pelo módulo ESP32-CAM, impressos no monitor serial e encaminhados ao Arduino por meio de comunicação serial (TX/RX), que acionou os motores via ponte H com precisão.

A resposta aos comandos apresentou baixa latência, evidenciando a eficiência do protocolo WebSocket para comunicação bidirecional em tempo real. Essa configuração se alinha às diretrizes de sistemas ciberfísicos na Indústria 4.0, conforme descrito por Groover (2022), ao integrar sensores, conectividade em rede e atuação física com alto desempenho.

As demais funcionalidades — abertura e fechamento da garra, movimentação do braço mecânico e rotação da base — também responderam de forma estável e repetitiva, mesmo após múltiplas execuções. A validação da transmissão de vídeo em tempo real pela câmera embarcada, visível no navegador, consolidou a viabilidade da operação remota com retorno visual, recurso essencial em aplicações industriais e logísticas.

A substituição do módulo Bluetooth pelo ESP32-CAM foi decisiva para superar limitações de usabilidade, como o idioma do aplicativo nativo e falhas de comunicação. A nova arquitetura adotada mostrou-se mais robusta e flexível, alinhando-se às tendências de IoT e automação inteligente. Segundo Szeliski (2011), a captura e transmissão de vídeo em sistemas embarcados ampliam o potencial de autonomia e controle adaptativo, mesmo que a etapa de visão computacional ainda esteja em planejamento neste projeto.

Adicionalmente, a criação de uma Interface Homem-Máquina (IHM) intuitiva favoreceu a usabilidade do sistema, permitindo sua operação por usuários sem expertise técnica. De acordo com Bastos et al. (2020), IHMs centradas no usuário são fundamentais para reduzir erros operacionais e aumentar a eficiência em sistemas embarcados, aspecto confirmado pelos resultados dos testes.

Do ponto de vista educacional e técnico, a integração dos conceitos de eletrônica, automação e programação proporcionou uma aplicação prática das competências desenvolvidas em cursos técnicos e de engenharia. Essa abordagem se insere na metodologia de ensino por projetos, que estimula o protagonismo estudantil e a aprendizagem significativa por meio da resolução de problemas reais.

Por fim, embora o sistema atual opere por controle manual, a infraestrutura implementada fornece base sólida para futuras expansões. Entre os próximos passos destacam-se: implementação de algoritmos de navegação autônoma, reconhecimento de objetos e rotas por meio de visão computacional e incorporação de inteligência artificial embarcada — elementos que posicionam o projeto dentro do escopo de veículos autônomos e AGVs, como discutido por Vis (2006). Tais perspectivas ampliam as possibilidades de aplicação prática em ambientes industriais inteligentes e logísticos.

CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou a viabilidade do desenvolvimento de um sistema robótico móvel controlado remotamente por interface web, integrando os módulos ESP32-CAM e Arduino com comunicação serial e protocolo WebSocket. A substituição da tecnologia Bluetooth por Wi-Fi resultou em maior estabilidade, melhor usabilidade e expansão das possibilidades de aplicação em contextos da Indústria 4.0.

Os testes realizados validaram o funcionamento dos comandos de movimentação e atuação mecânica, além da transmissão de vídeo em tempo real, conferindo ao sistema características fundamentais de um Veículo Guiado Automatizado (AGV). A interface desenvolvida, de fácil manipulação, mostrou-se eficaz para operadores não especializados, confirmando a importância de abordagens centradas no usuário.

Além de sua relevância técnica, o projeto também teve caráter formativo, promovendo a integração prática de conceitos de eletrônica, programação e automação. A arquitetura implementada estabelece uma base sólida para futuras melhorias, incluindo algoritmos de visão computacional e controle autônomo. Assim, o sistema apresenta potencial para aplicação em ambientes industriais inteligentes, contribuindo com soluções inovadoras para a movimentação autônoma de materiais.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

G.N.P foi responsável pelo desenvolvimento técnico e pela implementação da interface do kit robótico.

L.J.G e V.S.S atuaram na estruturação metodológica do projeto, definindo o passo a passo das etapas a serem executadas.

V.D.G orientou e acompanhou todas as fases do desenvolvimento, desde a concepção até a finalização do trabalho.

Todos os autores participaram da revisão crítica do conteúdo e aprovaram a versão final submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os envolvidos no desenvolvimento deste projeto, cuja dedicação e empenho foram fundamentais para a concretização dos objetivos propostos. Reconhecemos, ainda, o suporte oferecido pela estrutura física e pedagógica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus São José dos Campos (IFSP-SJC), que proporcionou os recursos necessários para a realização das atividades práticas e o ambiente propício para o aprendizado e a inovação tecnológica.

REFERÊNCIAS

GROOVER, M. P. Automação, Sistemas de Produção e Manufatura Integrada por Computador. 5. ed. Tradução de João Silva. São Paulo: Editora Técnica, 2022. p. 245.

VIS, Iris F.A. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. European Journal of Operational Research, v. 170, n. 3, p. 677–709, 2006.

AGUIRRE, Luis Antonio; BRUCIA PAGLIA, Augusto Humberto; MIYAGI, Paulo Eigi; TAKAHASHI, Ricardo Hiroshi Valdeira. Enciclopédia de automática: controle e automação. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

SZELISKI, R. Computer Vision: Algorithms and Applications. London: Springer, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0>. Acesso em: 14 maio 2025.