

CONTROLE DE ROBÔ MÓVEL POR GESTOS UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE INTERAÇÃO HUMANO-MÁQUINA

LORENZZO VILELA DA SILVA¹; VINICIUS REIS²; MARLON MAURICIO HERNANDEZ CELY²

¹Universidade Federal de Pelotas – lezandrosw@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – {vinicius.reis, marlon.cely}@ufpel.edu.br

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle para um robô móvel, utilizando a placa ESP32 como unidade de processamento central, conforme a figura 1 apresenta. A proposta integra sensores e módulos de atuação de maneira a permitir uma interface inovadora de interação com o robô. Entre os dispositivos empregados em uma luva confeccionada para leitura de gestos para controle do robô, apresentado na figura 2, destaca-se o sensor flexível (flex sensor), responsável por capturar a curvatura dos dedos do usuário e possibilitar o controle do carrinho por meio de gestos manuais. A leitura do sensor é realizada a partir de um divisor de tensão, conectado diretamente às entradas analógicas do ESP32, o que permite traduzir a variação de resistência do componente em valores digitais interpretáveis pelo sistema. Complementarmente, foi incorporado um sensor inercial (IMU com acelerômetro e giroscópio), capaz de detectar tanto movimentos de inclinação quanto de rotação. Isso possibilita uma camada adicional de controle, baseada em gestos mais amplos do punho ou do braço, aumentando a imersão e a naturalidade da interação. A utilização do sensor inercial MPU-6050 em conjunto com a Ponte H L298N já foi explorada em trabalhos semelhantes (NASUTION, 2023), confirmando a aplicabilidade dessa configuração em robôs móveis.

Para a etapa de atuação, foi utilizado o módulo Ponte H L298N, responsável pelo acionamento bidirecional de dois motores de corrente contínua que compõem o sistema de tração do carrinho. Essa configuração garante mobilidade completa, permitindo deslocamento para frente, para trás e realização de curvas. A comunicação entre o microcontrolador e o dispositivo externo é realizada via Bluetooth, aproveitando o módulo integrado ao ESP32. Essa solução elimina a necessidade de cabos, amplia a mobilidade e garante maior praticidade ao usuário. O diagrama esquemático do robô é apresentado na figura 3.

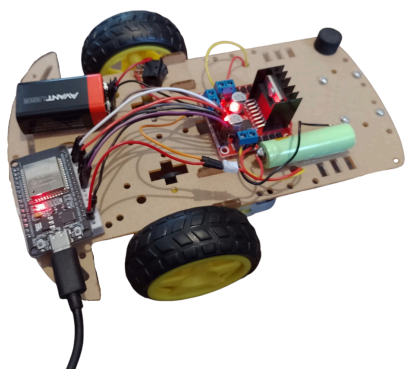


Figura 1: Robô móvel

Figura 2: Luva para controle

O diferencial do projeto reside na integração de sensores de flexão e movimento com um sistema robótico simples, acessível e de baixo custo. Em contraste com soluções convencionais, que fazem uso de joysticks ou aplicativos em smartphones, o presente trabalho propõe um controle mais intuitivo e natural, baseado em gestos humanos. O robô móvel controlado por gestos representa uma solução inovadora e versátil, capaz de atender diferentes contextos, desde a educação e pesquisa até aplicações em acessibilidade e no chão de fábrica. Seu design compacto, modular e de fácil utilização, aliado ao controle intuitivo por movimentos manuais, elimina a necessidade de interfaces complexas. Além disso, o baixo custo, a possibilidade de expansão e a integração com tecnologias modernas reforçam seu potencial.

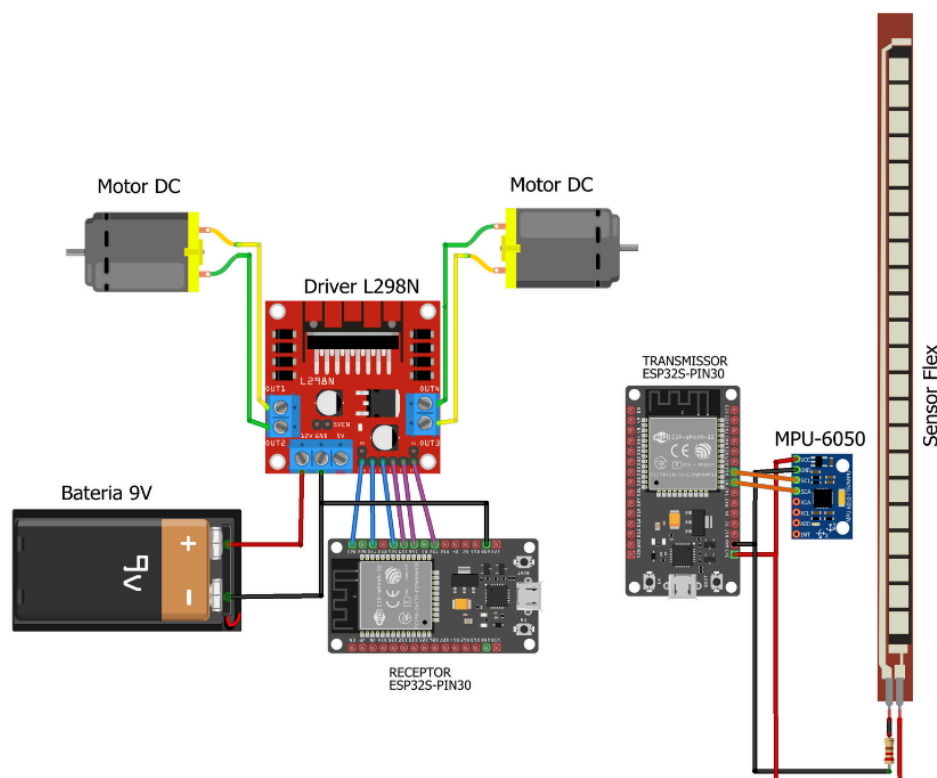


Figura 3: Arquitetura do Sistema de Controle do Robô Móvel

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo do projeto é amplo e contempla diferentes perfis. Em primeiro lugar, estão os estudantes e professores de cursos técnicos e de graduação em áreas como eletrônica, automação e robótica, que podem utilizar o sistema como ferramenta didática. Em paralelo, o projeto também se volta a entusiastas e makers, que constantemente buscam soluções abertas e acessíveis para prototipagem. Finalmente, destaca-se o potencial de aplicação em pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, para quem o desenvolvimento de interfaces de controle alternativas pode representar um avanço significativo em termos de acessibilidade e inclusão.

No mercado atual, observa-se que a maioria dos carrinhos robóticos comerciais disponíveis utilizam controles tradicionais, baseados em rádio ou em aplicativos para dispositivos móveis. No entanto, são raros os sistemas que incorporam interfaces gestuais vestíveis como forma de interação. Essa característica posiciona a inovação aqui proposta de maneira diferenciada, conferindo a ela um caráter único frente à concorrência. Estudos recentes (DUBEY 2025), comprovam que há um crescente interesse no uso de gestos em tempo real para o controle de robôs, evidenciando uma tendência que fortalece a relevância e a aplicabilidade desta proposta.

Além disso, o setor global de robótica educacional foi estimado em USD 1,377.8 milhões em 2024, com projeção para atingir USD 5,842.2 milhões em 2030, representando um CAGR de 28,8% entre 2025 e 2030 (GRAND, 2024), sabendo disso, é notório o desenvolvimento e evolução nessa área de controle e automação. Estima-se que, com o devido desenvolvimento, a proposta possa ser transformada em kit educacional acessível, com grande potencial de adoção por escolas, universidades e espaços maker. Dessa forma, o projeto se apresenta como uma solução inovadora e inclusiva, capaz de atender diferentes perfis de usuários. Sua abordagem gestual diferenciada amplia as possibilidades de interação com robôs móveis. Com o devido desenvolvimento, possui grande potencial de mercado e aplicação educacional.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O modelo de negócio para esta inovação pode assumir dois formatos principais. O primeiro seria a comercialização como kit educacional, contendo o hardware, manuais de montagem e exemplos de código aberto, voltado a instituições de ensino e centros de capacitação tecnológica. O segundo formato prevê sua disponibilização como plataforma aberta, com documentação acessível para que desenvolvedores independentes, makers e pesquisadores possam expandir e adaptar o sistema para outras aplicações.

A princípio, trata-se de um projeto acadêmico que apresenta potencial para futura proteção por patente ou registro de modelo de utilidade, caso evolua para uma versão comercial.

As etapas de desenvolvimento já realizadas incluem a montagem do protótipo com o ESP32, sensores e motores, bem como a programação inicial para leitura dos dados e controle dos atuadores. Seguiram-se a implementação da comunicação Bluetooth e os testes preliminares de usabilidade, ainda em fase de ajustes. A maturidade tecnológica do sistema pode ser classificada entre os níveis TRL 4 e 5, ou seja, já validado em ambiente laboratorial com protótipo funcional.

Entre os principais desafios, destacam-se a suscetibilidade a ruídos nos sensores, que pode comprometer a precisão do controle, a autonomia limitada das baterias e o custo de alguns componentes em larga escala. Estratégias de mitigação incluem o uso de técnicas de filtragem digital para suavizar sinais, a adoção de fontes de alimentação mais robustas e a substituição de sensores por versões equivalentes de menor custo. O projeto apresenta um modelo de negócio flexível, atendendo tanto instituições de ensino quanto a comunidade maker. A tecnologia já alcança maturidade suficiente para validação laboratorial, com possibilidade de evolução para versão comercial protegida. Os desafios identificados podem ser mitigados com ajustes técnicos, garantindo maior precisão, autonomia e redução de custos.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Espera-se que o sistema contribua de forma significativa para a educação tecnológica, proporcionando uma ferramenta prática e de baixo custo para o ensino de programação, eletrônica e integração de sistemas embarcados. Além disso, o projeto pode gerar impacto social ao oferecer uma interface alternativa de controle que, com os devidos ajustes, pode ser aplicada a tecnologias assistivas. O caráter inclusivo da proposta amplia sua relevância, uma vez que permite repensar o uso da robótica não apenas para fins recreativos ou educacionais, mas também para aumentar a autonomia de pessoas com deficiência.

No futuro, o sistema pode evoluir para soluções mais complexas, como a integração com a Internet das Coisas (IoT), permitindo monitoramento e controle remoto em rede. Outra possibilidade é a expansão para aplicações em realidade aumentada ou virtual, em que gestos captados pelos sensores do protótipo poderiam interagir com ambientes digitais. Ainda, pode-se vislumbrar a adaptação do conceito para o controle de cadeiras de rodas motorizadas ou outros dispositivos assistivos, ampliando ainda mais o impacto social da inovação.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do carrinho robótico controlado por sensores de flexão e movimento, utilizando ESP32 e comunicação via Bluetooth, representa uma solução inovadora e de grande potencial. Ao propor uma interface de controle intuitiva e diferenciada, baseada em gestos, o projeto se posiciona como alternativa viável aos métodos tradicionais. Sua aplicabilidade transcende o caráter lúdico e educacional, alcançando também áreas de acessibilidade e inclusão social. Com perspectivas de evolução para integração com IoT e aplicações em tecnologia assistiva, a proposta demonstra elevado potencial de impacto tanto acadêmico quanto social, consolidando-se como uma contribuição relevante para o avanço da robótica acessível e interativa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NASUTION, T. I.; AZIS, P. F. A. MPU-6050 wheeled robot controlled hand gesture using L298N driver based on Arduino. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2421, n. 1-10, 2023.

DUBEY, A.; KUMAR, S.; KASHYAP, P.; RISHABH. Real time hand gesture based robot. **International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)**, v. 3, p. 2212-2217, 2025.

GRAND VIEW RESEARCH. **Educational Robots Market Size, Share & Trends Analysis Report**. San Francisco, CA, 2024. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/educational-robots-market-report>. Acesso em: 20 ago. 2025.