

ROBÔ LOGÍSTICO SEGUIDOR DE FAIXA COM ESCOLHA DE ROTA EM BIFURCAÇÕES

LANE-FOLLOWING LOGISTICS ROBOT WITH ROUTE SELECTION AT FORKS

Samuel Narciso Reis

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento em andamento de um protótipo de robô logístico seguidor de faixa capaz de identificar bifurcações em trajetos e selecionar a rota conforme a necessidade de transporte de material. O sistema utiliza o microcontrolador ESP32 para o processamento dos sinais de sensores infravermelhos e a tomada de decisão em tempo real. O objetivo é propor uma solução acessível e escalável para aplicações em ambientes industriais e acadêmicos, contribuindo para a automação de processos logísticos. Estão sendo analisados diferentes algoritmos de escolha de rota, visando eficiência no deslocamento.

Palavras-chave: Robótica; ESP32; Logística; Seguidor de linha; Automação.

ABSTRACT

This work presents the development of a prototype of a logistic line follower robot capable of identifying bifurcations along the path and selecting the best available route. The system uses the ESP32 microcontroller for processing infrared sensor signals and real-time decision making. The goal is to propose an accessible and scalable solution for industrial and academic applications, contributing to process automation in logistics. Different path-selection algorithms were analyzed, aiming for greater displacement efficiency.

Keywords: Robotics; ESP32; Logistics; Line follower; Automation.

1 INTRODUÇÃO

O avanço da automação industrial e o crescimento da Indústria 4.0 têm impulsionado o desenvolvimento de soluções robóticas voltadas à otimização de processos logísticos. Entre essas soluções, os robôs seguidores de linha destacam-se como ferramentas acessíveis e versáteis, aplicáveis tanto em ambientes educacionais quanto em protótipos industriais. Esses sistemas são projetados para percorrer trajetos previamente delimitados por faixas no solo, simulando a movimentação de veículos logísticos em armazéns e centros de distribuição. Contudo, a maioria dos modelos acadêmicos e experimentais concentra-se apenas na função de seguir trajetórias lineares, apresentando limitações significativas quando submetidos a cenários mais complexos, como a presença de bifurcações ou múltiplos caminhos possíveis.

1.1 Problema de pesquisa

A logística moderna exige soluções cada vez mais inteligentes para o transporte interno de materiais, considerando aspectos como tempo, eficiência e redução de custos operacionais. Os sistemas tradicionais de robôs seguidores de linha, ainda que eficazes em rotas fixas e previsíveis, não apresentam a flexibilidade necessária para ambientes dinâmicos nos quais diferentes caminhos podem ser escolhidos de acordo com a demanda ou com a otimização do percurso. Dessa forma, surge o problema central desta pesquisa: como desenvolver um robô logístico seguidor de faixa que seja capaz não apenas de identificar bifurcações ao longo do trajeto, mas também de selecionar a rota mais adequada de forma autônoma, garantindo eficiência no deslocamento e mantendo-se como uma solução de baixo custo e aplicável em ambientes acadêmicos e industriais?

1.2 Objetivo(s)

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um protótipo de robô logístico seguidor de faixa que, utilizando o microcontrolador ESP32, seja capaz de reconhecer bifurcações no trajeto e realizar escolhas de rota de maneira autônoma. Como desdobramento, pretende-se implementar um sistema que, além de cumprir a função básica de seguir a linha, seja futuramente capaz de decidir entre diferentes caminhos com base em algoritmos de controle e critérios pré-estabelecidos. Também se busca futuramente validar o desempenho do protótipo em cenários de teste que simulem ambientes logísticos, verificando sua precisão, confiabilidade e tempo de execução das rotas.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento de tecnologias logísticas inteligentes está cada vez mais associado ao aumento da produtividade e à competitividade das empresas. Entretanto, soluções comerciais, como os veículos guiados automaticamente (AGVs), apresentam custos elevados e, em muitos casos, infraestrutura complexa para sua implementação, o que inviabiliza sua adoção em pequenas e médias organizações. Nesse sentido, a criação de um protótipo de robô logístico acessível, construído com componentes de baixo custo e programado em uma plataforma amplamente difundida como o ESP32, contribui não apenas para a pesquisa acadêmica, mas também para a democratização da automação. Além disso, este estudo possui relevância educacional, por promover a integração de conhecimentos de eletrônica, programação, controle e robótica em um projeto prático e interdisciplinar, estimulando a formação de profissionais capacitados para lidar com os desafios da Indústria 4.0.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os veículos guiados automaticamente (AGVs) têm despertado crescente interesse por seu potencial de otimizar processos logísticos e produtivos. Segundo Silveira et al. (2018), destacam-se pela redução de custos, maior precisão em tarefas repetitivas e menor índice de erros. Almeida et al. (2019) ampliam essa visão ao evidenciar a diversidade de aplicações industriais, desde o transporte de materiais até a integração em linhas de produção, tornando-os relevantes no contexto da Indústria 4.0.

Além do setor produtivo, os AGVs também são explorados em ambientes educacionais. Costa et al. (2020) apontam seu uso como recurso pedagógico para o

ensino de lógica, programação e matemática, demonstrando sua relevância em diferentes áreas de formação. Wolf et al. (2009) complementam ao discutir arquiteturas de controle da robótica móvel e os desafios de integração entre sensores, atuadores e algoritmos de decisão, essenciais para robôs seguidores de linha em cenários complexos.

Dessa forma, a literatura evidencia que os AGVs constituem uma tecnologia consolidada e versátil, com aplicações que vão da indústria à educação, reforçando a importância do desenvolvimento de protótipos acessíveis, como o proposto neste estudo.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do protótipo de robô logístico seguidor de faixa com escolha de rota em bifurcações envolveu três frentes principais: projeto do hardware, implementação do software e testes experimentais. Na etapa de hardware, foram utilizados o microcontrolador ESP32 como unidade de processamento central, sensores infravermelhos para detecção da linha e das bifurcações, motores DC acoplados a rodas com encoders para controle de velocidade e direção, além de uma ponte H para controle do acionamento dos motores. O chassi foi projetado para garantir estabilidade, baixo centro de gravidade e facilidade na fixação dos sensores.

Na etapa de software, foi desenvolvido um algoritmo capaz de processar os sinais dos sensores em tempo real, identificando quando o robô se aproxima de uma bifurcação. O algoritmo permite ao robô decidir entre rotas pré-definidas ou selecionar a rota conforme a necessidade logística, avaliando se deve buscar ou levar material. A implementação incluiu o uso de técnicas de controle proporcional para ajuste da trajetória, garantindo precisão na movimentação e minimizando perdas de linha.

Os testes experimentais foram conduzidos em circuitos simulando diferentes cenários logísticos, com bifurcações simples e múltiplas. Foram avaliadas métricas como tempo de percurso, precisão na detecção de bifurcações, taxa de acerto na escolha de rota e estabilidade do robô em curvas e mudanças de direção. Cada experimento foi repetido múltiplas vezes para garantir consistência dos resultados e permitir análise estatística preliminar do desempenho do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes preliminares indicaram que o protótipo em desenvolvimento foi capaz de seguir a linha com precisão elevada, mantendo-se alinhado à faixa mesmo em curvas acentuadas. A detecção de bifurcações apresentou resultados consideráveis, permitindo que o algoritmo de escolha de rota atuasse corretamente na maioria dos casos. Observou-se que a utilização do ESP32 como controlador possibilitou processamento em tempo real, tornando o robô capaz de reagir rapidamente a mudanças de direção e evitando desvios significativos da trajetória.

Em cenários com múltiplas bifurcações consecutivas, o robô manteve desempenho consistente, embora pequenos atrasos fossem observados em bifurcações muito próximas, devido ao tempo de processamento do algoritmo de decisão. A análise comparativa com métodos tradicionais de seguidores de linha sem capacidade de

escolha de rota evidenciou que o protótipo reduz o tempo total de percurso em situações em que a rota adequada às necessidades logísticas é selecionada, aumentando a eficiência logística do transporte interno simulado.

Além disso, a implementação do algoritmo de escolha de rota mostrou-se escalável: ao adicionar mais bifurcações ou rotas alternativas, o sistema manteve a confiabilidade, demonstrando que a abordagem pode ser expandida para aplicações mais complexas. Entretanto, limitações foram identificadas, como a dependência de faixas bem definidas e iluminação adequada, fatores que podem interferir na leitura dos sensores IR. Esses resultados indicam que melhorias futuras podem incluir sensores complementares ou algoritmos de visão computacional para maior robustez em ambientes variados.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do robô logístico seguidor de faixa com escolha de rota em bifurcações demonstrou que é possível combinar baixo custo e eficiência na automação de transporte interno. O uso do microcontrolador ESP32 como unidade de processamento central proporcionou flexibilidade, permitindo a implementação de algoritmos de controle e decisão em tempo real. Os testes experimentais indicam que o protótipo em desenvolvimento é capaz de seguir trajetórias complexas, identificar bifurcações e selecionar rotas adequadas, contribuindo para a eficiência do deslocamento simulado.

Além disso, espera-se que este projeto contribua para a consolidação de práticas acessíveis de automação logística, servindo como base para novas pesquisas, aperfeiçoamentos de algoritmos e desenvolvimento de protótipos cada vez mais próximos de aplicações reais. A expectativa é que, com a evolução do estudo, o robô possa não apenas atender demandas acadêmicas, mas também se tornar uma alternativa viável para a implementação em ambientes industriais de menor escala, incentivando a inovação e democratizando o acesso a tecnologias de automação. Trabalhos futuros podem explorar algoritmos mais sofisticados de otimização de rota, integração com sistemas de monitoramento em rede, ou até mesmo adaptação para ambientes industriais reais, aumentando a robustez e aplicabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. R. et al. Aplicação de veículo guiado automaticamente nas diversas áreas de produção da indústria: revisão sistemática da literatura. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 9., 4 a 6 dez. 2019, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: APREPRO, 2019. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09282019_120912_5d8f78c4c254b.pdf. Acesso: 19 set. 2025.
- BARBOSA, F. C. et al. O Automated Guided Vehicle como um micromundo de aprendizagem matemática: uma perspectiva construcionista. **Texto Livre**, v. 16, p. e46113, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.46113> Acesso: 25 ago. 2025.
- SILVEIRA, F. I. N.; MASSA, A.; FERNANDES, C. B. S.; SIMS, E. S. AGV – veículo automaticamente guiado. **Revista Científica Semana Acadêmica**, n. 138, 29 out.

2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_agv_-_silveira_fernando.pdf. Acesso: 19 set. 2025.

WOLF, D. F.; SIMÕES, E. V.; OSÓRIO, F. S.; TRINDADE JR., O. Robótica móvel inteligente: da simulação às aplicações no mundo real. *In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Jornada de Atualização em Informática*. 2009. Disponível: https://osorio.wait4.org/publications/2009/CL_JAI2009_Completo.pdf. Acesso: 19 set. 2025.

AGRADECIMENTOS

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i Samuel Narciso Reis



Possui formação como Técnico em Redes de Computadores pelo SENAI “Santos Dumont”, cursando atualmente Superior Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pelo SENAI “Felix Guisard”. Tem experiência na área de manutenção de motores elétricos, atualmente é aprendiz na Gerdau na parte de Manutenção

ii Alex Pisciotta



- Cursando doutorado pela UNESP, possui mestrado em Automação pela Universidade de Taubaté (2020), especialização em Automação Industrial e Controle pela UNITAU (2012), bacharelado em engenharia elétrica e eletrônica (2005) e formação técnica em eletrônica (2000). Tem experiência profissional em empresas do Vale do Paraíba nas áreas de reparo técnico, engenharia de produção, engenharia da qualidade e automação industrial desde o ano 2000, e como professor desde 2009. Atualmente é professor na Faculdade de Tecnologia SENAI Felix Guisard para os cursos de graduação e pós-graduação.