

ROBÔ DE INSPEÇÃO INDUSTRIAL RÁDIO-CONTROLADO

RADIO-CONTROLLED INDUSTRIAL INSPECTION ROBOT

Daniel Paiva Marconato; Fernanda Vicente Pereira

RESUMO:

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a análise de um robô de inspeção industrial rádio-controlado, utilizando a tecnologia LoRa (Long Range) para comunicação de longo alcance e baixo consumo energético. O sistema foi projetado para ampliar a segurança de operações em áreas de difícil acesso e ambientes potencialmente perigosos, como espaços confinados e setores com alta interferência eletromagnética. Os resultados indicam viabilidade técnica e econômica, com potencial de integração a sistemas de monitoramento contínuo e manutenção preditiva.

Palavras-chave: Robô; Heltec LoRa ESP32; comunicação sem fio; inspeção.

ABSTRACT:

This work presents the development and analysis of a radio-controlled industrial inspection robot using LoRa (Long Range) technology for long-range communication with low power consumption. The system was designed to increase safety in operations carried out in hard-to-reach and potentially hazardous environments, such as confined spaces and sectors with high electromagnetic interference. The results indicate technical and economic feasibility, with potential integration into continuous monitoring and predictive maintenance systems.

Keywords: Robot; Heltec LoRa ESP32; wireless communication; inspection.

1 INTRODUÇÃO:

A inspeção de equipamentos e estruturas industriais é uma atividade crítica para a segurança operacional e a confiabilidade dos processos produtivos. Tradicionalmente, muitas dessas inspeções exigem a presença física de profissionais em ambientes potencialmente perigosos, como áreas com atmosferas explosivas, alta temperatura, espaços confinados ou locais de difícil acesso. Esses cenários aumentam o risco ocupacional e dificultam a coleta de dados em tempo real. O avanço de tecnologias de comunicação sem fio de longo alcance, como o LoRa (Long Range), viabilizou o desenvolvimento de soluções robóticas capazes de operar a distâncias

superiores às alcançadas por protocolos como Wi-Fi ou Bluetooth, mantendo baixo consumo de energia. Segundo Dellalibera (2018), o LoRaWAN, que opera sobre a camada física LoRa, apresenta robustez contra interferências e perdas de sinal, mesmo em cenários com obstáculos estruturais significativos. Pesquisas recentes (Machado et al., 2021) mostram estabilidade de comunicação em ambientes arborizados ou com barreiras metálicas, comuns em plantas industriais. A combinação dessa capacidade com robótica móvel oferece alternativa prática e segura para inspeções remotas, alinhando-se aos conceitos da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas (IoT). “Muitos dos espaços confinados são lugares hostis, quer pela sua arquitetura, quer pela presença de agentes químicos ou microbiológicos que tornam as atividades de manutenção complexas e perigosas” (Araújo, 2015).

1.1 Problema de pesquisa:

Garantir a segurança na inspeção de máquinas e equipamentos localizados em espaços restritos ou insalubres, minimizando riscos à integridade física dos trabalhadores.

1.2 Objetivo:

Desenvolver um robô de inspeção com câmera acoplada, possibilitando que o operador realize vistorias de forma remota, sem se expor a ambientes perigosos.

1.3 Justificativa:

Riscos nas inspeções de máquinas e processos industriais são mais frequentes do que se imagina, abrangendo atividades em locais apertados, operação de máquinas sem proteção ou sem sinalização de perigo, entre outros. “Um espaço confinado é definido como um espaço com limites de acesso, ventilação inadequada ou insuficiente, não sendo projetado para ocupação humana contínua, possuindo potenciais riscos à saúde e à vida dos trabalhadores na execução de suas tarefas” (Peixoto; Grutzmacher; Solner, 2019). O desenvolvimento deste projeto se justifica pela necessidade de reduzir a exposição do trabalhador a esses riscos, adotando inspeções remotas como alternativa menos invasiva, mais segura e alinhada às práticas de prevenção de acidentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA:

Robôs móveis para inspeção de estruturas têm sido aplicados em ambientes industriais críticos. Felsch et al. (2015) desenvolveram um robô para inspeção

automatizada em estações solares concentradoras, resultando em ganhos de eficiência e segurança. La (2017) utilizou um robô escalador para monitorar pontes de aço, incorporando mapeamento 3D e detecção automatizada de falhas. Pérez et al. (2016) analisaram orientação robótica por visão computacional em ambientes industriais, enquanto Faulwasser et al. (2015) demonstraram controle preditivo de trajetória em robôs industriais, aprimorando a precisão de navegação. Kondratenko et al. (2016) validaram o uso do Proteus para simular sensores em sistemas robóticos, reforçando sua aplicabilidade na fase de desenvolvimento elétrico.

3 METODOLOGIA:

O desenvolvimento do protótipo ocorreu em três etapas principais, complementadas por testes de campo em ambiente industrial simulado.

- Projeto mecânico: construção da estrutura em alumínio extrudado, devido à leveza, resistência e facilidade de montagem; chassi com quatro motores NEMA 17 para tração e rodas de alto atrito para melhor desempenho em diferentes superfícies.
- Integração eletrônica: utilização do módulo Heltec LoRa ESP32, que integra microcontrolador e rádio LoRa, alimentado por baterias recarregáveis. Os motores são controlados por drivers TB6600/TB6600HG, com microstepping e ajuste de corrente.
- Controle remoto: implementação de transmissor com outro módulo Heltec LoRa ESP32, conectado a joystick analógico e alimentado por quatro pilhas AA, com regulador de tensão 7805 e dissipador.

Implementação futura: inclusão de câmera para transmissão de imagens em tempo real, permitindo identificação visual de falhas durante a inspeção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Até o momento, foram obtidos os seguintes avanços: (i) arquitetura elétrica documentada no software Proteus; (ii) código-fonte desenvolvido em C++ na IDE Arduino; (iii) testes de comunicação bidirecional bem-sucedidos entre transmissor e receptor, assegurando integridade de dados; e (iv) estrutura mecânica modelada no Autodesk Inventor. Os resultados iniciais confirmam a viabilidade da proposta e indicam potencial para integração com sistemas de monitoramento contínuo.

5 CONCLUSÃO:

O projeto de robô de inspeção industrial rádio-controlado busca reduzir a exposição de trabalhadores a ambientes perigosos, garantindo maior segurança e eficiência nos processos de inspeção. A tecnologia LoRa proporciona comunicação de longo alcance com baixo consumo, atendendo às demandas da Indústria 4.0. Os avanços obtidos até o momento evidenciam viabilidade técnica e econômica, reforçando o potencial do sistema para aplicações práticas em ambientes industriais.

SOBRE O(S) AUTOR(ES):

- i) Daniel Paiva Marconato — Técnico em Mecatrônica pelo SENAI Armando de Arruda Pereira (2024). Cursa Engenharia de Controle e Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.

- ii) Fernanda Vicente Pereira — Técnica em Mecatrônica pelo SENAI Armando de Arruda Pereira (2024). Cursa Engenharia de Controle e Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.

- iii) Ricardo Martinez Vicentini — Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do ABC - UFABC (2018), pós-graduado lato sensu em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2016). Atualmente é Professor de Educação Profissional Tecnológica da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. É membro da Sociedade Brasileira de Automática (SBA).

- iv) Thiago Tadeu Amici — Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 7 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnicos de Mecatrônica, Automação Industrial, Eletrônica e Eletroeletrônica, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com

cursos voltados ao CLP da Siemens. Possui mestrado em Automação e Controle e Processos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP (IFSP - 2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo (2012), graduação em Tecnologia em Automação Industrial pelo IFSP (2009).

- v) Tatiani de Paula Pinotti Sabaris — Possui graduação em Física e mestrado em Física Aplicada pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Tem experiência na área de Física de Novos Materiais, com ênfase em Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part., atuando principalmente nos seguintes temas: policondensação, absorção, luminescência e dta. Concluiu o doutorado em Geologia Regional pela mesma Universidade citada anteriormente em 04/2010. Atualmente é professor na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO, R. Espaços confinados: riscos e prevenção. 2015.
- DELLALIBERA, L. A. Técnicas de Múltiplo Acesso para Redes LoRaWAN. UNESP, 2018.
- FELSCH, T. et al. Development of an automated inspection robot for solar power plants. 2015.
- FAULWASSER, T. et al. Predictive trajectory control for industrial robots. 2015.
- KONDRATENKO, Y. et al. Simulation of robotic sensors using Proteus. 2016.
- LA, H. M. Development of a climbing robot for steel bridge inspection. 2017.
- MACHADO, G. O. et al. Dispositivos de comunicação em ambientes arborizados utilizando LoRa. UNIFESSPA, 2021.
- PEIXOTO, A. P.; GRUTZMACHER, D. D.; SOLNER, R. Espaços confinados: prevenção e segurança. 2019.
- PÉREZ, L. et al. Vision-based navigation for industrial robots. 2016.
- SILVA, J. R.; PEREIRA, L. M. Desempenho da comunicação LoRa em ambientes industriais. Revista Brasileira de Automação, 2021.