



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Técnico em Eletroeletrônica

Aprimoramento de Armazém Vertical

Fabio B. Marques¹

Isaias Gonçalves²

Igor Carvalho³

Gabriel Almeida⁴

Resumo: A gestão eficiente do espaço físico e do fluxo de materiais constitui um dos principais desafios dos sistemas logísticos industriais. Nesse contexto, os armazéns verticalizados automatizados surgem como uma alternativa para otimizar a utilização do espaço disponível e aumentar a eficiência operacional. Este trabalho teve como objetivo aprimorar um protótipo de armazém vertical automatizado baseado nos conceitos da Indústria 4.0, por meio de melhorias estruturais, eletrônicas e de controle. Foram realizadas modificações na estrutura mecânica, substituição do sistema de controle por uma interface touchscreen baseada em display LCD TFT 3,2", implementação de comunicação via Bluetooth e adequações na programação dos motores de passo. Os resultados demonstraram melhorias no alinhamento estrutural e na precisão do deslocamento do elevador. Entretanto, dificuldades relacionadas à qualidade dos componentes eletrônicos utilizados, especialmente os displays touchscreen, e limitações de tempo comprometeram parte da validação experimental e da implementação completa das funcionalidades previstas. Apesar dessas limitações, o projeto demonstrou a viabilidade da aplicação de tecnologias de automação em sistemas de armazenagem vertical, evidenciando seu potencial para aumentar a eficiência logística, otimizar o aproveitamento do espaço físico e contribuir para a modernização dos processos industriais.

Palavras-chave: Eletrônica, Automação, eficiência logística, Indústria 4.0.

Abstract: Efficient management of storage space and material flow is one of the main



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

challenges in industrial logistics systems. In this context, automated vertical warehouses emerge as an alternative to optimize the use of available space and improve operational efficiency. This study aimed to enhance an automated vertical warehouse prototype based on Industry 4.0 concepts through structural, electronic, and control improvements. Mechanical modifications were carried out, including structural realignment, replacement of the control system with a 3.2-inch TFT LCD touchscreen interface, implementation of Bluetooth communication, and software adjustments for stepper motor control. The results showed improvements in structural alignment and elevator positioning accuracy. However, issues related to the quality of electronic components, especially touchscreen displays, as well as time constraints, partially affected the experimental validation and full implementation of the proposed functionalities. Despite these limitations, the project demonstrated the feasibility of applying automation technologies to vertical storage systems, highlighting their potential to increase logistics efficiency, optimize space utilization, and contribute to the modernization of industrial processes.

¹ Fabio B. Marques do curso Técnico em Eletroeletrônica, Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP - fabiodriveprofissional@gmail.com

² Isaias Gonçalves do curso Técnico em Eletroeletrônica, Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – isaias.tec.logistica@gmail.com

³ Igor Carvalho no curso Técnico em Eletroeletrônica, Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – igoocarvalho@gmail.com

⁴ Gabriel Almeida do curso Técnico em Eletroeletrônica, Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – ga923510@gmail.com

Keywords: Electronic; Automation; Logistic efficiency, Industry 4.0.

1 INTRODUÇÃO

A gestão eficiente do espaço e do fluxo de materiais representa um dos principais desafios nos setores logísticos de indústrias e empresas de grande porte. A ausência de um planejamento adequado da estrutura de armazenamento pode comprometer a capacidade operacional dos armazéns, reduzir a eficiência dos



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

processos logísticos e aumentar os custos relacionados à movimentação e ao controle de estoques.

Com o avanço dos conceitos da Indústria 4.0, surgiram novas alternativas para otimizar os sistemas de armazenagem, dentre as quais se destacam os armazéns verticalizados automatizados. Esses sistemas apresentam-se como uma solução eficiente para maximizar o aproveitamento do espaço físico disponível, diferentemente dos modelos convencionais, que frequentemente exigem expansões horizontais e maiores investimentos em infraestrutura e ocupação de áreas.

Segundo Azadeh et al. (2019), os armazéns de alta densidade possibilitam maior aproveitamento do espaço e redução de gargalos operacionais por meio da movimentação vertical automatizada. Além disso, tais sistemas permitem a implementação de configurações de armazenamento mais eficientes, contribuindo para a redução de custos operacionais e para o aumento da produtividade.

De acordo com Kagermann et al. (2013), a logística industrial envolve o planejamento, a implementação e o gerenciamento estratégico de processos destinados à otimização de recursos, ao aumento da eficiência produtiva e ao controle integrado de materiais, serviços e informações ao longo da cadeia de suprimentos. Nesse contexto, a automação dos sistemas de armazenamento possibilita o estabelecimento de métricas para monitorar continuamente os fluxos de recepção, estocagem e expedição de materiais, permitindo adaptações rápidas às mudanças de mercado e ao surgimento de novas categorias de produtos.

O armazém vertical automatizado foi desenvolvido para maximizar a utilização do espaço disponível, aumentar a densidade de armazenamento e aprimorar a eficiência operacional. Sua operação é baseada na integração de tecnologias associadas à Indústria 4.0, incluindo sistemas de gestão de armazéns (WMS), bancos de dados, servidores e dispositivos de monitoramento em tempo real. Além disso, tecnologias como RFID e sensores inteligentes possibilitam o rastreamento preciso dos produtos durante todas as etapas do processo logístico.

Adicionalmente, a aplicação de sistemas robóticos, como braços robóticos, esteiras automatizadas e robôs móveis, permite otimizar a movimentação de materiais, especialmente em operações que envolvem cargas pesadas ou ambientes de risco. Dessa forma, além de aumentar a produtividade, esses recursos contribuem para a redução de acidentes de trabalho e para a melhoria das condições de



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

segurança operacional. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de armazém vertical automatizado baseado nos princípios da Indústria 4.0, visando otimizar o aproveitamento do espaço físico, melhorar o controle logístico e demonstrar a viabilidade da automação aplicada aos processos de armazenagem.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo o ALMEIDA, G.S. et al, 2025 onde é apresentado o projeto inicial e suas complicações em relação a métodos e resultados aplicados com os devidos recursos. A partir de análises realizadas, constatou-se que, embora o sistema apresente funcionamento adequado, existem limitações que comprometem seu desempenho durante a operação. Nesse contexto, foram avaliadas as características estruturais do protótipo, bem como propostas melhorias na unidade de controle e na metodologia de controle, visando torná-lo mais eficiente, dinâmico e ágil em sua utilização. Inicialmente, procedeu-se à retificação das barras estruturais, conforme pode ser visto na Figura 2, com o intuito de promover um melhor alinhamento do conjunto. Essa intervenção permitiu maior precisão no deslocamento do elevador, além de aumentar a segurança operacional, minimizando a ocorrência de contatos indesejados entre os componentes.

Posteriormente, realizou-se a substituição do sistema de controle, na qual anteriormente era limitado a dois botões, um destinado à ação e outro ao retorno, operando em uma única posição, tanto no eixo horizontal quanto no vertical. Com a atualização, foi implementado um display LCD TFT 3.2 touchscreen com interface dedicada ao controle do elevador, possibilitando o posicionamento em diferentes andares e estados operacionais (ação, parada e retorno/busca). Adicionalmente, incorporou-se a funcionalidade de controle remoto via tecnologia Bluetooth, ampliando a flexibilidade de operação do sistema. Ambos idealizados anteriormente, mas sem andamento por consequência simulado a estrutura elétrica no programa Proteus 8 afins de perceber como seria um possível estágio final do trabalho apresentado na figura 2.

Por fim, efetuou-se uma modificação parcial na programação do sistema, mantendo-se a utilização da linguagem C/C++ no ambiente Wiring. As alterações implementadas tiveram como finalidade aumentar a precisão e reduzir o tempo de

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

resposta dos motores de passo responsáveis pelo deslocamento da base do elevador.

O Display LCD TFT 3,2" é um display *Touch* que atua como uma *Shield* para ser utilizado junto ao Arduino possui encaixe fácil permitindo ser utilizado de forma imediata conforme observado na Figura 3, também possui slot de cartão SD que permite o armazenamento de dados e imagens para exibição.



Figura 1 – Estrutura mecânica atual

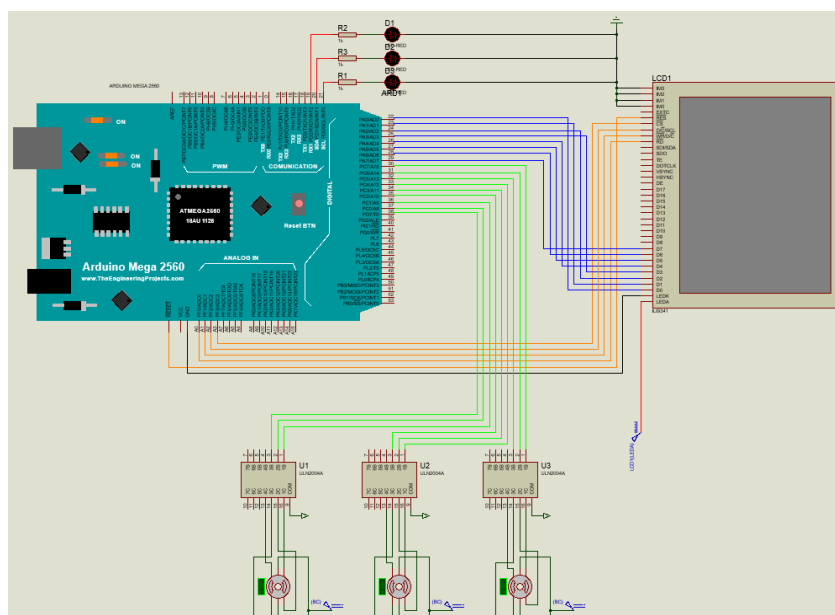


Figura 2 – Esquema elétrico projeto em Proteus 8.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos



Figura 3 – Display LCD TFT.

A Figura 4 apresenta o fluxograma do algoritmo desenvolvido para o protótipo. O processo inicia com a inicialização do sistema e a configuração dos periféricos utilizados. Em seguida, o programa permanece em estado de espera até que uma ação seja selecionada pelo usuário por meio da interface touchscreen. Após a seleção do comando, o microcontrolador processa a solicitação e aciona os motores responsáveis pelo deslocamento do elevador até a posição desejada. Ao final da operação, o sistema atualiza seu estado e retorna ao modo de espera, permanecendo disponível para novos comandos.

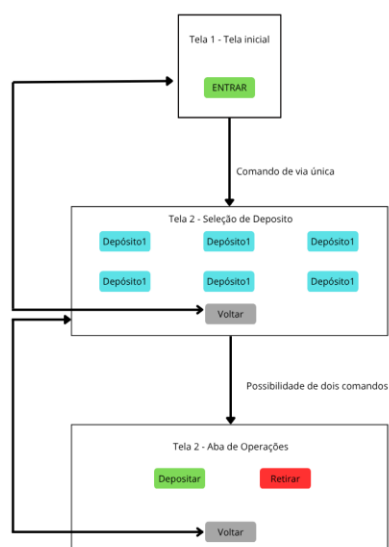


Figura 4 – Fluxograma de funcionamento.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a retificação da estrutura mecânica do protótipo, foi possível obter uma base mais estável e confiável para a realização dos cálculos relacionados à precisão de deslocamento e ao posicionamento dos eixos controlados pelo sistema. Essa adequação estrutural contribuiu para a redução de erros mecânicos e permitiu uma melhor calibração dos parâmetros utilizados na programação do microcontrolador. Entretanto, durante a fase de desenvolvimento e validação do projeto, foram identificados obstáculos significativos que impactaram diretamente o cronograma e o desempenho esperado do sistema. Os principais problemas observados estiveram relacionados à qualidade dos componentes adquiridos e à limitação temporal para execução das etapas de testes e ajustes. O primeiro fator refere-se à aquisição dos materiais eletrônicos, especialmente dos displays LCD utilizados como interface homem-máquina (IHM) do projeto. Os componentes recebidos apresentaram indícios de falhas de fabricação e inconsistências de funcionamento, tais como ausência de comunicação adequada com a placa controladora, defeitos na camada resistiva responsável pela detecção de toque e incompatibilidades com as bibliotecas e controladores empregados pelos microcontroladores utilizados. Tais problemas exigiram a realização de diversos procedimentos de diagnóstico, testes comparativos e tentativas de reconfiguração de software e hardware, sem que fosse possível garantir o pleno funcionamento dos dispositivos. Além disso, o fator que mais impactou o desenvolvimento do projeto foi a restrição de tempo disponível para a execução das atividades. À medida que os testes de calibração e validação eram realizados, tornou-se necessário dedicar períodos adicionais para a confirmação dos defeitos identificados, bem como para a investigação de suas possíveis causas. Como consequência, houve redução do tempo destinado às etapas de otimização do sistema, implementação de melhorias e realização dos ajustes finais de programação. Dessa forma, os atrasos acumulados comprometeram parcialmente o cronograma inicialmente estabelecido, limitando a possibilidade de desenvolvimento de funcionalidades complementares e refinamentos no desempenho geral do protótipo.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto foi concebido como uma evolução de um protótipo anterior, com o objetivo de simular um armazém vertical automatizado. Trata-se de um conceito logístico e robótico voltado ao aproveitamento máximo do espaço físico em ambientes como armazéns, almoxarifados e depósitos. Além de proporcionar maior praticidade, rapidez e segurança no transporte de materiais — muitas vezes pesados e sujeitos a riscos devido à altura de movimentação — o sistema contribui para a redução de perdas e acidentes de trabalho. Outro benefício relevante é o aprimoramento do controle logístico, viabilizado pelo uso de tecnologias de automação, eletrônica e desenvolvimento de sistemas. A estrutura adaptada com motores e esteiras permite deslocamentos programados, reduzindo a necessidade de mão de obra humana. Complementarmente, a utilização de leitores RFID possibilita o cadastro e o monitoramento eficiente do tráfego de produtos. Dessa forma, o projeto se apresenta como uma solução inovadora e promissora para a modernização de processos logísticos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gabriel da Silva; SILVA, Igor Carvalho; GONÇALVES, Isaias Silva. Automação de depósito vertical. Ourinhos, 2025.
- ROY AZADEH, DE KOSTER -Design, Modeling, and Analysis of Vertical Robotic Storage and Retrieval Systems (2019).
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management.
- Breyfogle, F. W. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. John Wiley & Sons.
- Hale, J. (2014). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Pearson.