

DESENVOLVIMENTO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO DIDÁTICO PARA ENSINO DE MANUFATURA INDUSTRIAL

Kleyton Anchieta Santos
cleytonwork17@gmail.com

Rodrigo Ribeiro Santos
rodrigorbst@gmail.com

Resumo – A utilização de manipuladores robóticos no âmbito acadêmico é considerado um poderoso instrumento no processo de ensino/aprendizagem, já que é possível simular processos reais semelhantes aos encontrados no ambiente industrial. Nesse contexto, esse trabalho busca desenvolver um manipulador robótico com seis graus de liberdade em escala reduzida, com o intuito de aplicação como objeto de ensino, pesquisa e extensão. O projeto estrutural do manipulador robótico foi realizado em ambiente computacional de modelagem em três dimensões (3D) e a construção física das peças foi feita em impressora 3D. Motores de passos de diferentes tipos foram especificados e aplicados, com eletrônica embarcada adequada, como atuadores na movimentação das articulações do manipulador. As técnicas de controle, mapeamento de posições e comunicação em rede foram implementados no microcontrolador ESP32. A integração do protótipo desenvolvido em uma planta de produção que simula um processo de manufatura industrial demonstrou que a metodologia e aplicação do manipulador robótico estimula o aprofundamento de diferentes área de conhecimento, tais como cálculo, física, mecânica, elétrica, eletrônica e computação. O manipulador desenvolvido provou ser uma alternativa viável para fins didáticos e com baixo custo em relação os sistemas comercialmente disponíveis.

Palavras-Chave: robô manipulador, plataforma educacional, manufatura industrial, impressão 3D, eletrônica em barcada.

INTRODUÇÃO

Os robôs manipuladores estão cada vez

mais presentes em diversas áreas industriais, principalmente no ramo da manufatura, pois possuem capacidade de realizar várias aplicações, tais como transporte, solda, montagem, pintura e manipulação em geral (ROGGIA, 2016). Esses tipos de robôs são desenvolvidos para auxiliar no processo de produção, sendo equipamentos que operam com maior agilidade, resistem às variações de temperaturas e são mais precisos do que o trabalho realizado manualmente. Esse cenário de contínuo crescimento proporciona um significativo aumento na demanda por profissionais devidamente qualificados para projeto, instalação e manutenção de manipuladores robóticos (PEREIRA *et al.*, 2015). Dessa forma, as instituições de formação profissional devem procurar meios para inovação no ensino, através do desenvolvimento e aplicação de novas metodologias que promovam uma formação atualizada para o mundo de trabalho.

Embora o equipamento robótico industrial seja relevante no auxílio à aprendizagem de atividade relacionadas com a manufatura industrial, o acesso aos equipamentos ainda é limitado (GIMENEZ; SANTOS, 2019). Isto é devido ao alto custo financeiro alto e o fato de serem plataformas proprietárias, em que os fabricantes inibem o acesso a documentação do circuito de controle e da programação. Nesse contexto, projetos que visam o desenvolvimento de manipuladores robóticos de baixo custo para fins didáticos são fundamentais para área educacional, envolvendo conhecimentos da prática industrial por meio de equipamentos que simulam um ambiente real.

Com base no exposto, verifica-se que é imprescindível o desenvolvimento de trabalhos que possam estudar e pesquisar

sistemas robóticos para fins didáticos com foco na aplicação industrial. Segundo Silva (2012) equipamentos construídos com baixo investimento podem ter desempenho satisfatório para o ambiente da formação profissional. Já para Machado *et al.* (2014), a perspectiva de fazer uma análise teórica e estrutural de um robô manipulador a fim de garantir seu melhor desempenho em uma aplicação real se mostra relevante na visão do ensino profissional, pesquisa e inovação tecnológica. Além disso, para Diesel *et al.* (2017) a área da robótica aplicada agrega muitas áreas de conhecimento, sendo relevante para atividades metodológicas de ensino interdisciplinar.

Portanto, o objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um manipulador robótico com seis graus de liberdade de baixo custo, com foco em aprofundar o ensino e a pesquisa aplicado à manufatura industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada foi de natureza experimental, considerando atividades orientadas por dois eixos principais. O primeiro com foco no desenvolvimento de atividades de estudo teórico e pesquisa baseada na literatura técnica e acadêmica. Já o segundo eixo voltado para atividades de aplicação da tecnologia e conhecimento disponível para desenvolvimento do manipulador robótico proposto neste trabalho.

Elementos mecânicos

A estrutura física do robô manipulador foi baseada na plataforma aberta RBX1, que é um braço robótico impresso em 3D com 6 graus de liberdade. Os arquivos do modelo base foram ajustados para atender a necessidade deste projeto bem como para alinhar com as restrições de dimensões imposta na planta de manufatura do estudo de caso, para isto para isto foi utilizado o *software Fusion 360*. Posteriormente, realizou-se a produção das

peças em impressora 3D, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2. Todas as peças impressas em 3D são apresentadas na Figura 3. Para montagem

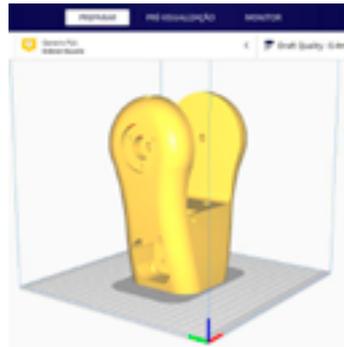


Figura 1: Modelo 3D adaptado e preparado para impressão



Figura 2: Peça confeccionada em impressora 3D.



Figura 3: Peças da estrutura física do robô.

final de toda a estrutura física do manipulador foram especificados elementos de suporte e fixação adequados, como visto na Figura 4, tais como: parafusos, porcas, rolamentos, eixos deslizantes, eixos de fixação, correia, polias e adaptadores de eixo. O manipulador robótico fisicamente construído é visto na Figura 5.



Figura 4: Componentes de conexão mecânica



Figura 7: Interface eletrônica de potência.

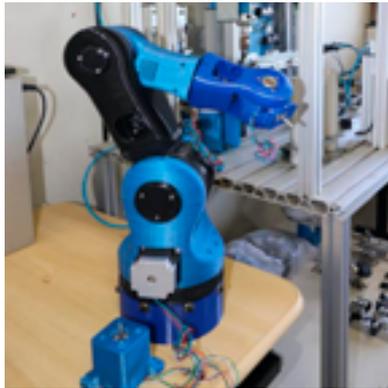


Figura 5: Manipulador robótico construído

Elementos elétricos e eletrônicos

Na parte elétrica do manipulador foram utilizados motores de passo, conforme mostrado na Figura 6, como atuadores das articuladores. Cada motor de passo necessita de uma interface eletrônica de potência adequada, as quais foram devidamente especificadas e os dispositivos são apresentados na Figura 7. Todos os elementos elétricos e eletrônicos foram alimentados por fonte de tensão especificada para atender a demanda de potência de todos o sistema elétrico do manipulador.



Figura 6: Motores de diferentes torques utilizados no projeto

Elementos computacionais

Para implementação das técnicas de controle aplicados no robô manipulado foi utilizado o microcontrolador ESP32. O ambiente de programação utilizado foi a IDE Arduino e a programação do ESP32 foi realizada em linguagem C, desenvolvendo ainda aplicações remotas como servidor WEB e comunicação via rede Bluetooth BLE (*Bluetooth Low Energy*). O código foi desenvolvido algumas tecnologias, sendo a base a linguagem HTML para o corpo da página, CSS para o estilo e o JavaScript trabalhando como *front-end*, ou seja, interação com o cliente (usuário). O algoritmo foi escrito no *software* editor de código da Microsoft, Visual Studio Code.

Aplicação em processo real de manufatura industrial

O manipulador robótico desenvolvido foi aplicado em um sistema real de manufatura didático e em escala reduzida, conforme apresentado na Figura 8. Essa aplicação simula um processo de manufatura industrial de quatro estágios: distribuição, transporte e classificação, processamento e armazenamento de peças. Especificamente, o manipulador robótico foi integrado ao último estágio da planta produtiva, relacionada a etapa de armazenamento.



Figura 8: Planta de manufatura de estudo de caso.

O manipulador robótico foi comparado em termos de desempenho ao manipulador cartesiano eletropneumático, como visto na Figura 9, instalado na planta de estudo de caso.



Figura 9: Manipulador eletropneumático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento completo de um manipulador robótico aplicado a um processo real de manufatura foi possível explorar, didaticamente, diversos conceitos da prática industrial através da plataforma educacional desenvolvida. Inicialmente, explorou-se os aspectos técnicos mecânicos construtivos, modelagem de peças, confecção em impressora 3D e especificação de componentes mecânicos. Essas atividades são associadas diretamente a manufatura aditiva, que é umas das áreas da produção com maior crescimento nos últimos anos. Além disso, questões relativas à programação de microcontroladores foram extensivamente exploradas, como desafios de

programação na solução de problemas reais de estudo de caso. Os conceitos relativos a Indústria 4.0, no tocando a conectividade, foram também utilizados no ensino, pois com o microcontrolador ESP32 é possível criar redes de comunicação com protocolos semelhantes aos utilizados no ambiente industrial.

Em termos de desempenho, o manipulador robótico é capaz de transportar peças entre pontos específicos, particularmente na planta de estudo de caso da saída do estágio de processamento à entrada do estágio de armazenamento, conforme exemplo visto na Figura 10. A estrutura do robô é flexível para atender tanto ventosas eletropneumáticas quanto garras mecânicas, dependendo da peça a ser transportada.



Figura 10: Exemplo de aplicação no transporte de peças com o manipulador robótico

Em comparação ao manipulador cartesiano nota-se melhor desempenho do manipulador robótico, já que este pode alcançar um número maior de posições, devido a quantidade de graus de liberdade que possibilita movimentos mais específicos. Além disso, em termos dinâmicos, o manipulador robótico mostra-se mais rápido na repetição da tarefa de transporte de peça.

Por fim, foi comparado os gastos de produção do manipulador do projeto com os comercializados por empresas especializadas. O menor orçamento obtido para aquisição de um robô manipulador similar ao do projeto foi de R\$ 115.000,00 reais. Já o orçamento total deste projeto, considerando apenas peças e materiais, ficou em torno de R\$ 2.500 reais. No entanto

é necessário um laboratório com máquinas e ferramentas específicas para realização da construção e montagem.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um robô manipulador com o propósito de ensino e pesquisa, possibilita o engajamento de estudantes de diferentes cursos e/ou áreas. Dessa forma, podem ser explorados conceitos teóricos, práticos e de pesquisas tecnológicas relacionados à mecânica, elétrica e computação, envolvendo desde aplicação da eletrônica embarcada até métodos de controles para execução do manipulador em processos manufatureiros.

A aplicação do manipulador robótico na planta real da manufatura industrial demonstrou que o desempenho do robô ficou de acordo com os critérios estabelecidos para robôs industriais, com base na norma internacional ISO 9283. Com isto, a plataforma educacional desenvolvida pode contribuir para estudos de robótica, controle, automação industrial, bem como incentivo nesta área de pesquisa, relacionando também com aspectos da indústria 4.0.

Como perspectivas futuras podem ser explorados aspectos relacionados à integração com redes industriais, sistemas supervisórios, avaliação de técnicas de controle aplicado bem como a oferta de um curso de extensão para ensino de manufatura industrial.

REFERÊNCIAS

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, 2017. v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017.

GIMENEZ, Denis; SANTOS, Anselmo. Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho, *Texto para Discussão*. Unicamp. IE, Campinas, nº371, 2019.

MACHADO, Felipe; LAZZARIM, Julio Cesar; POSTAL, Adriana; CASTRO, Josué. Construção de um manipulador robótico simples para fins acadêmicos. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Volume 02 - Número 10, 2014

PEREIRA, A.; ARAÚJO, A. C.; BRITTO, D.; CAETANO, J.; MOUTINHO, L. Benefícios da robótica nos processos produtivos. *Revista de trabalhos acadêmicos - Universo Recife* vol. 2, no 2, 2015.

ROGGIA, R. *Automação Industrial*. Ed. Única. Santa Maria: Rede e –Tec Brasil, 2016.

SILVA, J.; Construção e controle inteligente de um manipulador robótico com dois graus de liberdade. 2012, 85 p. Dissertação. Universidade Federal do rio Grande do Norte.