DESAFIOS DO PROJETO DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM SEIS GRAUS DE LIBERDADE PARA FINS DIDÁTICOS

Tiago Balestro [1]
IFRS Campus Farroupilha
Leonardo da Silva Martins [2]
IFRS Campus Farroupilha
Rafael Corrêa [3]
IFRS Campus Farroupilha

Resumo: Este trabalho tem como objetivo relatar desafios encontrados no projeto de um braço robótico com seis graus de liberdade que está sendo construído para fins didáticos no IFRS Campus Farroupilha e cujo projeto será disponibilizado de forma aberta e gratuita na internet. O projeto foi baseado em um modelo já existente na internet, O AR2, que é norte-americano e que precisou de diversas adaptações considerando a realidade orçamentária e tecnológica disponível ao projeto e na instituição, dentre elas, a fabricação de peças em impressão 3D em vez de usinadas em alumínio e a fabricação das reduções dos motores em vez da compra das reduções prontas. O robô encontra-se em fase final de elaboração do projeto mecânico e durante 2021 será realizada a sua montagem, testes e adaptações necessárias ao seu funcionamento de forma rápida, segura e com semelhança aos braços robóticos encontrados na indústria e em instituições de ensino, tanto em termos mecânicos/dinâmicos quanto de programação/*software*.

Palavras-chave: braço robótico, impressão 3D, projeto mecânico, seis graus de liberdade.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho decorre do projeto *Desenvolvimento de plataformas didáticas de baixo custo para o ensino e a aprendizagem de eletrônica e robótica*. O objetivo do projeto é desenvolver *kits* didáticos de baixo custo e projeto aberto na internet, sem fins comerciais.

O projeto está dividido em duas frentes, sendo uma delas o desenvolvimento e a montagem de um braço robótico com seis graus de liberdade de pequeno porte para fins didáticos. O IFRS Campus Farroupilha possui o braço robótico modelo LR Mate 200*i*D da marca FANUC (FANUC, 2020), que é voltado para aplicações industriais. O inconveniente deste equipamento é seu elevado custo de manutenção e suas peculiaridades de *hardware*, o que implica na necessidade de utilizá-lo de forma extremamente prudente. Por esse motivo, entendeu-se que seria positivo projetar e construir – em menores escala de tamanho e capacidade de carga – um robô semelhante ao existente, com as mesmas funcionalidades, porém utilizando componentes de fácil acesso no mercado brasileiro, a um custo muito inferior e com projeto aberto disponibilizado na internet.

Neste trabalho, em especial, serão relatados alguns desafios encontrados no projeto mecânico do robô, tendo a vista as adaptações que tiveram que ser realizadas com base em um projeto já existente.

1 E-mail: tiagobalestro@hotmail.com – Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica
2 E-mail: martins.leo2019@gmail.com – Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação
3 E-mail: rafael.correa@farroupilha.ifrs.edu.br – Professor orientador

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na internet há diversos projetos de braços robóticos com seis graus de liberdade disponíveis e projeto aberto – *hardware* e *software*. Para não iniciar o desenvolvimento partindo do zero, optou-se por fazer uma pesquisa de modelos existentes e selecionar o mais promissor. Segue uma descrição dos modelos mais promissores encontrados.

O modelo INNFOS GLUON (Kickstater, 2021) possui uma mecânica estrutural simples e o grande diferencial dele está nos atuadores, que utilizam *drivers* próprios para controle dinâmico. Esses atuadores não estão disponíveis no mercado nacional e a compra é de difícil acesso no exterior, a um preço elevado.

Em ANNIN ROBOTICS (2021) são apresentados os modelos AR2 e AR3. Ambos possuem peças usinadas em alumínio e os atuadores são motores de passo padrão NEMA com redução integrada. Possuem movimento com velocidade razoável, estabilidade, robustez e precisão considerável, em especial o AR3 – que é uma evolução do AR2 e inclui *enconders* incrementais nos motores. O custo final é inferior a US$ 2.000,00 para ambos os modelos.

O modelo AR2 possui motores com eixo simples, uma vez que não são utilizados *enconders*. Isso introduz uma significativa redução nos custos para os padrões brasileiros. Por esse motivo, optou-se pelo modelo AR2 como base.

3 DESENVOLVIMENTO

Partindo do modelo AR2, elaborou-se um projeto mecânico com o uso de *software* de Desenho Assistido por Computador (CAD) em 3D, a fim de realizar modificações para simplificar e reduzir os custos da construção do robô.

3.1 Análise preliminar e escopo

A partir dos arquivos STL disponibilizados, analisou-se a necessidade de adaptações. De início, fez-se a conversão dos arquivos para uma extensão nativa do *software* CAD usado.

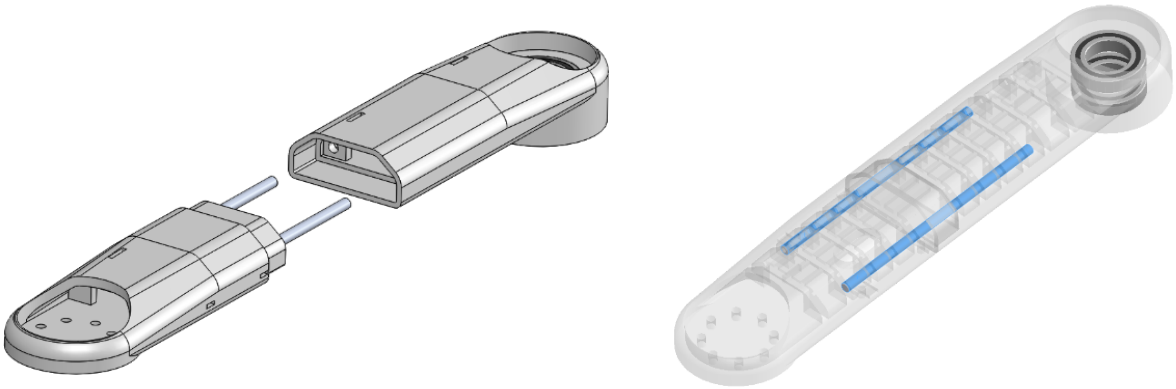
A forma de fabricação das peças foi analisada cuidadosamente, uma vez que era necessário atender ferramentas, equipamentos e orçamento disponíveis ao projeto. Peças estruturais do robô, originalmente fabricadas em liga de alumínio usinadas, foram substituídas por impressão 3D, garantindo uma maior autonomia ao bolsista para a prototipagem utilizando as impressoras 3D do IdeaLab, além de reduzir custos e massa.

Os motores de passo responsáveis pela movimentação do robô foram alterados para modelos disponíveis no mercado nacional – NEMA 23, 17 e 11. As reduções dos motores são de difícil acesso no país e tem custo elevado, portanto, está em estudo a possibilidade de fabricá-las por meio de usinagem e/ou impressão 3D no próprio campus.

3.2 Adaptações

No caso de peças originalmente usinadas em liga de alumínio, para fabricá-las em impressão 3D há de se levar em consideração a tecnologia da impressão 3D – *fusion deposition modeling* (FDM) no caso do IdeaLab, o tamanho das peças e suas características mecânicas. Levou-se em consideração a área de impressão da impressora 3D modelo GTMax

3D Core A1 Dual (26 cm x 20 cm) para remodelar peças com comprimento superior às dimensões da mesa de impressão. Nesses casos, sistemas de encaixe e de união permanente foram realizados. Por exemplo, a figura 1 ilustra a modelagem realizada para possibilitar a impressão 3D de uma peça com grande comprimento e com função estrutural, que originalmente era de liga de alumínio. Um sistema de encaixe teve de ser modelado, com fixação por meio de barras de liga metálica. Além disso, a peça original era menos espessa e a fiação elétrica passava sobre a sua superfície. Para acondicionar a fiação dentro da peça e reduzir sua massa, modelou-se uma cavidade longitudinal.



(a) (b)

Figura 1 – Encaixe de uma peça estrutural do robô. a) Visão geral; b) Vista interna.

Outra adaptação importante foi na aplicação de rolamentos. No projeto original, muitos são sobredimensionados. O projeto original utiliza um conjunto de rolamento de agulha (aplicado em altas cargas radiais) e rolamento axial de esferas (aplicado em altas cargas axiais). O resultado desse conjunto é um eixo rotatório capaz de suportar altas cargas, com a desvantagem da ocupação de maior espaço e um maior custo. Tendo em vista os esforços estimados no robô, um rolamento de esfera simples é suficiente.

3.3 Redimensionamento

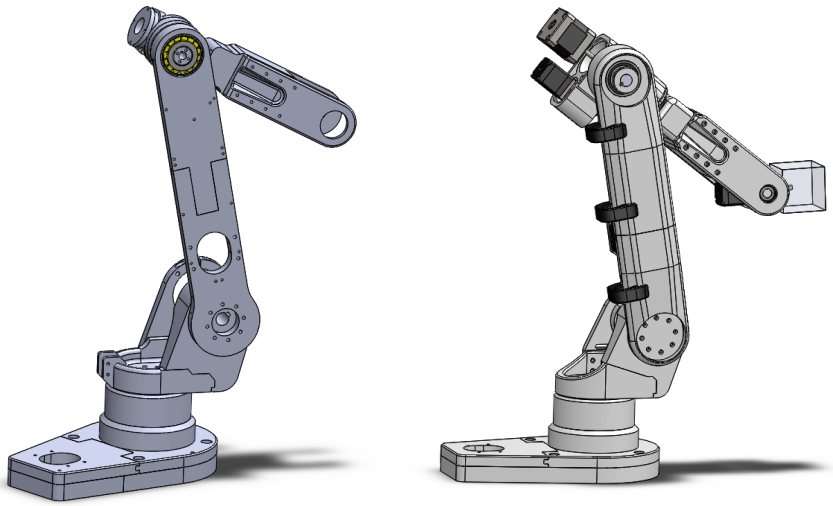
Em virtude de alterações em muitas peças mecânicas com relação ao projeto original, fez-se necessário o redimensionamento dos sistemas responsáveis pelo movimento dos eixos do robô. Já tendo em mãos os motores a serem utilizados (NEMA 23 na base, NEMA 11 no último eixo e NEMA 17 nos demais), calculou-se a taxa de redução dos redutores que estão sob desenvolvimento com base no torque mínimo necessário em cada braço do robô.

A partir do modelo 3D em CAD e com o auxílio de *software* para Cálculo Algébrico Computacional (CAS) estudou-se o torque necessário em cada unidade motora – motor de passo com redução integrada – e a taxa de redução que cada redução precisa exercer. Por exemplo, para um dos eixos (eixo 2), obteve um torque de 12,6 N.m e uma redução de 14:1.

4 RESULTADOS

A maior parte do projeto mecânico encontra-se realizada. As principais adaptações foram feitas e com isso tem-se um modelo próximo da etapa de fabricação. Com relação ao

projeto original, permanece a filosofia mecânica, ou seja, as novas peças cumprem praticamente as mesmas finalidades do projeto original, mesmo que cerca de 90% delas tiveram de ser adaptadas. Para ilustrar essas alterações, a figura 2 ilustra os modelos 3D do projeto original e o da fase atual deste trabalho.



(a) (b)

Figura 2: Evolução da modelagem 3D em CAD. a) AR2 original; b) Fase atual do projeto.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados desafios encontrados no projeto de um braço robótico com seis graus de liberdade. Diversas adaptações tiveram de ser realizadas, seja na modelagem e no processo de fabricação das peças, seja nos componentes mecânicos e elétricos como motores, rolamentos, entre outros. Até o momento os desafios foram superados, cabendo ainda finalizar o projeto dos redutores e iniciar a fabricação das peças, a montagem do robô e os testes.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao IFRS pelo apoio financeiro na realização deste trabalho na forma de bolsas para os estudantes e taxa de bancada para a compra dos materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNIN ROBOTIC. **Site dos projetos AR2 e AR3**. Disponível em: https://www.anninrobotics.com/. Acesso em: 14 jan. 2021.

FANUC. **Braço robótico LR Mate 200*i*D**. Disponível em: https://www.fanucamerica.com/products/robots/series/lr-mate/lr-mate-200id. Acesso em: 14 jan. 2021.

KICKSTARTER. **Braço robótico INNFOS GLUON**. Disponível em: https://www.kickstarter.com/projects/1383636492/the-smallest-servomotor-robotic-arm. Acesso em: 14 jan. 2021.