

A CONSTRUÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO INTERATIVO: CONTRIBUIÇÕES NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL E DISSEMINAÇÃO DA TECNOLOGIA

GUSTAVO LANES BATISTA VAN DER VOORT^{1*}, CAMILLA SCHETTINO OLIVEIRA², GIOVANNI TOMASCO ANDRADE³, HUGO STEIN⁴ e MATHEUS TANINHO REINH⁵

¹Graduando em Engenharia Elétrica - Robótica e Automação Industrial, UFJF, Juiz de Fora-MG, gustavo.lanes@engenharia.ufjf.br;

²Graduanda em Engenharia Elétrica - Telecomunicações, UFJF, Juiz de Fora-MG, camilla.schettino@engenharia.ufjf.br;

³Graduando em Engenharia Elétrica - Robótica e Automação Industrial, UFJF, Juiz de Fora-MG, giovanni.tomasco@engenharia.ufjf.br;

⁴Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos, UFJF, Juiz de Fora-MG, hugo.stein@engenharia.ufjf.br;

⁵Graduando em Engenharia Elétrica - Robótica e Automação Industrial, UFJF, Juiz de Fora-MG, taninho.reinh@engenharia.ufjf.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho tem o objetivo de relatar a construção de um manipulador antropomórfico realizado pelos discentes do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) motivados a disseminar, de maneira lúdica, conhecimentos sobre robótica e automação. Sua concepção foi possível através do uso de uma impressora 3D do próprio grupo, para confeccionar parte de sua estrutura, e de componentes eletrônicos facilmente encontrados no mercado nacional, tais como: microcontrolador, servomotores e placa expansora de portas *PWM* (modulação por largura de pulso). Durante seu desenvolvimento foi notável a aquisição, por parte da equipe, de conhecimentos técnicos, experiências profissionais e competências necessárias à formação de um engenheiro.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica, Manipulador Antropomórfico, PjBL, Programa de Educação Tutorial, Arduino.

THE CONSTRUCTION OF AN INTERACTIVE ROBOTIC ARM: CONTRIBUTIONS IN PROFESSIONAL EDUCATION AND DISSEMINATION OF TECHNOLOGY

ABSTRACT: This study is aimed to report the construction of an anthropomorphic manipulator made by the graduate students from Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) of Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) motivated to spread, in a playful way, the knowledge of robotic and automation. Its conception was possible through the use of the group's 3D printer, used to make some parts of the body, and electronic devices that can be easily found on the national market, as well as: microcontroller, servomotors and extended boards for the *PWM* (Pulse Width Modulation) outputs. During its development it was notable that the group purchased technical-knowledge, professional experience and skills needed to graduate an engineer.

KEYWORDS: *Robotics, Anthropomorphic Manipulator, PjBL, Tutorial Education Program, Arduino.*

INTRODUÇÃO

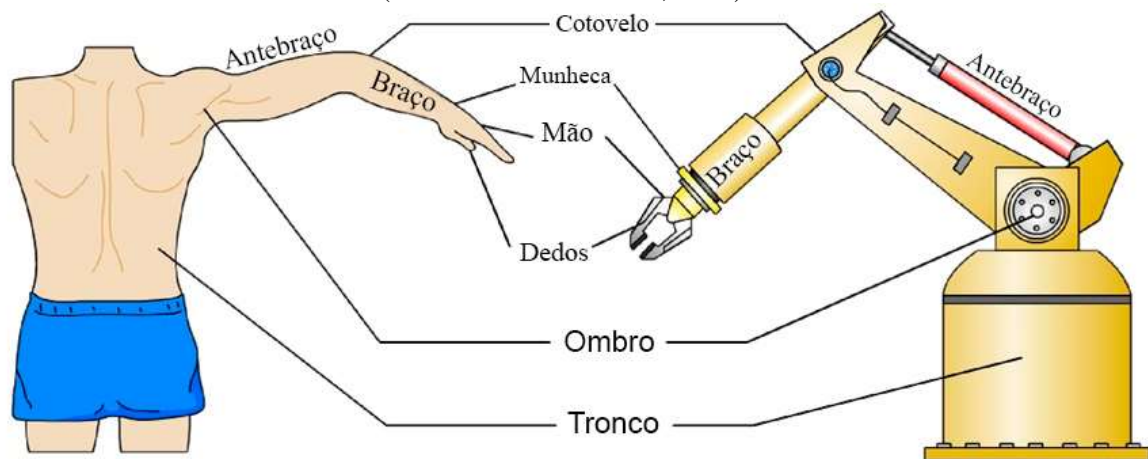
A robótica é um conceito vasto que permeia o imaginário do ser humano, e é frequentemente expressa em filmes de ficção científica como “*Star Wars*”(Lucas, 1997), “*Eu robô*”(Proyas, 2004) e

“Wall-e” (Stanton, 2008). Contudo, uma parcela da população não tem conhecimento pleno de sua diversidade de aplicações nas indústrias e que essa é responsável por baratear o custo de produção, poupar pessoas da realização de trabalhos perigosos e executar tarefas com maior eficiência.

Um robô é um manipulador multifuncional reprogramável projetado para mover materiais, partes, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos variáveis programados para executar uma variedade de tarefas (SPONG et al., 2005). Sua complexidade e aplicação vai além de uma única área do conhecimento e para entendê-lo é necessário apoiar-se nas ciências da computação, matemática e das engenharias elétrica e mecânica.

Dentre a variedade de manipuladores existentes, o antropomórfico é o que possui maior semelhança a um braço humano, contendo 3 juntas principais, 2 elos e um efetador final conforme pode ser observado na Figura 1. Tal semelhança permite a aplicação deste em diversas áreas como por exemplo: mover objetos, soldar, montar, moldar, injetar materiais, atuar no acabamento final de uma peça ou até mesmo realizar procedimentos cirúrgicos. A tarefa que o manipulador realizará está relacionada ao modelo do seu efetor final, que é o responsável por interagir com o ambiente de trabalho.

Figura 1: Comparativo entre braço humano e manipulador antropomórfico.
(La Robótica Educativa, 2015)



MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista sua grande aplicabilidade na indústria e a possibilidade de complementar os conhecimentos sobre conteúdos abordados, tais como: mecânica, controle, programação e automação, na graduação em Engenharia Elétrica da UFJF o grupo decidiu construir um braço robótico didático e interativo para tornar acessível esta tecnologia à comunidade local.

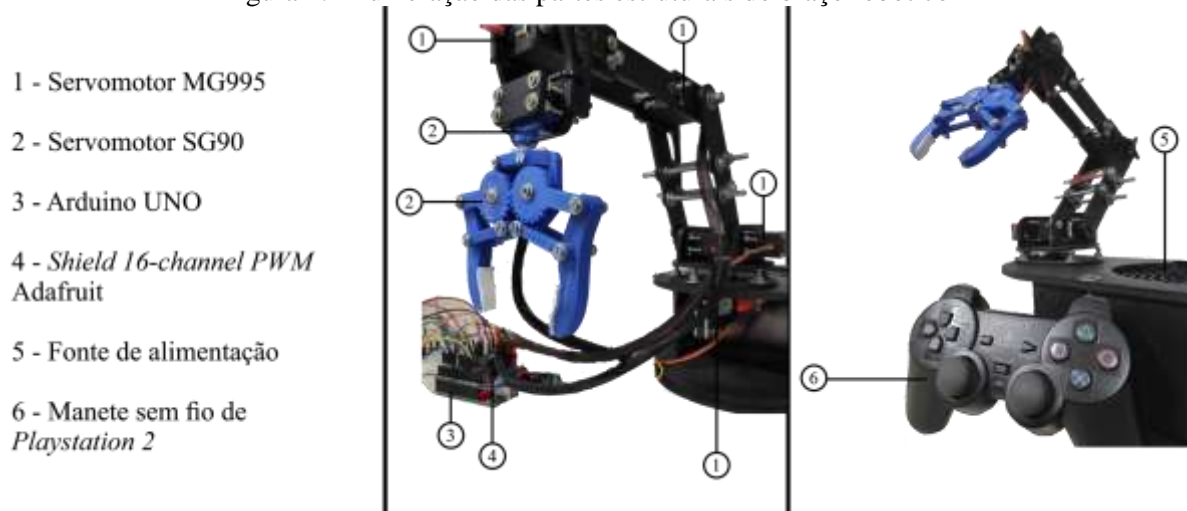
No desenvolvimento do projeto, utilizou-se uma metodologia ativa de aprendizagem baseada em projetos, PjBL (Project Based Learning), que aperfeiçoa diversas habilidades como comunicação, organização, apresentação, gestão, pesquisa, questionamento, auto avaliação, reflexão, capacidade de relacionamento em grupo e principalmente habilidades de liderança (Bedeschi et al., 2017).

O modelo é baseado em projetos *open sources* disponíveis na internet (Geeks with Blogs, 2012), e foi escolhido pela simplicidade do processo de montagem, porém sem deixar de lado sua complexidade. Além disso, a Faculdade de Engenharia da UFJF possui laboratórios com as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do manipulador e o PET Elétrica dispõe de uma impressora 3D, dos componentes eletrônicos e dos materiais necessários para o desenvolvimento do projeto. Para posteriormente expor o funcionamento do braço robótico, deve-se explicitar primeiro os principais materiais utilizados e suas respectivas funções:

- MDF: material derivado da madeira utilizado para fazer a maioria das peças estruturais;
- Peças impressas: a garra do braço e a porta do compartimento da eletrônica foram feitas utilizando impressora 3D;
- Servomotor *Tower Pro MG995* (item 1, figura 2): motor utilizado para a movimentação da maior parte das juntas;
- Servomotor *Tower Pro SG90* (item 2, figura 2): motor utilizado para a movimentação das juntas da garra;

- Arduino UNO (item 3, figura 2): microcontrolador programável, responsável por comandar toda a operação;
- Servo *Shield 16-channel PWM* da *Adafruit* (item 4, figura 2): uma extensão de 16 canais *PWM* para o Arduino UNO;
- Fonte de alimentação (item 5, figura 2): para alimentar o circuito, foi utilizado uma fonte de 180W.
- Manete sem fio de *Playstation® 2* (item 6, figura 2): utilizado para controlar o movimento do braço.

Figura 2: Enumeração das partes estruturais do braço robótico



Foi utilizado um MDF de 6mm de espessura para as peças principais, pois possui a resistência adequada, é de baixo custo e de fácil aquisição. Disponibilizados pelo projeto-referência (*Geeks with Blogs*, 2012), os moldes foram cortados em uma máquina de corte a *laser* disponível na instituição. Executou-se a montagem, unindo as peças em MDF umas às outras e encaixando os servomotores à estrutura com parafusos, porcas, arruelas e, especificamente para os motores, os acopladores de servo. Inicialmente, as garras do braço também eram peças em MDF, porém, posteriormente foram substituídas por novas peças, que foram impressas pela impressora 3D, com maior superfície de contato, maior resistência e confiabilidade.

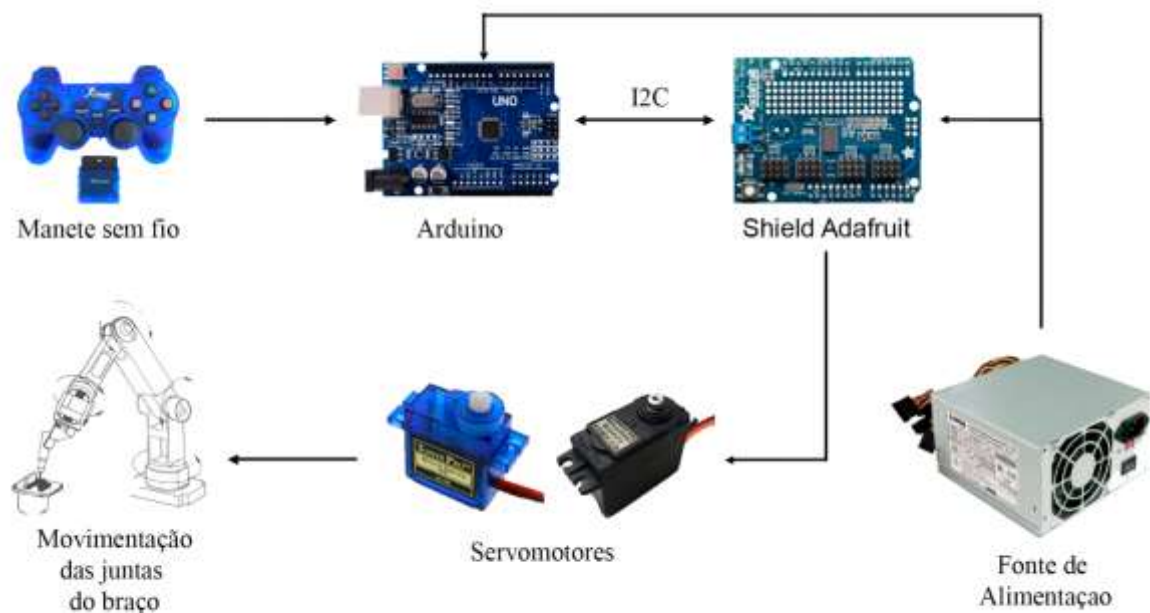
Para realizar a movimentação foram utilizados cinco servomotores do modelo MG995. Um deles é acoplado à parte inferior da base do braço, sendo ele responsável por girar toda a estrutura em torno de cento e oitenta graus. Dois motores trabalham em paralelo para levantar e abaixar o braço, similar ao movimento do ombro humano. Um servomotor cumpre a função de “cotovelo” e outro é responsável por mover o “pulso” para cima e para baixo. Já para a garra foram utilizadas dois servomotores SG90, um para girá-la e outro para abrí-la e fechá-la.

Alimentado por uma fonte ATX de 180W, o Arduino UNO carrega toda a parte da programação do braço. Para que os motores sejam controlados, é necessário ligá-los em portas chamadas “*PWM*”, da sigla em inglês modulação por largura de pulso, sendo essas responsáveis por modular o sinal de saída digital de zero até cem por cento. Como o Arduino não possui a quantidade necessária de portas para conectar todos os motores é preciso utilizar uma extensão *shield* que possibilita o uso de até dezesseis servos simultaneamente.

Ao microcontrolador foram conectados: a *shield*, a manete, os servomotores e a saída de 5V e 12V da fonte de alimentação. Conforme pode ser visto na Figura 3, através da manete, o usuário envia ao Arduino os movimentos desejados e este os repassa a *shield* por protocolo I2C. Nesta modalidade de transferência de informações há um dispositivo mestre e um ou mais dispositivos escravos, o primeiro envia as ordens aos demais e eles executam. No projeto, o microcontrolador exerce o papel de mestre, o qual recebe os comandos do controle, e a *shield* comporta-se como escravo, coordenando os movimentos de cada motor. Para que o repasse de dados seja feito de maneira correta, há duas vias de comunicação: a *Serial Data (SDA)*, responsável pela troca de informações que são passadas em via de mão dupla entre os dispositivos, e a *Serial Clock (SCL)* que sincroniza a velocidade do processo. Para executar a sequência de movimentos desejada, a *shield* envia aos motores o pulso de *PWM*

correspondente e, desta forma, o braço move-se de maneira ordenada, uma junta de cada vez, para posição escolhida, seja para pegar ou largar um objeto.

Figura 3: Diagrama simplificado de funcionamento do braço.



Durante o processo de execução do projeto observou-se diversas partes que poderiam ser melhoradas ou que não atendiam as necessidades e objetivos. A princípio, o sistema de controle do manipulador original era feito por um *software* de computador. Após testes, concluiu-se que a manete atendia melhor às necessidades por ser mais didática e interativa. Sua programação, apesar de possuir funcionamento simples, não foi um processo fácil visto que foram encontrados vários problemas oriundos da incompatibilidade do dispositivo com o Arduino, mas que foram superados com êxito.

Outra alteração feita pela equipe foi no microcontrolador utilizado. Originalmente era usado um *Mini Maestro Servo Controller* da fabricante Pololu, porém devido ao alto preço e a indisponibilidade desta versão do componente optou-se por trocar para a Shield expansora de *PWM* da *Adafruit* acoplada a um Arduino UNO, pois com essa poderia ser feito a programação de controle conforme as necessidades e desta forma aprender com o processo. Ademais, como a garra não possuía muita aderência às peças que ocasionalmente deslizavam foi adicionado à sua extremidade um pequeno pedaço de E.V.A. (Espuma vinílica acetinada) para segurar melhor os objetos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através deste trabalho, é notório o desenvolvimento técnico e interpessoal da equipe dada a organização e divisão de tarefas bem estruturadas. Diante dos resultados obtidos é possível observar a eficácia dos métodos utilizados pois o principal objetivo foi atingido: a construção de um braço robótico didático, interativo e funcional.

No decorrer das atividades foi observado uma diferença de atuação dos servomotores, visto que não trabalhavam de maneira equivalente. Desta forma, com o uso de um transferidor foram aferidos os ângulos relativos aos pulsos de *PWM* enviados pelo microcontrolador, de modo que fosse possível compreender o funcionamento de cada um individualmente. Com este estudo concluiu-se quais possuíam comportamentos regulares, e assim conseguiam melhores resultados quanto ao trabalho conjunto de atuadores em paralelo e a precisão do braço ao enviá-lo a posição desejada. Além disso é possível evitar que estes sejam forçados além da sua capacidade de funcionamento, o que os danifica. Vale ressaltar também, que tal estudo contribuiu para a capacitação dos membros do grupo na área da pesquisa e solução de problemas.

No desenvolvimento do sistema de controle do manipulador foi observado uma incompatibilidade do Arduino com a manete de *Playstation 2* com fio, pois ambos não conseguiam comunicar-se corretamente. Após a realização de estudo e pesquisa foi observado a necessidade de um

resistor *pull-up*, o qual mantém a tensão do pino conectado em nível lógico alto para que não haja flutuação de dados. Após sua introdução no circuito, o problema de comunicação entre ambos elementos foi resolvido. Entretanto, uma manete sem fio traria maior mobilidade ao braço e facilitaria sua exposição em mostras, feiras e escolas. Ao trocar para um controle sem fio foi observado que o resistor *pull-up* não era mais necessário, pois o receptor da manete já possui uma resistência interna para desempenhar esta mesma função.

É válido ressaltar que todo trabalho ou produto está sujeito a mudanças e melhorias. Como o grupo conseguiu superar com êxito todos os problemas encontrados durante o desenvolvimento, observou-se a oportunidade de tornar o seu aprimoramento uma atividade para os anos subsequentes, o que torna o braço robótico um projeto piloto para a realização de novas ideias.

CONCLUSÃO

Na realidade atual, a tecnologia mostra-se presente em diversas áreas, os maiores desafios são inventar e inovar, e o desenvolvimento da robótica reflete diretamente nesses aspectos. Através do projeto realizado, aliado ao uso da metodologia PjBL, a equipe do PET Elétrica da UFJF pôde apropriar-se de conhecimentos técnicos em manipuladores robóticos e desenvolver habilidades e competências importantes para a formação de um profissional, tais como: trabalho em equipe, liderança, responsabilidade com o cumprimento de prazos e organização de tarefas.

Em conjunto com projetos de extensão do grupo PET foram realizadas diversas apresentações do braço robótico para a comunidade local, em escolas, feiras de profissão, amostras culturais e também recebendo alunos no campus da universidade, nas quais o público tem a oportunidade de controlar e interagir com o braço através da manete. Tais atividades estimulam a disseminação do conhecimento da robótica, despertam o interesse das pessoas nas áreas de ciência e tecnologia além de motivar estudantes de ensino fundamental e médio a ingressarem no ensino superior, principalmente nas engenharias e demais ciências exatas.

Visando ampliar a interatividade do braço, o próximo objetivo deste trabalho é, em parceria com o GET Engenharia Computacional da UFJF (GET Eng Comp), fazer que o braço seja capaz de jogar xadrez de maneira autônoma. Os discentes do GET Eng Comp serão os responsáveis por desenvolver toda parte da Inteligência Artificial e os alunos do PET Elétrica pela cinemática inversa, a qual possibilitará a movimentação do braço.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC. À equipe envolvida no desenvolvimento do trabalho. À Faculdade de Engenharia da UFJF. Em especial aos professores Daniel de Almeida Fernandes e Exuperry Barros Costa.

REFERÊNCIAS

- BEDESCHI, A. C. et al. Integração entre arte e tecnologia para o desenvolvimento de ambientes interativos. IN: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), 2017, Belém.
- EU, Robô. Direção: Alexander Proyas. Produção: John Davis, Topher Dow, Wyck Godfrey e Laurence Mark. [S. l.]: Overbrook Entertainment e Davis Entertainment, 2004. DVD.
- KOBALCZYK, Szymon. Robotic Arm. Hardware, Geeks with Blogs, 2012. Disponível em: <http://geekswithblogs.net/kobush/archive/2012/04/09/149258.aspx>. Acesso em: 22 de março de 2020.
- MORFOLOGÍA de un robot. In: La Robótica Educativa. [S. l.], 13 jun. 2015. Disponível em: <http://lrobotc.blogspot.com/2015/06/morfologia-de-un-robot.html>. Acesso em: 22 mar. 2020.
- SPONG, Mark W.; HUTCHINSON, Seth; VIDYASAGAR, Mathukumalli. **Robot Modeling and Control**. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- STAR Wars Episode IV - A New Hope. Direção: George Lucas. Produção: Gary Kurtz. [S. l.]: Lucasfilm, 1997. DVD.
- WALL-E. Direção: Andrew Stanton. Produção: Jim Morris. [S. l.]: Pixar e Walt Disney Pictures, 2004. DVD.