



## RELATO DE EXPERIÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE MANIPULADOR ROBÓTICO COM 4 GRAUS DE LIBERDADE PARA USO DIDÁTICO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5313

**Autores:** MATEUS NAVARRO RIBEIRO DE LIMA, JOSÉ MAURÍCIO R DE SOUZA NETO, ADEMAR VIRGOLINO DA SILVA NETTO, GABRIEL OLIVEIRA BRAGA, PATRÍCIO VALENTIN CASQUERO CAMARA, JOÃO CARLOS GOMES PINHEIRO CAVALCANTE

**Resumo:** A Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, físicas e biológicas, demanda soluções inovadoras para atender às necessidades da sociedade. Manipuladores robóticos desempenham um papel crucial nesse contexto, aumentando a eficiência e a produtividade em diversas indústrias. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um manipulador robótico por um grupo de pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, com o objetivo de explorar suas aplicações educacionais e industriais. Por meio de uma combinação de revisão de literatura, seleção de componentes e impressão 3D, o grupo construiu um manipulador adequado para fins de ensino e demonstração. O projeto ressalta a importância da educação prática e da pesquisa colaborativa no enfrentamento dos desafios tecnológicos emergentes, abrindo caminho para futuras inovações na robótica.

**Palavras-chave:** Quarta Revolução Industrial, manipuladores robóticos, eficiência, grupo de pesquisa, aplicações educacionais, impressão 3D, educação prática, robótica.

# RELATO DE EXPERIÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE MANIPULADOR ROBÓTICO COM 4 GRAUS DE LIBERDADE PARA USO DIDÁTICO

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a humanidade passou por profundas transformações tecnológicas que moldaram o caráter da sociedade, essas mudanças atreladas às revoluções industriais (LEMOS, 2017) vêm aumentando a demanda tecnológica e tornando o campo de trabalho, que antes era unicamente manual, em processos automatizados. Na atual Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, é caracterizada a fusão de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Essa nova fase é marcada pela integração de sistemas ciber-físicos, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e *big data*, criando fábricas inteligentes e conectadas que estão mudando a paisagem industrial e social de maneiras sem precedentes (LEMOS, 2017).

As altas demandas que a sociedade exige da indústria 4.0 fazem com que engenheiros idealizem equipamentos e formas de tornar o trabalho mais eficaz e rápido. Tais necessidades, como o aumento da velocidade de produção do número de carros devido ao crescimento de 10,7% no número de venda de carros no primeiro trimestre de 2024 (INFO MONEY, 2024), necessitam de novos métodos para saciar as exigências sociais. Um dos métodos desenvolvidos pela Ford - uma das maiores empresas do ramo automobilístico - foi a utilização do *Cobot KUKA LBR iiwa* para a aplicação de vedantes nas carrocerias (KUKA, 2019). Essa utilização do braço robótico em uma etapa lenta e repetitiva, possibilitando a atuação dos empregados em outros processos da construção do veículo, tornando a produção cooperativa entre homem e máquina e aumentando a produção.

Há exigências de manipuladores robóticos (também denominado braços robóticos) mais delicadas, como a utilização do CIRQ, da empresa alemã especialista em cirurgia assistida por computador Brainlab, que foi utilizado na introdução de parafusos na coluna e a biópsia cerebral do paciente (G1, 2022). Esse começo da utilização dos braços robóticos em procedimentos cirúrgicos demonstrando o ganho gradativo de confiança na sua aplicação em áreas com risco de vida. A capacidade de atuar em diversas áreas, seja da saúde ou em indústrias, torna o estudo em manipulador robótico promissor para novas oportunidades de mercado.

Com a motivação dada pela futura frente promissora de mercado de manipuladores robóticos para o engenheiro eletricista em conjunto com a busca de conhecimentos dos discentes durante a formação, foi desenvolvido um projeto em torno da confecção, seleção e implementação de um manipulador robótico, que objetiva a utilização em práticas de ensino, demonstração em feiras como atrativo para novos alunos de engenharia elétrica na UFPB, além de abrir oportunidades para diversas áreas de pesquisa com uma grande abrangência de temas.

Associado à uma pesquisa do grupo vinculado ao Programa de Educação Tutorial da Universidade Federal da Paraíba (PET Elétrica - UFPB), partindo de conceitos básicos e da análise de modelos existentes para o estudo de possíveis formas de automação e controle utilizadas nas indústrias atuais e também na utilização do modelo do manipulador

robótico, quando estiver concluído, para a implementação de técnicas mais sofisticadas, como a utilização de inteligência artificial para o reconhecimento de formas e objetos, tornando sua estrutura mais complexa e seu estudo mais aprofundado. Esse artigo disserta acerca da experiência adquirida durante os processos de construção do manipulador robótico pelo grupo de pesquisa do PET Elétrica, bem como o desenvolvimento da utilização de técnicas de controle e automação, uso de impressão 3D, aplicações de automação com a inserção de diferentes tipos de atuadores e uso de sensores, como também relaciona a importância de atividades pedagógicas para essa tecnologia emergente.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO MANIPULADOR

A solução proposta para a pesquisa desenvolvida parte de uma estrutura que envolve inicialmente o estudo da dinâmica de funcionamento dos sistemas autônomos baseados em manipuladores robóticos, nesta fase, a escolha de um modelo que atenda as necessidades didáticas e que minimizem as demandas de materiais e complexidade de implementação, são uma restrição importante para alcançar os objetivos do projeto. Após tal fase, a montagem dessa estrutura deve ser realizada de modo que a segurança e a reprodutibilidade sejam alcançadas de maneira simples e prática. Por fim, o controle de tal estrutura deve permitir que os alunos e comunidade acadêmica tenham uma visão direta dos conceitos de transformação de espaço de coordenadas e controle de sistemas autônomos.

### 2.1 Estudo

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica voltada a área de manipuladores robóticos no intuito de compreender acerca de suas utilizações, esse levantamento foi feito com banco de dados do *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE Explorer)* visto que é voltado à temática da tecnologia. Com base nisso, os critérios para a escolha dos artigos foram voltados acerca da confecção de manipuladores, principalmente com 4 graus de liberdade. Como também, implementações de ferramentas para resolução de problemas em manipuladores já existentes, como visão computacional, inteligência artificial, integração de software de controle e desenvolvimento de uma flange adaptável. Por conseguinte, foram analisadas áreas comuns dos manipuladores e quais seriam as possíveis integrações, um dos trabalhos disserta sobre a criação de um manipulador com 2 graus de liberdade para o contexto da educação, no qual o manipulador possui o objetivo de ensinar aos estudantes dos cursos de engenharia acerca desse ambiente industrial (P. D. WIDAYAKA, 2023). Outro relato aborda a confecção de um sistema de soldagem que envolve um manipulador robótico com visão computacional, no qual toda aplicação foi feita em uma simulação personalizada no intuito de aproximar de uma experiência real (HALDANKAR, 2022) e um outro trabalho de desenvolvimento de um manipulador robótico que realiza a rotina de “pegar e colocar” para o gerenciamento de produtos em um armazém (SOBHAN, 2021). Com base nisso, é visto que os manipuladores robóticos possuem diversos contextos e diversas formas de serem confeccionados. A partir disso, foi feito um estudo de projetos abertos e de baixo

custo de braços robóticos e foi analisado qual modelo seria o ideal para os integrantes do grupo de pesquisa implementar, baseado nas peças disponíveis pelo grupo, o modelo escolhido do manipulador foi feito por um projeto aberto disponibilizado na plataforma *GitHub* nomeado como *3D Printable Robotic Arm - ARManda* (HACKADAY.IO, 2024), no qual disponibilizou os arquivos para a impressão 3D, além da lista de materiais necessários para a confecção do manipulador robótico. Dessa forma, o objetivo de utilizar um modelo já feito é garantir que os integrantes da pesquisa tenham uma compreensão acerca do funcionamento das peças mecânicas do braço robótico para que em futuros planos, o manipulador robótico possa ser utilizado como objeto de pesquisa para a área de robótica.

## 2.2 Montagem

O processo de montagem dessa estrutura foi dividido em duas partes, visando evitar desperdícios, fazer adaptações necessárias das peças e parametrizar as impressões 3D, uma virtual e outra física. Na etapa virtual, o modelo, disponibilizado na página do projeto, foi montado por meio do uso do programa de fabricação auxiliada por computador no qual a Universidade Federal da Paraíba possui a licença para os estudantes, o Fusion 360, da Autodesk. Esta etapa é importante para permitir uma visualização completa da estrutura, bem como sua dinâmica de funcionamento, antes de sua confecção e consequente uso de matéria prima para produção. A segunda etapa é composta da montagem física do manipulador, por meio de impressão 3D. Durante a construção do braço robótico, foi adotada a estratégia de imprimir cada parte separadamente antes de anexá-las ao braço, visando evitar desperdícios e fazer adaptações necessárias antes da impressão. Essa verificação é importante considerando que o modo de impressão influencia diretamente na resistência mecânica da parte impressa.

No desenvolvimento da montagem, foi primeiramente conduzida uma análise minuciosa de todos os componentes eletrônicos a serem utilizados, com o uso de aparelhos gerais como fonte de alimentação, parafusos, *protoboards* e Arduinos, além de materiais didáticos presentes na sala do PET. Todas as peças eletrônicas, com exceção dos quatro motores (NEMA 11 e 17), estavam à disposição do grupo PET, restando apenas a análise da estrutura do manipulador, foi elaborado uma tabela para resumir as peças e seus custos, foi estimado inicialmente que essa pesquisa iria ter um gasto de R\$ 500,00 com as peças, o que acabou não sendo atingido visto que boa parte das peças não foram compradas devido a doações, que pode ser visualizado pelo Quadro 1.

Quadro 1 - Valores gastos para confecção do manipulador robótico.

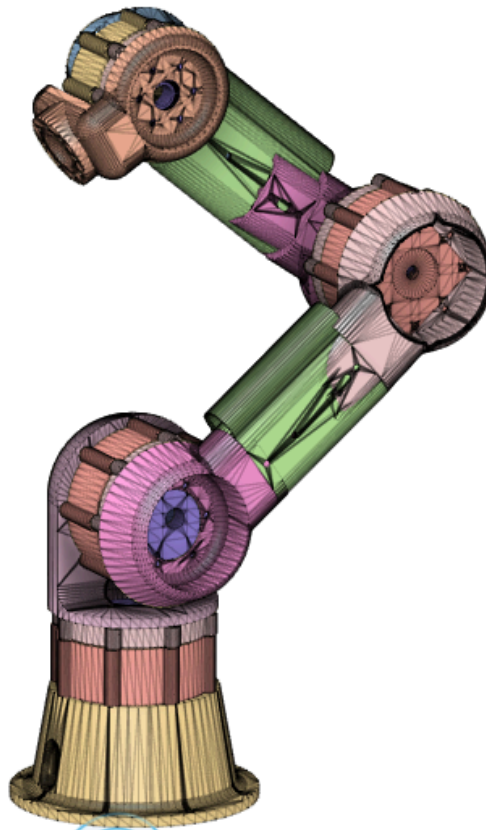
Descrição	Unidades	Valor Unitário (R\$)	Valor Gasto pelo PET (R\$)
NEMA 17	3	49,9	0
NEMA 11	1	129,06	0
Driver Motor de Passo DRV8825	4	10,58	41,92
Filamento 3D	1	98,01	98,01
Jumpers Macho x Macho	1	15,67	15,67
Fonte de alimentação 12 V 10 A 120 W	1	44,9	0
Arduino UNO	1	9,82	9,82
Rolamento 40 mm x 52 mm x 7 mm	1	13,1	0
Rolamento 5 mm x 16 mm x 5 mm	12	7,29	0
Rolamento 50 mm x 65 mm x 7 mm	3	11,5	0

Valor Total	624,56	165,42
-------------	--------	--------

Fonte: Autoria própria.

Na etapa seguinte, todas as partes do manipulador foram baixadas e visualizadas com o aplicativo. Posteriormente, estas, foram montadas e organizadas para obtenção de uma visão do manipulador em 3D visto pela Figura 1. Concluída a etapa da análise 3D, o processo foi dividido em partes, inicialmente começando com a impressão e montagem da base e seguindo por elos do braço.

Figura 1 – Modelo montado no Fusion.



Fonte: Autoria Própria

Para nos guiarmos no processo de estudo e impressão do manipulador, as etapas da montagem foram divididas em três grupos: caixa de redução, acoplamentos dos motores, conectores e a flange, extremidade adaptável do manipulador.

No primeiro grupo, a caixa de redução é um dispositivo mecânico utilizado para reduzir a velocidade de rotação de um motor (NEMA 17) e, ao mesmo tempo, aumentar o torque transmitido para a saída. Cada caixa de redução conta com oito engrenagens agrupadas em um sistema planetário dentro da carcaça para a geração de torque, com cada engrenagem sendo acoplada a um rolamento 625 zz (5x16x5).

A segunda parte, os conectores, é dividida em estruturas de ligação que conectam as caixas de redução e são movimentadas pelos motores. Inclui também as extensões

localizadas entre as caixas de redução, formando o vínculo entre os conectores, e, por fim, a flange, que é a última extremidade do braço robótico com diversas funcionalidades. A flange possui uma caixa de redução menor com o uso de um NEMA 11, visando um menor peso e maior agilidade na ponta.

Diante do estudo da caixa de redução, o giro do motor é realizado por um sistema com bolinhas de ferro de *Airsoft*. No entanto, para obter maior desempenho, optou-se pelo uso do rolamento 6808 zz (40x52x7) para a flange e três rolamentos 6810 zz (50x65x7) para as demais caixas de redução. Essa mudança foi implementada visando um giro mais suave e menor desgaste das peças.

Figura 2 – Foto do manipulador confeccionado com a base e uma caixa de redução aberta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Manipulador robótico com dois elos montados.



Fonte: Autoria própria.

## 2.3 Patrocínio

Após a diagramação do braço e a elaboração da lista de peças a serem utilizadas para sua construção, constatou-se que a maior parte dos custos estavam relacionados aos rolamentos, devido ao seu custo elevado. Diante disso, o grupo PET procurou lojas especializadas em rolamentos para negociar a aquisição dessas peças.

Devido ao histórico de negociações bem-sucedidas com outros grupos universitários, muitas lojas se mostraram receptivas à ideia de patrocinar os rolamentos em troca de publicidade no braço robótico e divulgação em eventos organizados pelo PET Elétrica. Como resultado dessa iniciativa, foram obtidos todos os rolamentos necessários para a montagem do braço robótico. Foram adquiridos doze rolamentos 625 zz (5x16x5), três rolamentos 6810 zz (50x65x7) e um rolamento 6808 zz (40x52x7), os três rolamentos 6810 zz podem ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Rolamentos 625 zz.



Fonte: Autoria própria.

## 2.4 Doações

Em relação aos motores utilizados, foram empregados três motores NEMA 17 para as caixas de redução e um motor NEMA 11 para a flange. Os motores foram obtidos por meio de doação de um projeto de extensão especializado no descarte de lixo eletrônico, o TREE que disponibilizou vários motores de tamanhos diversos para o grupo PET. Como resultado dessa doação, todos os motores foram testados e catalogados para utilização em diferentes projetos do PET. Portanto, todos os motores necessários para o braço robótico foram encontrados entre os motores reutilizados.

## 2.5 Impressões 3D

Com o projeto já montado e os arquivos de todas as peças disponíveis, foram iniciadas as impressões. Utilizando 2 kg de filamento PLA nas cores preto e branco, foi possível produzir as peças necessárias. Esta produção foi viabilizada pela parceria com o Laboratório de Fabricação Digital (FABLAB), que permitiu a impressão das peças a baixo custo. O uso do filamento PLA, conhecido por sua durabilidade e facilidade de uso em impressoras 3D, garantiu a qualidade das peças.

Seguindo a metodologia já descrita anteriormente, foi dado início às impressões por partes, começando pelas caixas de redução. Durante todo o processo, foram conferidos os encaixes das peças e utilizadas espátulas e lixas para o polimento das peças. Foram realizados um total de 8 pedidos de impressão distribuídos ao longo de 2 meses, sempre testando modelos individuais antes da impressão em série.

Todas as peças foram enviadas no formato STL. Para as engrenagens, foi decidido imprimir na resolução mais alta possível, com o mínimo de folga, em torno 0,1 mm e um preenchimento superior a 50%, garantindo a precisão e a durabilidade necessárias. Isso também incluiu a impressão da coroa grande e da carcaça. No entanto, devido ao baixo torque inicial do NEMA 11, as engrenagens planetárias foram impressas com 98% de preenchimento, a fim de superar as perdas nominais por atrito, embora isso resultasse em um pouco mais de folga. Todas as peças atenderam aos requisitos do projeto em termos de preenchimento e resistência.

Com todas as peças prontas, iniciou-se a fase de montagem. Esta etapa envolveu o encaixe dos rolamentos nas peças impressas em 3D, a ligação do motor ao modelo 3D, e a construção da parte elétrica. Além disso, a estrutura foi finalizada através de encaixes e parafusos, garantindo a estabilidade e a funcionalidade do manipulador robótico.

## 2.6 Controle

Com a aquisição de todas as peças principais e o início da montagem da estrutura mecânica do manipulador robótico, seguiu-se de forma natural a realização de um estudo centrado no controle do manipulador. Para tal, foram utilizados módulos DRV8825, que já estavam disponíveis no projeto PET, para o controle dos motores de passo NEMA 11 e NEMA 17 utilizados na movimentação do braço mecânico.

A necessidade do módulo DRV8825 surgiu imediatamente como uma forma de controlar os motores a partir de um código em Arduino. O princípio de funcionamento do módulo se baseia na conexão das bobinas do motor elétrico aos terminais "A1", "A2", e "B1", "B2", para cada bobina, respectivamente. Em seguida, utilizando seus terminais "STEP" e "DIR", é possível controlar com precisão a quantidade de passos de cada motor



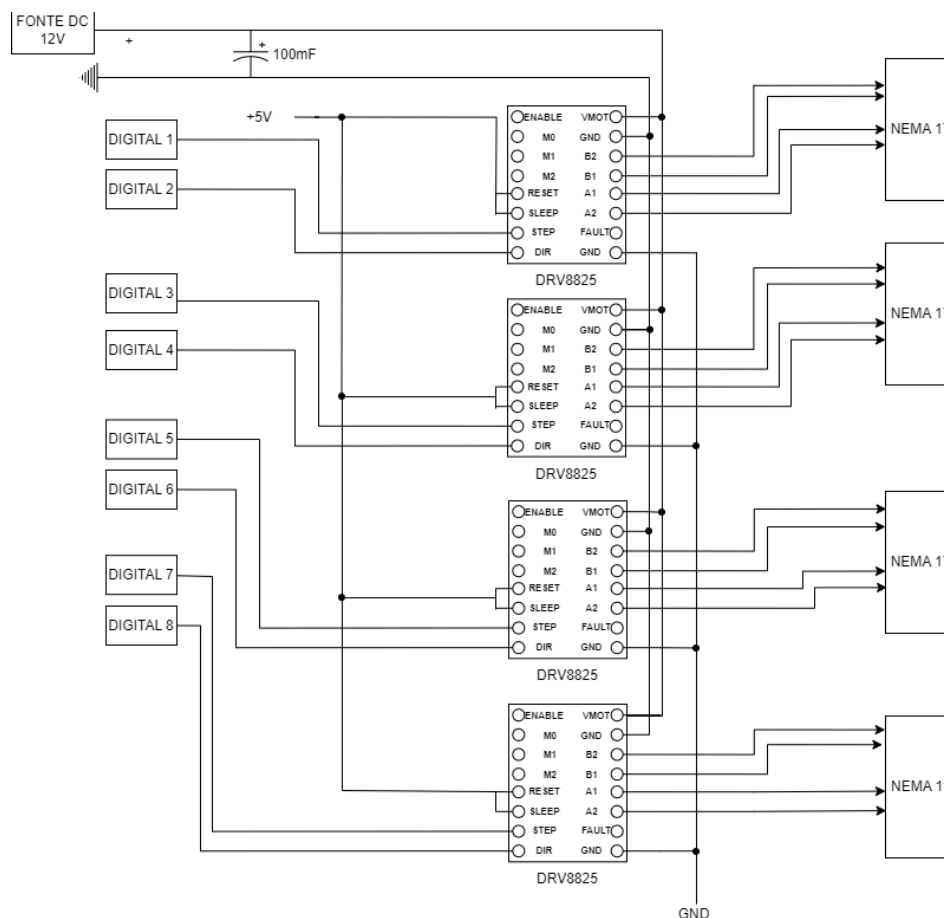
e realizar mudanças de direção quando necessário.

Dessa forma, com a utilização do módulo, foram conduzidos diversos testes, primeiramente em um motor totalmente funcional com parâmetros como o torque e o passo do motor já conhecidos, das ligações feitas no módulo, da segurança da fonte de alimentação, da corrente esperada e de modificações no próprio código.

Utilizando, à princípio, um simples código para gerar um sinal de Modulação por Largura de Pulso (*PWM*), foram realizados testes nos outros motores arrecadados, verificando a integridade, a velocidade e o torque de todos, bem como o comportamento com a variação do sinal *PWM* enviado para controle, além da resistência das caixas de redução acopladas nos motores.

Assim, após a fase de testes do módulo e dos motores e com a montagem finalizada, será realizada uma integração entre a estrutura do manipulador com a estrutura de controle e, com a utilização inicial de um código em Arduino, serão desenvolvidas rotinas para o manipulador robótico com movimentos e torques precisos dos motores. Por fim, foi elaborado um esquemático elétrico voltado para todo o controle do manipulador conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Diagrama e esquemático da parte de controle do manipulador.



Fonte: Autoria própria.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste projeto, realizado pelo grupo vinculado ao Programa de Educação Tutorial da Universidade Federal da Paraíba, o PET Elétrica - UFPB, o objetivo principal foi compreender e implementar a construção de um braço robótico, além de explorar suas potenciais aplicações no contexto industrial e tecnológico. Durante o processo de construção, foi possível compreender sobre as diferentes áreas envolvidas na confecção de um braço robótico, como se dá suas formas de controle e evidenciar a importância e implementação dos manipuladores no contexto do mercado.

No que se refere à montagem, foi desenvolvido um circuito inicial para o controle dos motores de passo, além de serem montados dois elos do manipulador. A partir disso, seguindo o cronograma da pesquisa e com o braço robótico finalizado, serão realizados possíveis trabalhos futuros para garantir aplicações, como a implementação de manipulação mecânica, simulações em um ambiente virtual a fim de definir um espaço de trabalho, um estudo acerca da dinâmica e desenvolvimento de uma cinemática direta e inversa, possibilitando estudos em diversas outras áreas, como automação industrial, por exemplo.

Da mesma forma, a partir de uma análise no contexto atual, como operação de rotinas em indústrias, manuseio de lixo eletrônico, isolamento do ser humano em operações de risco e transporte de cargas, vem à tona a possível necessidade de implementação de uma inteligência artificial voltada para o reconhecimento de imagem no manipulador existente nesses contextos. A partir de um reconhecimento visual do ambiente, o braço robótico pode se deslocar de forma automatizada, na solução do problema em questão.

Além disso, foi estudado sobre as revoluções industriais e como a atual, a Indústria 4.0, está moldando o cenário industrial e social. Compreendeu-se a importância dos manipuladores robóticos nesse contexto, explorando exemplos práticos de sua aplicação na indústria e no mercado de trabalho. No contexto da pesquisa realizada pelo grupo PET Elétrica da UFPB, foi possível entender sobre o processo de montagem e controle de um manipulador robótico, desde a revisão bibliográfica inicial até a montagem física e programação dos motores. Essa experiência proporcionou ganhos de conhecimento sobre a integração de conhecimentos teóricos e práticos para enfrentar desafios tecnológicos emergentes.

Em suma, a construção e controle de manipuladores robóticos envolvem uma ampla gama de habilidades e conhecimentos, desde a seleção de componentes até a implementação de algoritmos de controle e automação, destacando a interdisciplinaridade e o potencial de inovação desse campo. O projeto não só alcançou seus objetivos iniciais, mas também abriu caminho para futuros estudos e inovações, reforçando a importância da educação prática e da pesquisa colaborativa no desenvolvimento de tecnologias emergentes.

### 4 AGRADECIMENTOS

O PET Elétrica têm sido uma fonte de inspiração e desenvolvimento para os estudantes que o compõem, proporcionando-os oportunidades ímpares de crescimento acadêmico e profissional. Além disso, o programa tem contribuído significativamente para o desenvolvimento de competências essenciais, como liderança, trabalho em equipe, gestão de projetos e responsabilidade social. Essas habilidades são de extrema

importância para a formação de engenheiros comprometidos com o progresso tecnológico e sustentável do nosso país.

Gostaríamos também de expressar a nossa sincera gratidão pelo apoio e investimento prestados ao grupo pelo FNDE, que tem sido fundamental para o avanço da educação na Engenharia Elétrica no Brasil e, em especial, na Universidade Federal da Paraíba. Graças a esta iniciativa, os alunos têm acesso a uma formação de excelência, alinhando a teoria e prática de maneira exemplar e promovendo a integração entre ensino, pesquisa e extensão, fomentando um ambiente acadêmico inovador.

Em nome de todos os membros do grupo, expressamos nossa mais profunda gratidão às empresas que contribuíram com peças e impressões, acreditando e investindo no potencial transformador da educação. Agradecemos ao Projeto Tree - UFPB, por disponibilizar os motores necessários; ao Laboratório de Fabricação Digital (FABLAB), por oferecer impressões a baixo custo; e às lojas HCR e GF Componentes, por doarem os rolamentos usados na montagem do manipulador robótico. A continuidade deste programa é essencial para que possamos seguir formando profissionais capacitados e comprometidos com o desenvolvimento do Brasil.

## 5 REFERÊNCIAS

INFO MONEY. **Venda de carros avança 10% no 1º trimestre.** Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/colunistas/o-mundo-sobre-muitas-rodas/venda-de-carros-avanca-10-no-1o-trimestre/>. Acesso em: 16 maio 2024.

KUKA. **Construção de carrocerias Ford com LBR iiwa.** Disponível em: [https://www.kuka.com/pt-br/ramos-de-atividade/banco-de-dados-de-soluções/2019/05/construção-de-carrocerias-ford-lbriiwa\\_sys](https://www.kuka.com/pt-br/ramos-de-atividade/banco-de-dados-de-soluções/2019/05/construção-de-carrocerias-ford-lbriiwa_sys). Acesso em: 16 maio 2024.

G1. **Hospital realiza cirurgia cerebral com auxílio de robô no RS.** Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2022/10/19/hospital-rs-cirurgia-cerebral-robo-video.ghtml>. Acesso em: 16 maio 2024.

CNN. **Mira robot performs first surgery in space.** Disponível em: <https://edition.cnn.com/2024/02/13/world/mira-robot-first-surgery-in-space-scn/index.html>. Acesso em: 16 maio 2024.

LEMOS, Ailton. **Revolução 4.0: sua profissão vai desaparecer?**. 1. ed, São Paulo: Scortecci, 2017.

FABLAB UFPB. **Universidade Federal da Paraíba Laboratório de Fabricação Digital Centro de Energias Alternativas e Renováveis.** Disponível em: <https://www.ufpb.br/fablab/>. Acesso em: 02 jun. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. **Tree - Tratamento de Resíduos Eletroeletrônicos.** Disponível em: <https://www.cear.ufpb.br/tree>. Acesso em: 02 jun. 2024.

WIDAYAKA, P. D.; PUSPITANINGAYU, P.; ALAMSYAH, S. A.; MUKTIADJI, R. F.; WIDODO, A.; ABDILLAH, R. Design and Implementation of 2-DOF Arm Manipulator Robot as Robotic Kinematic Learning Platform. **INTERNATIONAL CONFERENCE ON**

**VOCATIONAL EDUCATION AND ELECTRICAL ENGINEERING**, Surabaya, p. 197-201, 2023.

HALDANKAR, T.; KEDIA, S.; PANCHMATIA, R.; PARMAR, D.; SAWANT, D. Design of Robotic Manipulator for Welding using ROS and Gazebo. **IEEE DELHI SECTION CONFERENCE (DELCON)**, New Delhi. p. 1-6, 2022.

SOBHAN, N.; SHAIKAT, A. S. Implementation of Pick & Place Robotic Arm for Warehouse Products Management. **IEEE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART INSTRUMENTATION, MEASUREMENT AND APPLICATIONS (ICSIMA)**, p. 156-161, 2021.

HACKADAY.IO: **3D Printable Robotic Arm (Armanda)**. Disponível em: <https://hackaday.io/project/173330-3d-printable-robotic-arm-armanda>. Acesso em: 2 jun. 2024.

## **EXPERIENCE REPORT ON THE DEVELOPMENT OF A 4-DEGREE-OF-FREEDOM ROBOTIC MANIPULATOR FOR DIDACTIC USE**

**Abstract:** *The Fourth Industrial Revolution, characterized by the integration of digital, physical, and biological technologies, demands innovative solutions to meet societal needs. Robotic manipulators play a crucial role in this context, enhancing efficiency and productivity across various industries. This article presents the development of a robotic manipulator by a research group at the Federal University of Paraíba, aiming to explore its educational and industrial applications. Through a combination of literature review, component selection, and 3D printing, the group constructed a manipulator suitable for teaching and demonstration purposes. The project underscores the importance of practical education and collaborative research in addressing emerging technological challenges, paving the way for future innovations in robotics.*

**Keywords:** *Fourth Industrial Revolution, robotic manipulators, efficiency, research group, educational applications, 3D printing, practical education, robotics.*

