



## INTEGRANDO ROBÓTICA AO XADREZ: DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5035

**Autores:** DANILO PEREIRA PINTO, THIAGO TOSTES MUNCK, BERNARDO CAPOBIANGO DE ANDRADE, LUCAS LANES BATISTA VAN DER VOORT, ACYR JOSÉ DOS SANTOS SILVA, LAÍS DOS SANTOS SERVO

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo descrever as etapas para a conclusão do projeto "Braço Robótico" do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Os discentes do grupo, motivados pela obtenção de conteúdo teórico no campo da engenharia elétrica, especialmente nas áreas de eletrônica e robótica, deram início à construção de um manipulador capaz de jogar xadrez de forma autônoma e com um baixo custo de produção. Assim, foi possível obter uma carga de conhecimentos teóricos poucos desenvolvidos na graduação, bem como, uma série de habilidades interpessoais, como liderança, criatividade, comunicação, advindas das pesquisas, discussões e soluções de eventuais problemas.

**Palavras-chave:** Braço robótico, Programa de educação tutorial, PjBL, manipulador robótico

# INTEGRANDO ROBÓTICA AO XADREZ: DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da existência humana, as pessoas têm se empenhado na busca por formas de entretenimento e lazer, destacando-se entre elas o jogo de xadrez, uma prática ancestral que tem resistido ao teste do tempo praticamente inalterada desde sua concepção inicial. Embora possa parecer uma tarefa árdua inovar e modernizar tal tradição, esse desafio foi uma grande razão de se iniciar o projeto "Braço Robótico".

Além disso, outro motivador significativo do projeto foi a revolução tecnológica dos últimos anos, que tem redefinido as qualificações necessárias na formação profissional e as demandas do mercado de trabalho. O domínio do conhecimento técnico tornou-se ainda mais premente, enquanto as habilidades transversais têm sido cada vez mais valorizadas, fazendo a diferença entre os profissionais. Consequentemente, os métodos contemporâneos de aprendizado devem adaptar-se a essas mudanças, incorporando práticas eficazes e uma base teórica robusta.

Neste contexto, ressalta-se a estratégia pedagógica selecionada para o desenvolvimento do projeto: a metodologia PjBL (Project Based Learning) (SRIDHARA, 2005), amplamente praticada pelo Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Os participantes, desafiados a conceber ideias inovadoras, planejar estratégias e discutir soluções para potenciais obstáculos, beneficiam-se de uma oportunidade ímpar para aprimorar suas habilidades como liderança, pensamento crítico, organização e comunicação, bem como adquirir experiência prática. A partir disso, destaca-se o caráter educacional intrínseco a esse projeto, pois seu desenvolvimento colabora para a aprendizagem prática de diversos conceitos vistos apenas em sala de aula e proporciona um ambiente propício para o trabalho em grupo e resolução de problemas.

Em 2020, o grupo produziu um artigo técnico detalhando uma versão anterior do projeto, na qual o braço robótico apresentava características mais humanizadas e era controlado por meio de uma manete de videogame (VOORT et al., 2021). No entanto, as atividades delineadas neste artigo visam apresentar as melhorias implementadas desde então e os esforços para manter um custo-benefício, assim como uma abordagem contemporânea ao tradicional jogo de xadrez. Simultaneamente, busca-se promover o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos nas áreas de robótica e eletrônica. Paralelamente, intensifica-se o dinamismo colaborativo e a capacidade de resolver problemas. Esses fatores capacitam os petianos para enfrentar os exigentes desafios do mercado de trabalho, equipando-os com as competências fundamentais para o sucesso e os aproxima dos conceitos que serão utilizados na vida profissional, facilitando a graduação

## 2 DESENVOLVIMENTO

A robótica aplicada ao xadrez é um fascinante campo de estudo que cruza os domínios da engenharia mecânica, eletrônica e inteligência artificial. Esta área explora como robôs podem ser projetados, construídos e programados para interagir com o jogo, tanto em termos de manipulação física das peças quanto de estratégias.

Tendo em vista a grande aplicabilidade da automação na indústria e a possibilidade de complementar os conhecimentos sobre conteúdos como: mecânica, controle e programação, o grupo decidiu construir um braço robótico que pudesse ser utilizado em uma aplicação específica, nesse caso, jogar xadrez.

Em ambientes controlados, onde cada ação pode ter grandes implicações para o resultado de uma tarefa, como é o caso dos jogos de tabuleiro, a precisão, a repetibilidade e a estrutura física são as características mais críticas de sistemas robóticos. No contexto do xadrez, essas qualidades assumem um papel central, não apenas na execução das jogadas, mas também na integridade do próprio jogo.

## 2.1 Estrutura física

Primeiramente, buscou-se um modelo de manipulador robótico que tivesse como ponto forte a precisão, estabilidade e um bom alcance, aspectos definidos como cruciais para atingir o objetivo proposto. Nesse contexto, optou-se pelo modelo SCARA, pois foi a opção pesquisada que mais se adequava às características desejadas. Para guiar o desenvolvimento, o projeto “SCARA Robot - How To Build Your Own Arduino Based Robot” (SCARA) serviu como referência, utilizando-se da modelagem das peças e da lista de materiais. No entanto, após os resultados iniciais e análise do grupo, foi possível notar que algumas adaptações seriam necessárias para alinhar o projeto aos objetivos específicos definidos.

Inicialmente, a principal melhoria foi em relação à precisão do robô, uma área em que no modelo seguido não era prioridade. Foi analisado que a distribuição de peso inadequada era um dos principais fatores contribuintes para esse problema. Como solução, foi removido um motor de passo localizado distante do centro de equilíbrio e que possuía um peso considerável. Este motor era responsável exclusivamente por girar o eixo da garra, uma funcionalidade que não impactava significativamente para a conclusão bem-sucedida do projeto.

Além disso, outra área de aprimoramento foi a garra do manipulador. O modelo original proposto pelo projeto referencial era muito robusto, o que prejudicava a manipulação das peças. A largura da garra muitas vezes resultava em colisões com peças adjacentes durante o movimento. Como solução, optou-se por substituir a garra por um eletroímã, o que pode ser visto na “Figura 1”. Para isso, foi desenvolvido um suporte sob medida para acoplar o eletroímã ao braço robótico. Essa alteração não apenas resolveu o problema das colisões, mas também reduziu o peso na extremidade do braço.

Com todas essas considerações feitas, é possível ver o resultado final da estrutura na “Figura 2”:

Figura 1: Garra original em comparação com a garra adaptada com o eletroímã

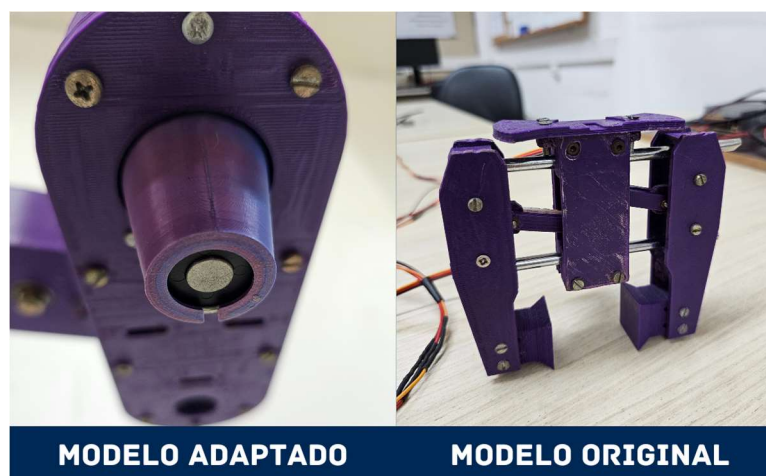
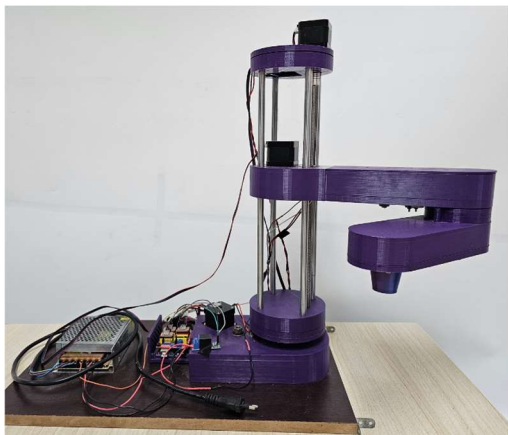


Figura 2: Estrutura final do Braço Robótico e componentes internos



## 2.2 Tabuleiro

Com a estrutura do Braço bem definida, partiu-se para a confecção do tabuleiro. Este deveria atender às limitações de alcance de movimento, bem como, armazenar os sensores e suas conexões. A partir disso, foram feitas as medições para o corte da madeira, resultando em um tabuleiro de formato quadrado, com 27 centímetros de lado.

Utilizou-se uma ferramenta de corte a laser (CNC), para a marcação das casas, suas indicações e cores. Uma adição importante foi a criação de um compartimento para armazenamento das peças dentro do próprio tabuleiro, a fim de facilitar o transporte e otimizar a estrutura.

Inicialmente, o tabuleiro foi desenvolvido com a ideia de se utilizar o sensor magnético Reedswitch, que por meio de ímãs iria detectar a presença ou não de uma peça dentro do quadrado, assim seriam utilizados 64 desses sensores.

Esse componente foi escolhido com intuito de manter o baixo custo de produção, porém, após vários testes, constatou-se que não seria uma opção viável para a conclusão do projeto. Devido à proximidade entre as casas, houveram diversas falhas na leitura por conta da interferência eletromagnética entre os sensores, resultando em leituras equivocadas. Dessa forma, optou-se por trocar a forma de identificação do posicionamento da peça, optando por fornecer manualmente as mudanças ocorridas. O tabuleiro pode ser visto na “Figura 3”:

Figura 3: Tabuleiro de xadrez criado

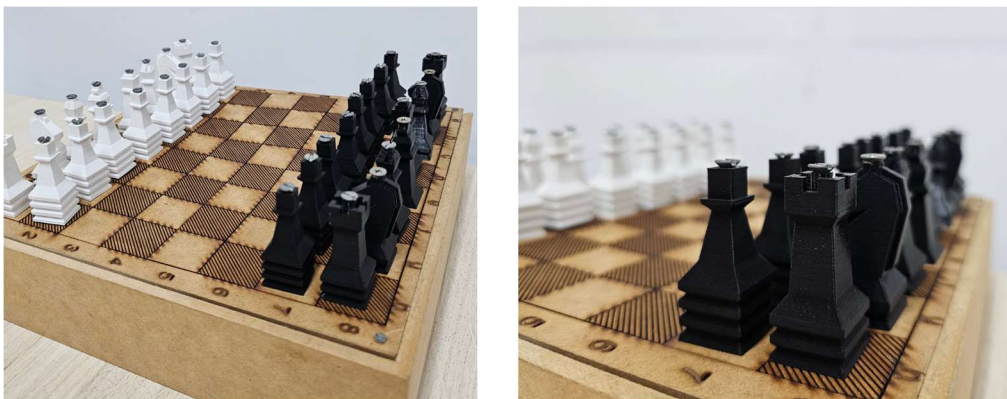


### 2.3 Peças

Assim como no jogo de xadrez tradicional, seriam necessárias 16 peças para cada cor. Novamente pelo objetivo de manter o custo benefício, optou-se por fazê-las na impressora 3D. Como ponto de partida, utilizou-se de modelos de peças de xadrez pré-existentes, porém, para viabilizar a funcionalidade do eletroímã, foram necessárias algumas modificações.

Todas as peças foram remodeladas para incluir um espaço no topo que permitisse a inserção de um parafuso em cada uma. Essa adaptação possibilita que o eletroímã agarre a peça quando ativado. Além disso, padronizou-se as alturas das peças para simplificar a lógica de programação, uma vez que não seria necessário criar um padrão de movimentação específico para cada uma. O produto final possui altura de 4,9 centímetros e uma base quadrada de 2 centímetros. Ele pode ser visto na “Figura 4”:

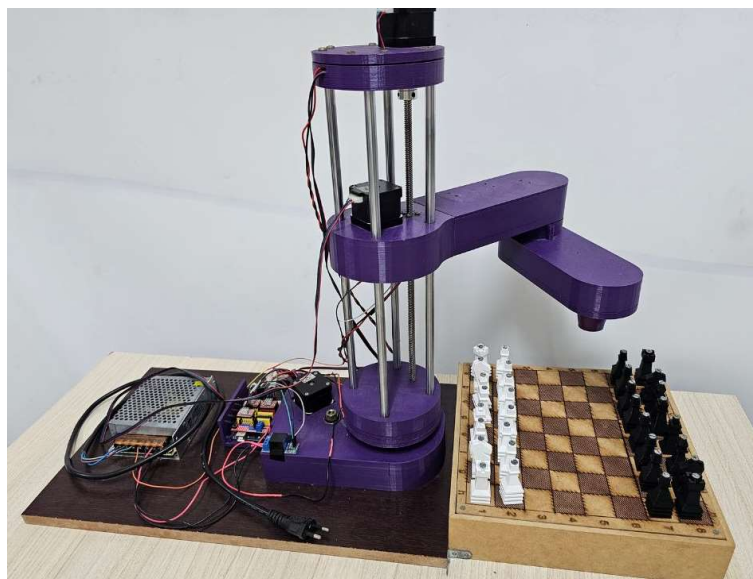
Figura 4: Peças de xadrez impressas



### 2.4 Materiais

Baseadas nas pesquisas e estudos, consolidou-se as mudanças destacadas e, assim, a estrutura física final (vista na “Figura 5”) foi construída a partir dos seguintes materiais:

Figura 5: Estrutura completa do projeto



- Arduino UNO: Microcontrolador programável, responsável por comandar toda a operação;
- Shield CNC: Extensão de 16 canais PWM para o arduino UNO, essencial para o comando dos motores de passo;
- Motor de passo: Foram usados 3, sendo um motor responsável pelo movimento no eixo Z, aumentando o alcance vertical do braço e os outros dois responsáveis pela movimentação no eixo XY, dando amplitude horizontal; Com esses componentes foi possível obter alcance de 33 centímetros no eixo Z e uma semicircunferência de 37 centímetros de raio no eixo XY, podendo se movimentar em até 180 graus.
- Material em mdf: Usado para fazer a base da montagem do braço e o tabuleiro;
- Estruturas impressas em 3D: Peças para a montagem da estrutura do braço, responsáveis pela articulação, rotação e translação do robô.
- Eletroímãs: Atuador usado para se conectar ao parafuso de cada peça e erguê-la;
- Relé digital: Usado para controlar a ativação do eletroímã;
- Fonte de alimentação: Fonte de alimentação de 12 Volts, capaz de fornecer um mínimo de 4 Amperes;
- Componentes gerais: Foram utilizados diversos componentes para dar sustentação e proporcionar o movimento do braço, tais como, rolamentos, hastes, parafusos e porcas, correia.

## 2.5 Lógica da Programação

O desenvolvimento de um braço robótico capaz de jogar xadrez envolve uma complexa rede de tecnologias e algoritmos, onde a lógica de programação desempenha um papel central na execução correta dos movimentos. Neste projeto, a programação é dividida em duas vertentes principais: o controle dos movimentos físicos, realizados através de um Arduino, e a estratégia e tomadas de decisões do jogo, gerenciadas por um código em Python.

A utilização do Arduino como plataforma de controle físico proporciona uma interface confiável e eficiente entre os motores responsáveis pelos movimentos do braço robótico. A programação no Arduino é responsável por executar os movimentos, acionando os motores e o eletroímã de acordo com as coordenadas fornecidas.

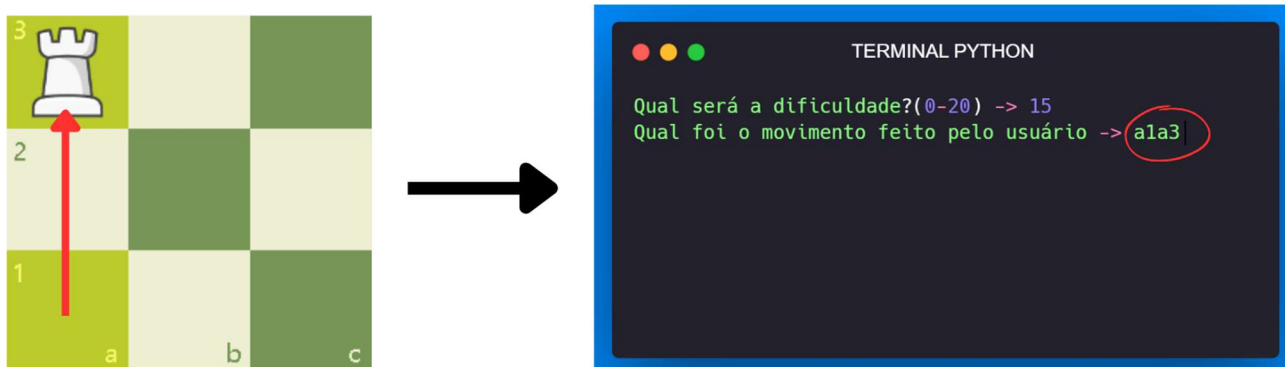
Para realizar a movimentação correta de acordo com as coordenadas recebidas pelo Arduino, foi utilizado o conceito de cinemática inversa, que consiste em uma técnica fundamental na robótica, que permite determinar as posições e orientações das articulações de um robô com base na posição desejada do efetuador final. Em outras palavras, é o processo de determinar os movimentos necessários das juntas da estrutura para alcançar uma posição ou orientação específica.

Por outro lado, o cérebro do braço robótico reside em um script escrito na linguagem de programação Python, o qual é encarregado de receber os movimentos realizados pelo adversário durante a partida e buscar a melhor jogada a ser feita pelo robô. Para isso, foi utilizado um motor de xadrez, mundialmente conhecido, o Stockfish (STOCKFISH), que foi integrado com o script em Python através da biblioteca *python-chess* (PYTHON-CHESS). Com as funções da biblioteca, criou-se um tabuleiro virtual do jogo no script e a cada rodada é atualizado com as jogadas feitas, dessa forma o motor Stockfish consegue identificar o estado atual do jogo e, no momento e tempo solicitados, entregar qual a melhor jogada interpretada para o braço robótico efetuar.

Para garantir a atualização contínua do mapa do tabuleiro a cada rodada, o código é instruído a reconhecer que todo jogo de xadrez se inicia com a mesma configuração inicial. Dessa forma, a cada movimento realizado, o tabuleiro virtual é atualizado, permitindo o ajuste dinâmico das posições das peças conforme a evolução do jogo. Para receber as

jogadas do adversário, a movimentação é registrada manualmente via terminal, enquanto as jogadas da máquina, que são geradas pelo Stockfish, atualizam automaticamente o tabuleiro virtual. Portanto, durante a partida, basta fornecer ao código os movimentos do oponente para manter um mapa atualizado da partida a cada rodada. Ademais, é possível ajustar níveis diferentes de dificuldade das partidas. O código em Python está programado para receber, no início de cada partida, um valor de 0 a 20, correspondente ao nível de dificuldade desejado. Essa funcionalidade é importante para exposições do projeto, uma vez que o torna ainda mais interativo com o público. Toda essa lógica pode ser vista na “Figura 6”:

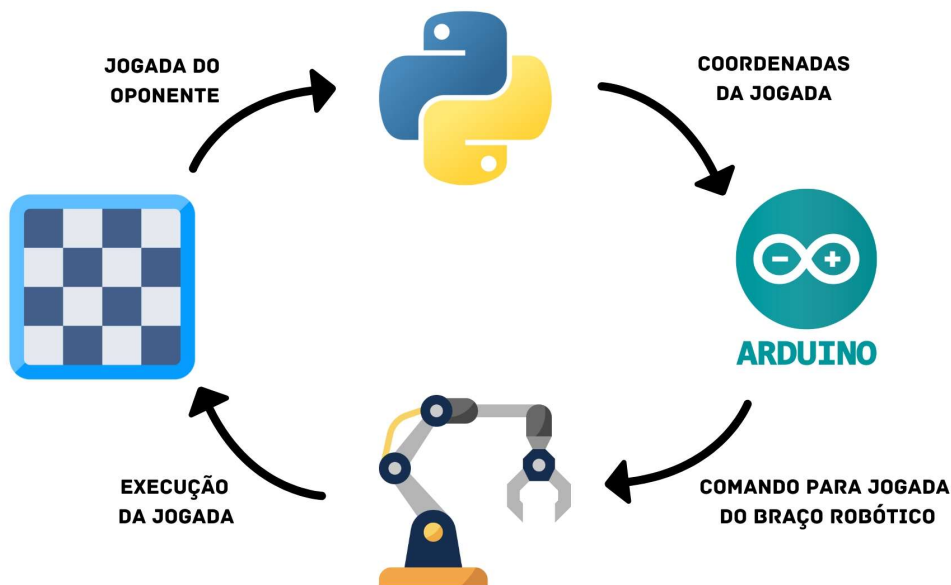
Figura 6: Exemplo da inserção manual de uma jogada do oponente



Além disso, dentro do script em Python, outro elemento crucial é uma matriz que armazena as coordenadas cartesianas correspondentes às casas do tabuleiro de xadrez. Esta matriz pode ser definida como uma representação computacional do tabuleiro, tendo como função transformar a melhor jogada planejada pelo Stockfish em coordenadas reais que representam as movimentações necessárias para o braço robótico executar tal jogada. Assim, ela serve como uma ponte direta entre a estratégia concebida e a execução física dos movimentos pelo braço robótico. Todas as informações essenciais para a realização da jogada são transmitidas para o Arduino por meio dessas coordenadas, garantindo uma sincronia perfeita entre o planejamento estratégico realizado e a ação concretizada pelo braço robótico no tabuleiro de xadrez.

Para uma comunicação efetiva entre o Arduino e o script em Python, é empregado um computador para realizar essa conexão. É através deste computador que a cada rodada a movimentação do jogador humano é registrada via linha de comando e processada pelo script durante a partida. Essa movimentação é então repassada para um Arduino, via comunicação serial, que está conectado ao mesmo computador. O Arduino, por sua vez, interpreta as informações recebidas e comanda os movimentos do braço robótico de acordo com as instruções fornecidas. Essa estrutura permite uma comunicação eficiente entre o software e o hardware, garantindo uma execução precisa das jogadas no tabuleiro de xadrez. Toda a comunicação pode ser vista de forma simplificada na “Figura 7”:

Figura 7: Explicação gráfica das interações existentes na lógica da programação



Em suma, a integração da programação, aliada à aplicação da cinemática inversa, viabiliza um braço robótico capaz de jogar xadrez. Esta abordagem inovadora não apenas demonstra o potencial da robótica e da inteligência artificial no campo dos jogos, mas também abre portas para aplicações futuras em diversas áreas que requerem tomadas de decisões complexas e precisas.

### 3 RESULTADOS

A partir do desenvolvimento e da implementação do projeto Braço Robótico no PET Elétrica, fica evidente que as iniciativas descritas neste artigo obtiveram resultados bastante positivos e significativos, uma vez que o projeto foi desenvolvido com êxito e atingiu os objetivos iniciais propostos pelo grupo, principalmente o de jogar xadrez.

#### 3.1 Para os discentes

O aspecto educacional do projeto foi plenamente realizado, visto que todas as técnicas empregadas e pesquisadas foram assimiladas pelos membros do grupo. Com o trabalho prático realizado, um impacto positivo foi notado na graduação dos petianos, uma vez que se tornou mais fácil o entendimento dos conteúdos abordados nas disciplinas como Teoria de Controle, Eletrônica Digital, Manipuladores Robóticos e Algoritmos, sendo todas essas disciplinas da grade curricular de todos os cursos da Engenharia Elétrica da UFJF (CURRÍCULOS). Além disso, o uso constante de linguagens de programação favoreceu o desenvolvimento nessa área que, apesar de extremamente importante para a atuação profissional de um engenheiro, é pouco abordada dentro da grade curricular. Por fim, foi possível notar a melhora no entendimento e utilização de componentes eletrônicos, uma vez que os petianos se empenharam em buscar as especificações de cada um e formas de melhor implementá-los ao projeto.

A melhoria das competências interpessoais também merece destaque. As diversas horas dedicadas à pesquisa, às discussões e à conclusão do projeto proporcionaram o desenvolvimento de criatividade, solução de problemas, análise crítica das dificuldades encontradas, tomada de decisões, organização e comunicação.



Essas habilidades foram estimuladas de forma eficaz pela implementação da metodologia ativa PjBL, proporcionando aos alunos uma maior autonomia no processo de aprendizagem, permitindo-lhes crescer por meio da colaboração e construção coletiva de conhecimento e os tornando muito mais aptos para as exigências do mercado de trabalho.

### 3.2 Para o coordenador

Os benefícios para o coordenador foram significativos, envolvendo não apenas a satisfação de ver o projeto ser concluído com sucesso, mas também o fortalecimento de suas habilidades de liderança e gestão de equipe. Ao liderar um projeto desafiador como o desenvolvimento de um braço robótico, surgiu a oportunidade de aprimorar a capacidade de tomada de decisões em situações complexas, bem como a habilidade de resolver problemas em um ambiente interdisciplinar.

No entanto, não se pode ignorar as dificuldades enfrentadas ao longo do processo. Lidar com prazos apertados, recursos limitados e imprevistos técnicos demandaram um esforço adicional para manter o projeto no caminho certo. Além disso, um dos desafios mais significativos enfrentados pelo coordenador ao longo do projeto foi manter a equipe motivada e engajada durante todo o processo. Lidar com a rotatividade de membros no grupo representou uma constante adaptação, exigindo habilidades para auxiliar os novos membros da equipe a se apropriarem dos conhecimentos e experiências acumulados, garantindo assim a continuidade do projeto.

### 3.3 Para o grupo

O completo desenvolvimento do projeto foi um benefício inestimável para o grupo, uma vez que os petianos conseguiram desenvolver diversas competências teóricas e pessoais, o que enriquece a participação em futuros projetos acadêmicos ou profissionais e a disseminação desse conhecimento para todo o grupo.

Somado a isso, o projeto foi exposto em mostras e feiras, sendo que, em todas elas, o braço robótico conseguiu realizar completamente partidas de xadrez contra os visitantes. Assim, o produto final obtido representa um valioso recurso para divulgação dos projetos e ações desenvolvidas pelo grupo, bem como para utilização nas atividades de extensão, dada sua singularidade e alta interatividade. Por fim, o caráter mais atual dado ao jogo de xadrez é notável, conforme evidenciado pelo considerável interesse despertado entre os estudantes e pessoas que o conheceram nas feiras e mostras.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a execução do projeto, foi observada uma interação significativa com outras iniciativas promovidas pelo PET Elétrica, resultando no aprimoramento pessoal e coletivo dos membros do grupo. Devido à sua natureza técnica, o projeto despertou o interesse de vários discentes do curso de engenharia elétrica, além de disseminar a metodologia PjBL.

Todos os objetivos propostos foram alcançados com êxito. Os membros do projeto demonstraram domínio dos conhecimentos estudados e foi possível notar e entender, na prática, a importância que os processos de automação de movimentos possuem em diversas áreas da sociedade contemporânea. Ao final, foi evidente o impacto que um maior contato com as áreas de mecânica, controle e programação gerou, fortalecendo a apropriação dos conteúdos vistos nas salas de aula.

Ainda no aspecto educacional, notou-se que as competências transversais foram desenvolvidas e/ou aprimoradas pelos membros do grupo, como mencionado anteriormente. Esse fato reforça as características da metodologia PjBL, que coloca o aluno

como protagonista do processo de ensino e aprendizagem e o estimula a se desenvolver nas áreas técnica, social e comportamental.

Apesar disso, algumas limitações foram identificadas e sugerem áreas para melhorias no futuro, como por exemplo a implementação de uma lógica que permita que o braço robótico realize uma partida de xadrez de forma totalmente autônoma, ou seja, consiga identificar a jogada feita pelo adversário sem a necessidade de que alguém forneça as coordenadas do movimento e, assim, realize a sua jogada logo em seguida.

Em conclusão, o projeto proporcionou um ambiente de aprendizado rico em habilidades práticas e colaborativas. O interesse gerado entre os estudantes de engenharia elétrica e o potencial impacto positivo no grupo destacam a relevância e o sucesso dessa iniciativa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC e à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, aos petianos egressos, em especial: Hugo Stein, Eduardo Oliveira Fonseca, João Victor Lima Ferrarezi, João Pedro Fernandes Barreto e Liviston Oliveira Gonçalves pelo suporte na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

CURRÍCULOS - Graduação em Engenharia Elétrica. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engenhariaeletrica/curso/curriculos/>. Acesso em: 15 maio 2024.

PYTHON-CHESS: a chess library for Python - python-chess 1.10.0 documentation. Disponível em: <https://python-chess.readthedocs.io/en/latest/>. Acesso em: 15 maio 2024.

SCARA Robot: How To Build Your Own Arduino Based Robot. Disponível em: <https://howtomechatronics.com/projects/scara-robot-how-to-build-your-own-arduino-based-robot/>. Acesso em: 15 maio 2024.

SRIDHARA, B. S. Teaching Engineering Fundamentals with a Project-Based Learning. In: **Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition Copyright**. 2005.

STOCKFISH. Disponível em: <https://stockfishchess.org/>. Acesso em: 15 maio 2024.

VOORT, Gustavo Lanes Batista Van der et al. A construção de um Braço Robótico interativo: contribuições na formação profissional e disseminação da tecnologia. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2021, Goiânia. **Anais**. Goiânia. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/>. Acesso em: 15 maio 2024.

## **INTEGRATING ROBOTICS INTO CHESS: DEVELOPMENT OF A ROBOTIC ARM**

**Abstract:** *This work aims to describe the steps for the completion of the "Robotic Arm" project of the Electrical Engineering Tutorial Education Program (PET Elétrica) at the Federal University of Juiz de Fora (UFJF). The students in the group, motivated by the acquisition of theoretical content in the field of electrical engineering, especially in the areas*

*of electronics and robotics, began the construction of a manipulator capable of playing chess autonomously and with low production costs. Thus, it was possible to gain a load of theoretical knowledge that is underdeveloped in the undergraduate course, as well as a series of interpersonal skills such as leadership, creativity, communication, derived from research, discussions, and solutions to eventual problems.*

**Keywords:** *Robotic Arm, Tutorial Education Program, Project-Based Learning (PjBL), Robotic Manipulator*

