



Desenvolvimento de uma Plotter CNC de Baixo Custo: Uma Abordagem de Aprendizagem Baseada em Projetos para a Integração de Sistemas Mecatrônicos

Caiki Cauane Pavinato | caike.cp@aluno.ifsc.edu.br¹

Vítor Farias de Borba | [vitor.borba@ifsc.edu.br](mailto: ritor.borba@ifsc.edu.br)²

Adriano Regis | adriano.regis@ifsc.edu.br³

Trabalho de Ensino

DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

O presente artigo descreve o processo de projeto, construção e validação técnica de uma Plotter CNC DIY, utilizada como objeto de estudo para o ensino de sistemas mecatrônicos. O trabalho fundamenta-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), visando a transposição da teoria de controle numérico e automação para a prática de laboratório. A metodologia envolveu a manufatura aditiva de componentes estruturais, a integração de hardware de código aberto (Arduino e drivers) e a calibração de firmware via parâmetros GRBL. Os resultados evidenciam a eficácia do protótipo na representação de coordenadas cartesianas e na interpretação de protocolos G-Code. A elaboração de um manual técnico pelo discente consolidou o processo de documentação científica, demonstrando que a acessibilidade tecnológica não compromete o rigor acadêmico necessário à formação profissional em Engenharia e Tecnologia.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em projeto; CNC; arduino; impressão 3D; ensino técnico e tecnológico.

Introdução

A convergência tecnológica que caracteriza a Indústria 4.0 exige que os currículos de formação técnica e tecnológica em Mecatrônica transcendam o ensino puramente expositivo. A compreensão de sistemas de Comando Numérico Computadorizado (CNC), embora fundamental, muitas vezes é dificultada pela natureza "caixa-preta" de equipamentos industriais fechados. Neste contexto, a proposta de construção de uma Plotter DIY (*Do It Yourself*) emerge como um recurso pedagógico potente, permitindo a desconstrução e o entendimento de cada subsistema: mecânico, eletrônico e computacional.

¹ Estudante do curso de Engenharia Mecatrônica do IFSC-Câmpus Florianópolis.

² Professor do Departamento de Metal-Mecânica do IFSC-Câmpus Florianópolis.

³ Professor do Departamento de Metal-Mecânica do IFSC-Câmpus Florianópolis.

Este projeto foi desenvolvido no âmbito do Programa de Extensão Tutoriada (PET) com o objetivo de criar uma plataforma de baixo custo que simula o comportamento de grandes máquinas CNC. A justificativa para este desenvolvimento reside na necessidade de ferramentas que permitam ao estudante errar, testar e configurar variáveis de controle em um ambiente controlado e seguro. O foco principal não é apenas a obtenção de uma máquina funcional, mas o processo de desenvolvimento de competências relacionadas à resolução de problemas complexos e à integração de sistemas multidisciplinares.

Fundamentação teórica

Fundamentação teórica A fundamentação deste estudo está ancorada no construtivismo e, especificamente, na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). De acordo com Bender (2014), a ABP promove o engajamento dos estudantes em investigações autênticas e na realização de tarefas complexas, característica essencial para a Educação Profissional e Tecnológica (EPT).

A ABP parte do princípio de que o conhecimento é construído de forma mais efetiva quando o estudante é desafiado a resolver problemas reais, em vez de apenas receber informações de maneira passiva. Segundo Dewey (1959), a educação deve ser compreendida como um processo contínuo de reconstrução da experiência. Nessa perspectiva, a aprendizagem ocorre por meio da ação, permitindo ao discente relacionar conceitos abstratos de física e matemática com aplicações concretas.

No contexto da Mecatrônica, essa abordagem favorece o desenvolvimento da autonomia e da capacidade de lidar com as incertezas inerentes aos processos tecnológicos. O laboratório deixa de ser apenas um espaço de execução de atividades e passa a constituir um ambiente de investigação e experimentação. De acordo com Hernández (1998), o trabalho com projetos exige que o estudante estabeleça conexões entre diferentes áreas do conhecimento, promovendo uma visão sistêmica indispensável à formação tecnológica. Valente (2018) complementa essa perspectiva ao afirmar que a ABP estimula a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem e sobre as decisões tomadas ao longo do desenvolvimento de um projeto.

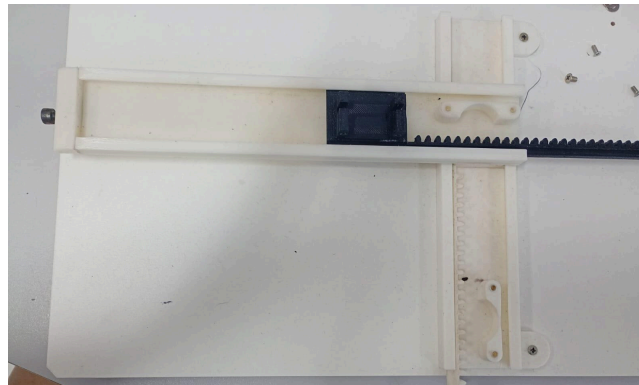
Dessa forma, o desenvolvimento de uma Plotter DIY deixa de ser uma simples atividade de montagem e torna-se um instrumento para a transposição dos conceitos de controle e automação para a prática. Além disso, contribui para a consolidação de competências relacionadas à resolução de problemas complexos, cada vez mais demandadas no contexto da Indústria 4.0. No campo da automação, o projeto fundamenta-se nos princípios do Hardware Livre e do Movimento Maker. A utilização da plataforma Arduino Uno em conjunto com o firmware GRBL demonstra como a democratização do acesso à tecnologia possibilita a construção de sistemas de controle robustos a custos reduzidos. Segundo Blikstein (2013), a prototipagem rápida e os processos de fabricação digital, como a impressão 3D utilizada neste trabalho, transformam a dinâmica da aprendizagem ao converter conceitos abstratos em artefatos tangíveis. Nesse contexto, a teoria de controle de movimento e a cinemática tornam-se elementos centrais para a compreensão do funcionamento do sistema. O entendimento de como pulsos elétricos enviados aos drivers de acionamento são convertidos em deslocamentos lineares por meio de engrenagens e cremalheiras constitui uma competência fundamental para a formação de profissionais da área de Mecatrônica.

Procedimentos metodológicos

A execução do projeto seguiu um rigoroso protocolo dividido em quatro fases sistêmicas:

Arquitetura Mecânica e Manufatura: Onde a estrutura da plotter foi concebida utilizando eixos lineares retificados e peças de suporte desenvolvidas em CAD e materializadas via manufatura aditiva (Impressão 3D). A escolha do PLA (Ácido Polilático) deveu-se à sua estabilidade dimensional, e custo benefício. A montagem (figura 1) exigiu o alinhamento ortogonal entre os eixos para evitar o erro de esquadro, comum em protótipos de baixo custo.

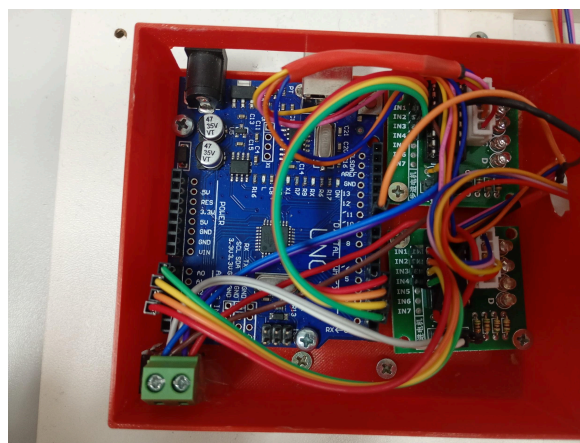
Figura 1 - Montagem mecânica.



Fonte: A autora.

Integração Eletrônica e Acionamento (Figura 2): Nesta etapa, foi realizada a integração dos componentes eletrônicos responsáveis pelo controle e movimentação da Plotter CNC. O sistema foi desenvolvido com uma plataforma de hardware de código aberto, associada a módulos de acionamento capazes de controlar os movimentos dos eixos com precisão compatível às necessidades do protótipo. Além disso, foi utilizada uma fonte de alimentação externa adequada para garantir o funcionamento estável do conjunto durante a execução dos testes e das atividades de validação.

Figura 2 - Circuito elétrico.



Fonte: Autora.

O sistema foi configurado utilizando o firmware GRBL em conjunto com o software Universal Gcode Sender (UGS), responsável pela comunicação entre o computador e a

máquina. Durante a etapa de configuração, foram realizados ajustes relacionados ao funcionamento dos eixos de movimentação e à precisão dos deslocamentos, garantindo a correta reprodução dos desenhos dentro da área útil do equipamento. Também foram efetuadas regulagens mecânicas para adequar o posicionamento da caneta e seu contato com a superfície de trabalho. Esses procedimentos permitiram otimizar o desempenho do protótipo e assegurar a qualidade das plotagens realizadas durante os testes de validação.

Processamento de Dados e Validação: A geração de trajetórias (G-code) foi realizada através da vetorização de imagens. Os testes de validação consistiram na execução de padrões geométricos para medir a repetibilidade e a exatidão posicional do sistema.

Resultados e discussões

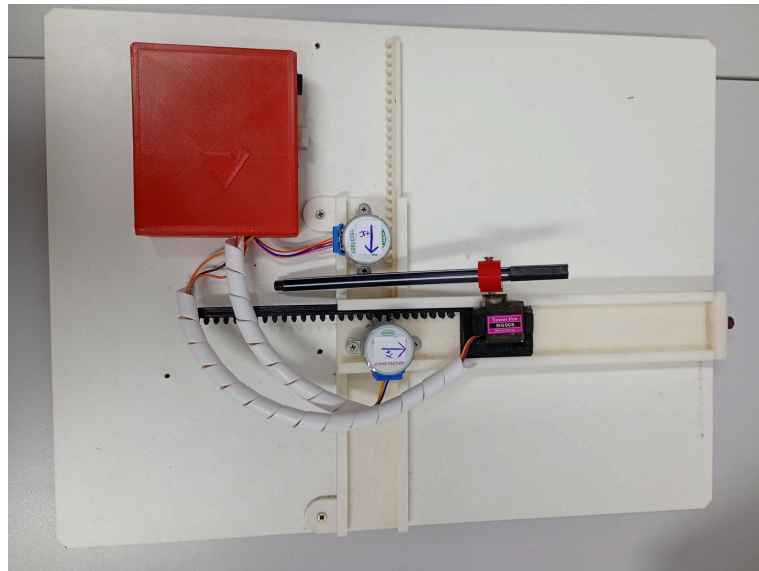
Os resultados demonstram que a Plotter DIY atingiu uma precisão operacional de $\pm 1,0$ mm, o que é plenamente satisfatório para finalidades didáticas (figura 3). A maior contribuição técnica revelou-se na fase de calibração do sistema. Observou-se que a configuração inadequada do parâmetro de "passos por mm" resultava em distorções de escala nas imagens desenhadas. A correção desses desvios, realizada através da manipulação direta via console do UGS, permitiu ao estudante compreender a relação entre o mundo digital (software) e o mundo físico (hardware).

A análise dos testes revelou desafios intrínsecos, como a gestão do "ponto zero" (Homing). Sem sensores de fim de curso físicos inicialmente, a calibração manual do zero máquina exigiu rigor operacional. No manual desenvolvido, destaca-se o uso do botão de "Soft Reset" e "Unlock" no UGS como procedimentos padrão para recuperação de falhas, o que reflete a realidade da operação de máquinas industriais.

Como recurso complementar, desenvolveu-se um manual de uso para os estudantes, funcionando como uma ferramenta de autorregulação da aprendizagem. Ao documentar o processo de conversão de imagens para vetores e a posterior interpretação pelo UGS, o discente foi obrigado a sistematizar o conhecimento adquirido. A discussão

sobre os limites de velocidade e a inércia do conjunto mecânico fomentou um entendimento profundo sobre os limites físicos da automação.

Figura 3 - Plotter finalizada.



Fonte: Autora.

Considerações finais

Conclui-se que o desenvolvimento da Plotter DIY cumpriu integralmente os objetivos propostos, consolidando-se como um recurso educacional de valor agregado e impacto financeiro efetivos. A transição do status de "peças avulsas" para um sistema automatizado funcional proporcionou uma experiência de aprendizagem que a teoria isolada não seria capaz de ofertar.

O projeto validou a utilização do Arduino e do software UGS como plataformas estáveis para o ensino de CNC. Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a implementação de um eixo Z motorizado para a substituição da caneta por uma micro-retífica, permitindo a usinagem de placas de circuito impresso. Este avanço representaria a evolução natural do protótipo de uma plotter para uma fresadora CNC de precisão, ampliando o escopo de atuação em Mecatrônica.



Referência ao fomento recebido

Este projeto foi fomentado com recursos do Programa de Educação Tutorial – PET MECATRÔNICA, vinculado ao Ministério da Educação.

Referências

AVERAGE ENGG. **How to make Mini CNC Plotter V3**. YouTube, 18 jun. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=hJhmfK4K_ZE. Acesso em: 27 abr. 2026.

BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educando para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BLIKSTEIN, P. **Digital Fabrication and 'Making' in Education**: The Democratization of Invention. [S. l.]: Global Education Events, 2013.

DEWEY, John. **Democracia e Educação**: introdução à filosofia da educação. 3. ed. São Paulo: Nacional, 1959.

HERNÁNDEZ, Fernando. **A organização do currículo por projetos de trabalho**: o conhecimento é um caleidoscópio. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MAKERVILLE. **Mini CNC Plotter with Arduino**. Thingiverse, 2021. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:4796222>. Acesso em: 27 abr. 2026.

SANTOS, L. F. dos. **A Aprendizagem Baseada em Projetos na Educação Profissional e Tecnológica**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [Local], 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29556>. Acesso em: 27 abr. 2026.

SANTOS, R. F. **Introdução ao controle numérico computadorizado**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2022.

VALENTE, José Armando. **Aprendizagem baseada em projetos (Project Based Learning – PBL)**. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). Metodologias ativas para uma



educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 25-52.