

ROUTER CNC DE BAIXO CUSTO

José Isaías M. Santos¹, Maria Rita C. Passos², Antenor G. Sacramento³, André Lucas da C. Gois⁴, Eric Eduardo T. de Souza⁵, Félix Gabriel F. Costa⁶

¹ Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto (IFS)
Rua Cauby, 523– CEP: 49400 000 – Lagarto – SE – Brasil

jose.santos107@academico.ifs.edu.br¹

Abstract. This project aims to develop a low-cost CNC Router targeted at small entrepreneurs, technical students, and maker community enthusiasts. The motivation lies in the lack of accessible digital manufacturing solutions that combine precision, reproducibility, and affordability. The methodology involved research, reuse of components, electromechanical assembly, and Arduino Uno programming, using the GRBL firmware and Universal G-code Sender software. The tests demonstrated that the machine achieves adequate precision for applications in wood, plastic, and printed circuit boards (PCBs), confirming its functionality and replicability. The results highlight its educational and productive potential, representing a viable alternative to reduce technological exclusion in low-resource communities.

Resumo. O presente projeto visa a criação de uma Router CNC de baixo custo, direcionada a pequenos empreendedores, estudantes técnicos e entusiastas do movimento maker. A justificativa reside na carência de soluções acessíveis de fabricação digital que aliem precisão, reprodutibilidade e custo reduzido. A metodologia empregada englobou pesquisa, reaproveitamento de componentes, montagem eletromecânica e programação do Arduino Uno, controlado pelo firmware GRBL e software Universal G-code Sender. Os testes realizados demonstraram que a máquina alcança precisão adequada para aplicações em madeira, plástico e placas de circuito impresso, comprovando sua funcionalidade e replicabilidade. Os resultados obtidos reforçam seu potencial educacional e produtivo, representando uma alternativa viável para mitigar a exclusão tecnológica em comunidades com recursos limitados.

2. Introdução

Desde a Revolução Industrial, processos automatizados transformaram a produção industrial. Com o avanço da eletrônica e da computação, durante a segunda guerra mundial surgiram as máquinas de comando numérico computadorizado, capazes de executar cortes, gravações e usinagens com alta precisão e repetibilidade. Atualmente, essas máquinas são essenciais para o processo de fabricação industrial.

Apesar da importância das tecnologias CNC (Controle Numérico Computadorizado), o alto custo de aquisição e manutenção ainda limita seu acesso, sobretudo entre pequenos

empreendedores, artesãos e estudantes de escolas técnicas (Santos, 2020). Nos últimos anos, iniciativas de baixo custo têm buscado democratizar o acesso à fabricação digital. Plataformas como o Arduino (Arduino, 2025) e softwares livres como o GRBL (GRBL, 2025) e o Universal G-Code Sender – UGS (UGS, 2025) viabilizaram o desenvolvimento de máquinas compactas, modulares e acessíveis.

Entretanto, muitos desses projetos carecem de documentação adequada, suporte técnico e padronização, o que dificulta sua replicação por pessoas com pouca experiência em automação. Trabalhos como o de Machado e Silva (2025) oferecem guias práticos de montagem mecânica, enquanto estudos como o de Hang e Lu (2004) destacam o potencial da robótica como ferramenta didática no ensino técnico. Ainda assim, poucos estudos abordam o impacto social e produtivo dessas tecnologias para pequenos produtores e espaços makers.

Neste cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma Router CNC de baixo custo, com foco em acessibilidade material e operacional. O projeto integra conhecimentos de eletrônica, mecânica, automação e desenho técnico, com o objetivo de promover inclusão produtiva e fomentar o empreendedorismo local.

3. Objetivos

O objetivo deste projeto é desenvolver uma Router CNC de baixo custo, eficiente e funcional, direcionada a pequenos empreendedores, artesãos e profissionais autônomos. A proposta inclui a construção de uma estrutura mecânica utilizando materiais acessíveis, a implementação de um sistema eletrônico baseado em Arduino Uno com CNC Shield V3 e drivers A4988, e a integração de softwares e firmware de código aberto como GRBL e UGS. Adicionalmente, busca-se promover o uso da máquina como ferramenta educacional e de incentivo ao empreendedorismo, assegurando precisão, confiabilidade e reproduzibilidade na fabricação digital.

4. Metodologia

A metodologia empregada neste projeto adotou uma abordagem pragmática, integrando pesquisa, reutilização de componentes, desenvolvimento eletromecânico e testes experimentais. O processo foi estruturado nas seguintes etapas principais:

4.1 Definição de objetivos

Inicialmente, as metodologias do projeto foram estabelecidas, com ênfase em uma interface acessível, baixo custo e uma máquina apta a fresar madeira, plásticos e placas de fenolite. Critérios como o custo dos materiais, disponibilidade, facilidade de montagem e compatibilidade com tecnologias de código aberto foram considerados.

4.2 Pesquisa e seleção de componentes

Foram realizados levantamentos técnicos e comerciais para determinar componentes acessíveis e reaproveitáveis. Os principais componentes selecionados foram o

microcontrolador Arduino Uno, CNC Shield V3, drivers A4988, motores de passo NEMA 17, sensores e estrutura em MDF naval com perfis de alumínio estrutural.

4.3 Estrutura mecânica

A estrutura da máquina foi realizada utilizando componentes reaproveitados de impressoras 3D, incluindo guias lineares, fusos trapezoidais, pillow blocks, correias dentadas GT2 com polias de 20 dentes e suportes de PEAD. A montagem modular foi adotada para otimizar a manutenção e facilitar futuras atualizações.

4.4 Montagem e configuração do sistema eletrônico

O projeto eletrônico foi estruturado com base na integração do Arduino Uno, CNC Shield V3 e drivers A4988, configurados para microstepping de 1/16. Sensores de fim de curso foram implementados nos três eixos, juntamente com um sensor probe para ajuste automático da altura da ferramenta. A alimentação do sistema foi providenciada por uma fonte chaveada de 12 Vcc.

4.5 Programação e integração de sistemas

O controle da CNC foi implementado utilizando o firmware GRBL 0.9, configurado através do Arduino IDE. Os parâmetros de movimento, incluindo aceleração, limites e passos por milímetro, foram otimizados de acordo com os requisitos e restrições de usinagem. A interface gráfica escolhida foi o Universal G-code Sender (UGS), devido à sua compatibilidade e facilidade de operação. Softwares como Fusion 360, Tinkercad e FlatCAM foram empregados para modelagem e geração dos arquivos G-code.

4.6 Testes experimentais

Testes de corte e gravação foram conduzidos em diversos materiais (MDF, acrílico e placas de fenolite), com operações repetidas para avaliação da precisão, repetibilidade e desempenho geral. As medições foram realizadas utilizando instrumentos de bancada (paquímetro e régua milimetrada), e os dados foram organizados em planilhas para análise comparativa.

4.7 Avaliação de usabilidade

Dois usuários externos ao grupo testaram a operação da máquina utilizando um manual simplificado, com o objetivo de avaliar a clareza da interface e a autonomia do usuário na utilização da CNC.

5. Resultados e discussões

O sistema eletrônico funcionou sem falhas, e os sensores de fim de curso e probe atuaram corretamente. A interface com o software UGS foi considerada acessível por usuários iniciantes. A Router CNC apresentou desempenho satisfatório nas operações de corte e gravação em MDF, acrílico e fenolite. Os testes mostraram boa repetibilidade e precisão compatível com aplicações de pequeno porte. A Tabela 1 resume os desvios dimensionais obtidos após cinco repetições por eixo da máquina presente na imagem 1.

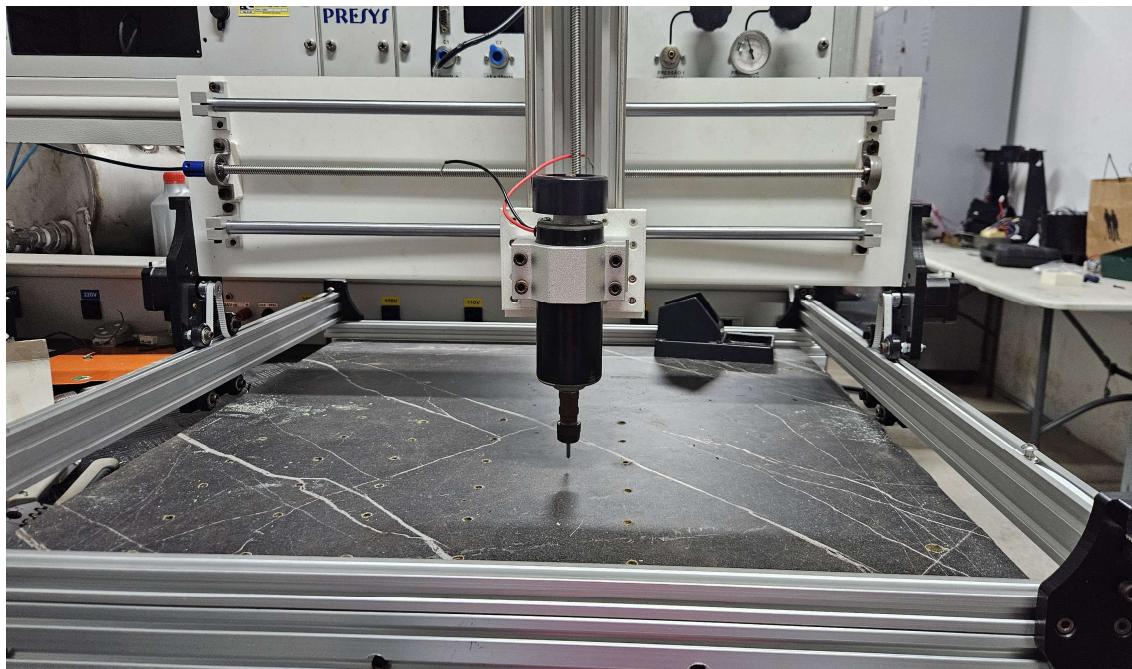
Adicionalmente, foi conduzida uma análise comparativa entre os componentes eletrônicos empregados no projeto e os equivalentes em sistemas CNC comerciais. Essa análise revelou uma redução de aproximadamente 73% no custo da parte eletrônica da máquina, sem prejuízo em funcionalidade. Os detalhes dessa comparação podem ser consultados na Tabela 2.

Tabela 1. Desvios Dimensionais

Eixo	Comando G-code executado	Deslocamento esperado	Deslocamento médio medido
X	G1 X100 F1.5;	100,00 mm	99,80 mm
Y	G1 Y100 F1.5;	100,00 mm	99,70 mm
Z	G1 Z10 F1.5;	10,00 mm	10,00 mm

Fonte: Os Autores

Imagen 1. Apresenta todos os eixos X, Y, Z da Router CNC de Baixo Custo



Fonte: Os Autores

Tabela 2. Análise comparativa de custos entre os componentes eletrônicos do projeto CNC de baixo custo e os sistemas CNC comerciais

COMPONENTES	PROJETO CNC DE BAIXO CUSTO	CNC COMERCIAL (ALTA FAIXA)	DIFERENÇA (%)	OBSERVAÇÕES TÉCNICAS
PLACA CONTROLADORA	Arduino Uno + CNC Shield (R\$80)	Placa Mach3 (R\$150)	-47%	Placa compatível com software Open Source
DRIVERS DO MOTOR	4x A4988 (4x R\$15 = R\$60)	4x TB6600 (R\$280)	-79%	Suporta Menor Corrente, ideal para o projeto
MOTORES DE PASSO	4x Nema 17 (4x R\$30 = R\$120)	4x Nema 23 (4x R\$180 = R\$720)	-83%	Ideal para redução de custo e usinagens mais leves
FONTE DE ALIMENTAÇÃO	12V 10A (R\$80)	36V 10A (R\$200)	-60%	Atende as necessidades de alimentação de toda parte eletrônica
SPINDLE	Motor de 500W (R\$400)	Spindle de 1.5kw (R\$1400)	-71%	Boa performance em MDF/acrílico
TOTAL	R\$ 740	R\$ 2.750	-73%	Redução Significativa nos Custos de Produção

Fonte: Os Autores

6. Conclusão

O projeto da Router CNC de baixo custo demonstrou viabilidade técnica e funcional, exibindo bom desempenho e empregando tecnologias acessíveis. Os testes validaram seu potencial para aplicações educacionais e produtivas. A principal restrição identificada reside na estrutura em MDF, que poderá ser otimizada em versões subsequentes. Adicionalmente, a análise comparativa dos componentes eletrônicos indicou uma redução de aproximadamente 73% nos custos em relação às soluções comerciais, sem prejuízo da funcionalidade essencial do sistema. Conclui-se que a proposta contribui para a democratização da fabricação digital, oferecendo uma alternativa acessível para ambientes educacionais, makerspaces e pequenos empreendimentos.

7. Referências Bibliográficas

A4988. *Stepper Motor Driver Carrier – Datasheet*. Pololu, 2023. Disponível em: <https://www.pololu.com/product/1182>. Acesso em: 9 jan. 2025.

ARDUINO UNO. *Arduino Uno Documentation*. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 9 jan. 2025.

CNC SHIELD V3. *Documentação oficial*. Protoneer, 2024. Disponível em: <https://www.protoneer.co.nz/arduino-cnc-shield/>. Acesso em: 9 jan. 2025.

EASYEDA. *Online PCB Design Tool*. Disponível em: <https://easyeda.com>. Acesso em: 9 jan. 2025.

FLATCAM. *Open Source CAM for PCBs*. Version 9.5, 2024. Disponível em: <https://flatcam.org>. Acesso em: 9 jan. 2025.

FUSION 360. *Integrated CAD/CAM/CAE platform*. Autodesk, 2025. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>. Acesso em: 9 jan. 2025.

GRBL. *G Code Interpreter for Arduino*. Disponível em: <https://github.com/gnea/grbl>. Acesso em: 9 jan. 2025.

Hang, H. S.; Lu, C. N. *Robots as Educational Tools in Engineering Education: A Case Study*. In: *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2004.

Machado, G. J.; Silva, R. A. *Projeto e construção de uma CNC Router: guia prático*. ResearchGate, 2025.

Santos, L. A. *Conceitos básicos sobre CNC: funcionamento e aplicações*. Revista de Tecnologia e Inovação, v. 5, n. 2, p. 10–15, 2020.

TINKERCAD. *Browser based 3D Design and Electronics*. Autodesk, 2025. Disponível em: <https://www.tinkercad.com>. Acesso em: 9 jan. 2025.

UNIVERSAL G CODE SENDER (UGS). *Open source G code sender*. Disponível em: <https://github.com/winder/Universal-G-Code-Sender>. Acesso em: 9 jan. 2025.