



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Técnico em Eletromecânica

ROUTER CNC DIDÁTICO

DIDACTIC CNC ROUTER

Marcos dos Santos Lima¹

Washington Palma Guaita²

Resumo: A alta demanda de fabricações de peças nas indústrias em geral, o avanço da tecnologia e a necessidade de precisões no desenvolvimento de peças metalmecânicas, trouxe o surgimento da CNC, ou comando numérico computadorizado. Dessa forma, foi possível diminuir consideravelmente o retrabalho em linhas produtivas e conseqüentemente o seu custo de produção. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da reconstrução de uma Router CNC de baixo custo. O objetivo deste projeto é reconstruir a mesma e transformá-la em um equipamento didático que será utilizado nos laboratórios. Tal equipamento é uma tecnologia dominante e fundamental na indústria de manufatura moderna. O método utilizado envolveu a troca de alguns componentes de madeira por plástico, mais precisamente PLA, que é um material usado na fabricação de peças junto a impressora 3D, além da praticidade deste material, ele foi utilizado por ser mais leve. Após feitas tais mudanças, foi adquirida uma grade de proteção quadriculada, a ideia de não usar uma chapa maciça, e sim a grade foi decidida pois seu design de malha aberta, apresenta uma boa relação entre resistência mecânica e peso estrutural reduzido, sua malha vazada também ajudou a acoplar suporte do monitor, fonte e fios, além da CNC, que para uma melhor fixação, foram soldadas duas cantoneiras em pontos estratégicos, sem as referidas mudanças em seu material e estrutura, a ideia de transformá-la em um equipamento didático seria dificultado, assim, usando um material mais leve, alterando sua estrutura e adicionando sua base, a tornou mais leve e facilitou o seu transporte.

Palavras-chave: router CNC; didático; projeto.

Abstract: The high demand for manufactured parts across industries, the advancement of technology, and the need for precision in the development of metal-mechanical components have led to the emergence of CNC, or Computer Numerical

¹ Ensino Médio, E. E. Maria da Conceição Malheiro, Irituia/PA - marcos.lima209@etec.sp.gov.br

² Bacharel em Administração, Faculdade Estácio de Sá, Ourinhos/SP - washington.guaita@etec.sp.gov.br



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Control. This innovation has significantly reduced rework in production lines and, consequently, lowered production costs. The present work presents the development and reconstruction of a low-cost CNC Router. The goal of this project is to rebuild the machine and transform it into a didactic piece of equipment to be used in laboratory environments. Such equipment represents a dominant and essential technology in modern manufacturing industries. The method employed involved replacing certain wooden components with plastic—specifically PLA, a material commonly used in 3D printing. Besides the practicality of this material, it was chosen for being lighter. After making these modifications, a square-grid protective frame was installed. The decision to use a grid instead of a solid sheet was made because its open-mesh design provides a good balance between mechanical strength and reduced structural weight. The open mesh also made it easier to attach the monitor, power supply, and cables, as well as the CNC itself. For better fixation, two metal brackets were welded at strategic points. Without these changes in materials and structure, the idea of transforming the machine into a didactic tool would have been more difficult. Thus, by using lighter materials, modifying its structure, and adding a new base, the equipment became lighter and easier to transport.

Keywords: CNC router; educational; project.

1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos as industriais vêm passando por evolução no processo de fabricação, isto devido a necessidade de mais rapidez, precisão, e a substituição de pessoas, por falta de mão de obra qualificada. O avanço tecnológico, trouxe para as indústrias uma solução chamada máquinas CNC (Controle numérico computadorizado), estas que por meio de um computador e um código G-Code (linguagem de programação), são controladas e programadas para fabricar peças com alta precisão. Uma Router CNC e um equipamento de cortar, moldar e perfurar materiais, esta é comumente encontrada em marcenarias. Este artigo foi escrito explicando os componentes de uma máquina desta, porém de pequeno porte, utilizada para trabalhos menores.

Na prática, foi reformada uma máquina CNC que estava sem condições de uso, com várias peças danificadas. O objetivo foi colocar o equipamento para funcionar e posteriormente adapta-lo para ser utilizado didaticamente em sala de aula.

Após o equipamento pronto, tornou-se possível o transporte deste, visto que foi todo fixado em uma grade, assim sendo utilizado em qualquer sala de aula. Para que tal equipamento chegasse ao objetivo final, ele foi desmontado, deixou-se as peças

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

afetadas por ferrugem, imprimiu algumas peças quebradas na impressora 3D, foi feito adaptações nos acoplamentos dos motores, adquiriu-se as peças necessárias para posteriormente efetuar a total montagem.

A seguir são apresentados os seguintes capítulos: referencial teórico; desenvolvimento do projeto; estrutura do equipamento; sistema de transmissão; guias lineares e pillow blocks; acoplamentos; alange; sistema fusos de esferas; eletrônica; placa controladora; fonte de alimentação; motores de passos; spindle, tupa e dremel; base da máquina e mesa de sacrifício; software de controle.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a realização de usinagem em peças de maior complexibilidade, se faz necessário processos de fabricação industriais com maior precisão. A Router CNC (Controle Numérico Computadorizado) como na figura 1, é uma ferramenta essencial para as indústrias produzirem peças em massa, com exatidão e custo minimizado.



Figura 1: Router CNC utilizada na indústria moveleira.

2.1 Desenvolvimento do projeto

O trabalho representado na figura 2, é uma máquina como a citada acima, porém com dimensões reduzidas, afim de demonstrar o funcionamento desta, usinando projetos com cortes precisos de pequenas peças, chaveiros, desenhos em madeira,

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

entre outros, utilizando um fuso rotativo controlado por um computador, que percorre a trajetória definida pelo controlador a partir do eixo Y, X e Z.

Para tal proposta, foi utilizada uma máquina fresadora sem condições de uso, porém com os componentes de maior valor viáveis para reutilização. De posse do equipamento, iniciou-se uma análise do que deveria ser feito para que a máquina pudesse ser utilizada didaticamente pelos professores na escola.

A princípio o protótipo foi desmontado. Observou-se que as guias lineares (Figura 3) estavam em processo de corrosão.

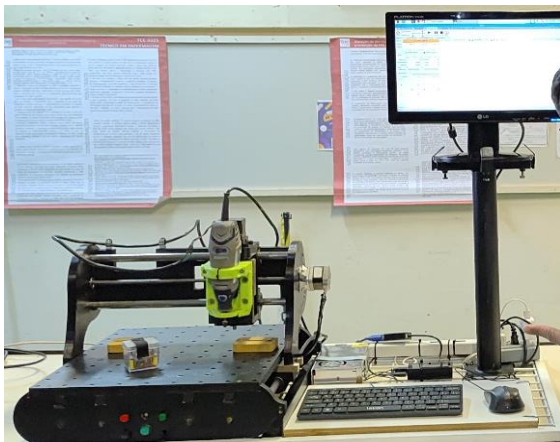


Figura 2: Protótipo Router CNC didático.

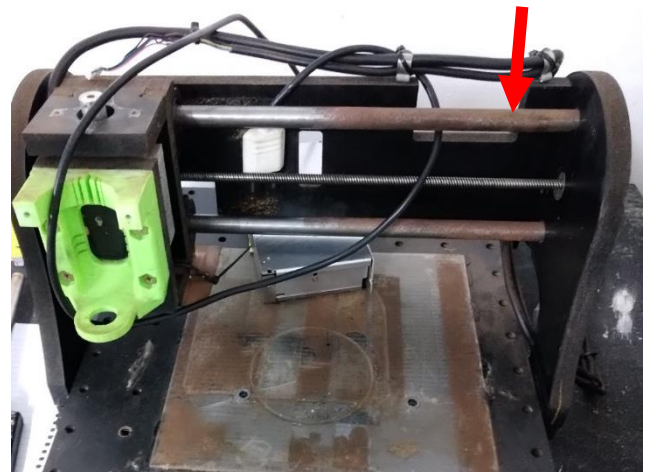


Figura 3: Guia linear em processo de corrosão.

Algumas das peças de madeira estavam dilatadas por conta da umidade absorvida. Também se observa que os Pillow blocks (Figura 4) que envolviam os rolamentos lineares simples estavam com sua estrutura rompida, comprometendo o seu funcionamento.

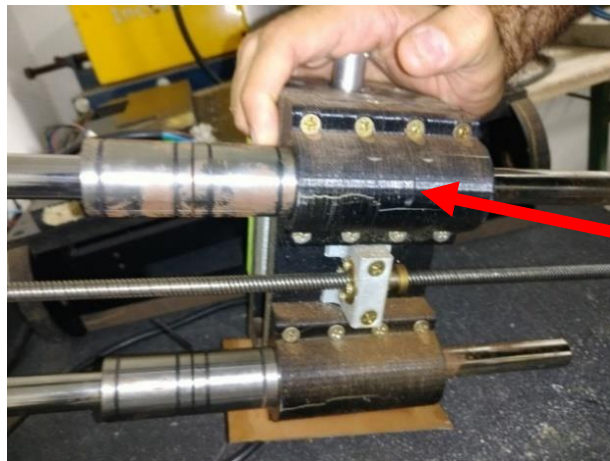


Figura 4: Pillow blocks com estrutura rompida.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Os fios (Figura 5) que interligavam as placas (Figura 6) com os motores de passo e a fonte estavam mal conectados ou rompidos.

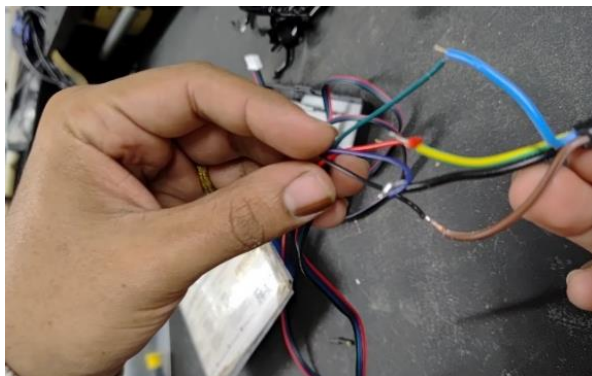


Figura 5: Refazendo conexões dos Fios.



Figura 6: Placa.

Nas barras de rosca do sistema de movimentação por fuso, detectam que seria necessário a compra de parafusos bernês (Figura 7) para o reforço destes aumentando o diâmetro das furações (Figura 8), e assim utilizar bernês maiores para uma melhor fixação dos motores de passos com os fusos.



Figura 7: Parafuso bernês.

Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2144173394-alen-parafusos-allen-berne-grub-m4-x-4mm-baja-JM#polycard_client=search-nordic&search_layout=stack&position=1&type=item&tracking_id=5b503ddc-ed6b-4e26-a723-f64799eb0470&wid=MLB2144173394&sid=search

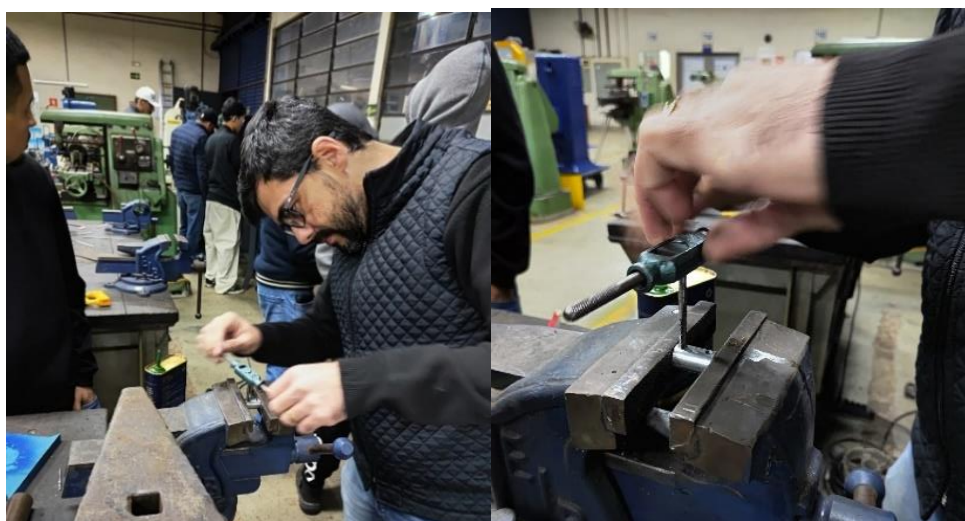


Figura 8: Ajuste furação do Acoplamento de Fuso.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Feito tal análise, procedeu-se à compra dos filamentos PLA(fios de ácido polilático) utilizados na impressora 3D, para produzir as peças, este que também fez os desenhos no software Inventor da Autodesk.

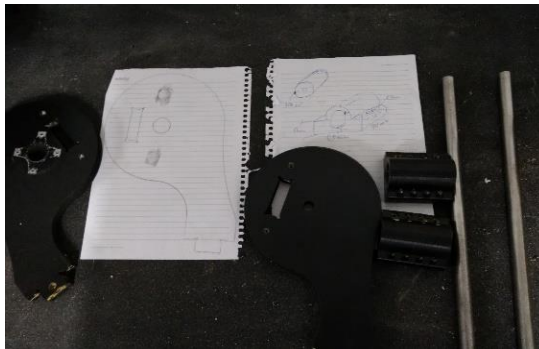


Figura 9: Esboço das peças.

As peças de metal foram lavadas, lixadas com lixas d'água e receberam tratamento com óleo anticorrosivo. Uma placa de acrílico que pode ser visualizada na figura 3, estava colada sob a mesa de sacrifício e encontrava-se totalmente danificada, sendo assim foi retirada. As partes em MDF foram pintadas, os fios rompidos foram soldados e as ligações que interligavam a fonte e placa foram refeitas.

Seguindo a ideia de transformá-lo em um equipamento didático, foi obtida uma grade para servir como base do protótipo, um monitor e seu suporte, um teclado, um mouse, uma extensão com régua elétrica, uma fonte para alimentar o computador, duas cantoneiras que foram soldadas e pintadas na base para fixar a Router CNC, uma viga U perfurada para simular uma eletrocalha.

Após a organização de todo o equipamento sobre a base, este foi fixado e energizado para o início dos testes com o software ligado.

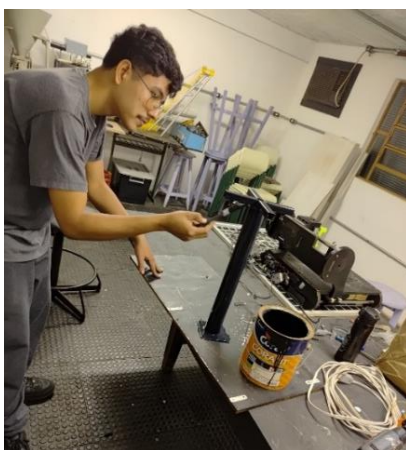


Figura 10: Pintura suporte monitor.

Figura 11: Preparando cantoneira fixação

Figura 12: Preparando grade base do protótipo.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.2 Estrutura do equipamento

Uma Router CNC é composta por vários componentes do qual interagem mecanicamente, movimentando através dos eixos X, Y e Z, obedecendo os comandos enviados pelo computador.

A seguir tem-se a explicação de algumas das peças da máquina.

2.2.1 Sistema de transmissão

Existem diversos tipos de sistemas de movimentação que podem realizar o movimento linear nos eixos XYZ. Cada sistemas possui suas características de aplicação, que incluem precisão, torque, velocidade e robustez. Neste equipamento foi utilizado fusos de esfera.

2.2.1.1. Eixos Lineares e Pillow Blocks

Os eixos lineares (figura 13) são retificados, temperados e cromados. Os pillow blocks apresentado na figura 14, possuem esferas na parte interior dos blocos, que envolvem os eixos. Estes elementos são os componentes que suportam o maior peso da máquina e são destinados a proporcionar um movimento suave, com mínimo de atrito e o máximo de precisão e robustez.



Figura 13: Guia Linear.

Fonte 13: <https://loja.pradoautomacaoindustrial.com.br/eixo-retificado-e-cromado-25mm>

Fonte 14: <https://pt.aliexpress.com/item/1005001693264205.html>

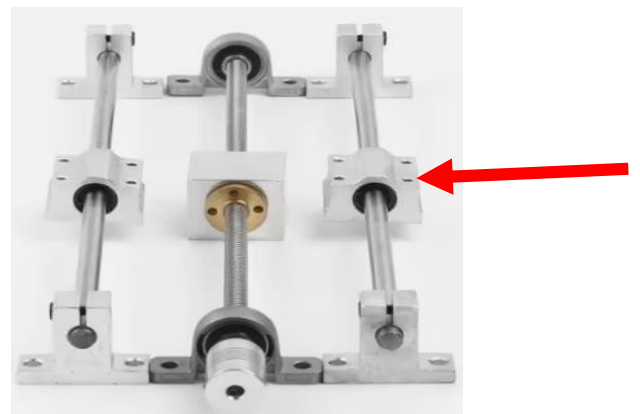


Figura 14: Representação montagem estrutural com seus pillow blocks e suporte de fixação vertical.

2.2.1.2. Acoplamento e Flange

Para transmitir o movimento rotativo de um motor em um movimento linear, os fusos de esferas são conectados a estes, por meio de acopladores flexíveis ou rígido, que transmitem o movimento de rotação dos motores para um movimento linear em cada eixo.



Figura 15: Representação do acoplador.

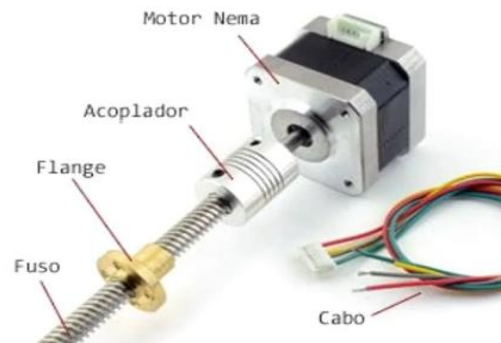


Figura 16: Representação dos acoplamentos

Fonte Figura 15: <https://www.mercadolivre.com.co/paquete-de-4-acoplamentos-de-eje-flexible-de-0197-in-a/up/MCOU2411807340>

Fonte Figura 16: <https://www.eletródex.net/cncimpressora-3d/utensilios/acoplamento-flexivel-cnc-motor-de-passo-eixo-5mm-x-8mm>

No contexto de um fuso CNC, uma flange pode ter duas funções principais: servir como ponto de fixação para o eixo do motor a um componente, ou atuar como um suporte para acoplamento em sistemas de transmissão de torque, como os de um eixo linear ou fuso de esferas. Os flanges garantem uma conexão segura e alinhada, que ajuda a manter a precisão do movimento e a reduzir a vibração do sistema.

2.2.1.3. Sistema fusos de esferas

Os fusos de esferas é uma peça estrutural, uma barra reta composta por roscas e passos contínuos, são componentes que realizam a transmissão de um movimento rotativo para um movimento linear, quando sua porca está fixada em outro componente, por meio de esferas circulantes. Deste modo, a partir da rotação do fuso, as esferas contidas internamente na porca rolam por meio da rosca e promovem uma movimentação alto rendimento, baixo ruído, grande durabilidade, alta precisão e rigidez.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos



Figura 17: Interior de um fuso de esferas com recorte de sua porca.
Fonte: <https://www.heason.com/news-media/technical-blog-archive/ball-screw-applications>

A Figura 18 exibe um modelo de fuso de esfera comercial com sua castanha em (a) e um modelo mostrando a castanha internamente em (b).

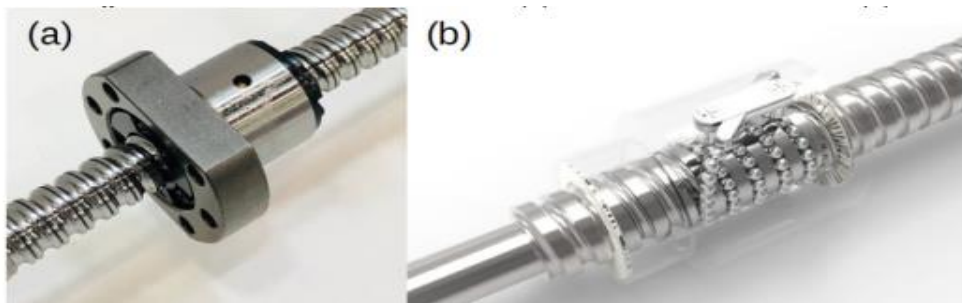


Figura 18: Fuso de esfera comercial (a) e funcionamento do fuso (b)
Fonte A: <https://www.mercadolivre.com.br/fuso-de-esferas-12mm--passo-4mm--comprimento-295mm/up/MLBU2376592827>
Fonte B: <https://www.fusodeesfera.com.br/lubrificacao-em-fuso-de-esferas/>

2.2.2 Eletrônica

Neste projeto a parte eletrônica de comandos são os componentes essenciais para a operação da máquina, sendo que entre estes podemos citar a placa controladora, os motores de passos, fonte e a drimel.

2.2.2.1 Placa controladora

Desenvolvidos especialmente para aplicações CNC (Comando Numérico Computadorizado), os Controladores são ideais para sistemas de motores de passo e servo motores, ela atua manipulando informações recebidas de um computador e as repassando para os diversos componentes eletrônicos atrelados a ela.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

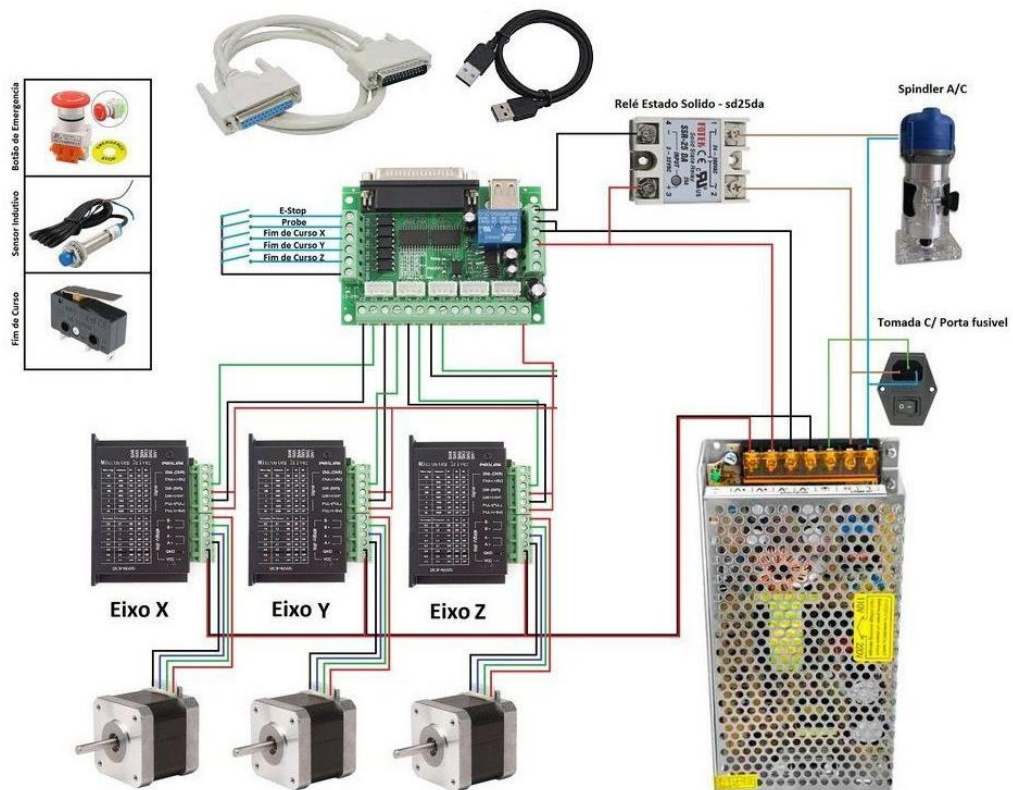


Figura 19: Representação da placa controladora e seus componentes.
 Fonte: <https://www.impactocnc.com/Driver-Motor-de-Passo-4A-TB6600>

2.2.2.2 Fonte de alimentação

As fontes de alimentação são circuitos eletrônicos de potência, que são capazes de converter a tensão de entrada para uma tensão de saída diferente, direcionada a alimentação de um determinado circuito eletrônico. Além disso, são capazes de converter a corrente alternada em corrente contínua.



Figura 20: Fonte chaveada.
 Fonte: <https://www.mercadolivre.com.br/fonte-chaveada-5v-40a-200w-pcameras-modulo-led-estabilizada/up/MLBU1743346797>

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.2.2.3 Motores de Passos

Os motores de passo são componentes eletromecânicos capazes de receber pulsos digitais e transformá-los em variações angulares de elevada precisão, que são os chamados “passos”. Cada pulso recebido pelo motor, é responsável por uma determinada variação da posição angular de seu eixo, que não se move até que receba um outro pulso, logo, a velocidade de aplicação dos pulsos influencia na velocidade de rotação. Uma aplicação sequencial de pulsos, chamados trem de pulsos, fará o eixo girar ininterruptamente e, conseqüentemente, movimentar a carga de acordo com a necessidade da operação, estipulada com base em parâmetros de projeto. Quanto maior for o número de passos necessários para uma volta completa do eixo, maior é a precisão do motor de passo, sendo os valores usualmente encontrados numa faixa que vai de 4 até 500 passos por volta, que correspondem a angulações entre 90° e $0,72^\circ$. Seu preço é baixo quando comparado ao servo motor, mesmo com sua alta precisão. Para movimentar um motor de passo é necessário o uso de um driver.



Figura 21: Motor de passo NEMA 17.

Figura 22: Vista superior em corte de um motor de passo

Fonte: <https://curtocircuito.com.br/blog/motor-de-passo/introducao-ao-motor-de-passo?srsIid=AfmBOopA4WVvkPTCpc9sSAB4zOrJr2yADdrYtERvSuihmpkopnLzEsRxY>

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

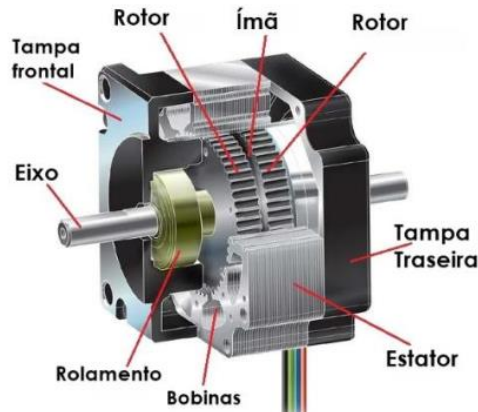


Figura 23: Elementos que compõem um motor de passo.

Fonte: <https://curtocircuito.com.br/blog/motor-de-passo/introducao-ao-motor-de-passo?srsltid=AfmBOopA4WVvKPTcpc9sSAB4zOrJr2yADdrYtERvSuihmpkopnLzEsRxY>

2.2.2.4 Spindle, Tupia e Dremel

De extrema importância para máquinas do tipo Router CNC, os Spindles são motores de indução, normalmente de elevada rotação, responsáveis por transmitir movimento à ferramenta de corte acoplada em sua extremidade e que estará em contato com a superfície a ser usinada.

Máquinas mais robustas e com troca de ferramentas automática, geralmente possuem *spindle* do tipo cartucho.

É comum encontrar Tupias ou Dremel adaptadas para uso como *spindle* em Router CNC. Uma Tupia e uma Dremel (ou micro retífica) servem para cortar, lixar, polir, esmerilhar, desbastar, gravar, afiar, limpar e perfurar uma grande variedade de materiais como madeira, metal, plástico, vidro, cerâmica e pedra, sendo uma ferramenta multiusos ideal para projetos de bricolagem, artesanato e trabalho de precisão em diversas superfícies. A versatilidade destas ferramentas se dá pelos acessórios que podem ser acoplados, que a transformam para as mais diversas tarefas.



Figura 24: Spindle, Tupia e Dremel para usinagem em madeira.

Fonte Spindle: <https://loja.tecmaf.com.br/spindles-inversores/motor-spindle/motor-spindle-4cv-tecmaf-3-pincas>

Fonte Tupia: <https://www.jdrprojetos.com.br/cnc-suporte-de-tupia-em-aluminio>

Fonte Dremel: <https://www.bshstore.com.br/micro-retifica-3000-10-acessorios-90w-220v-10944/p>

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.2.3 Base da máquina e mesa de sacrifício

Durante o processo de usinagem, torna-se necessário fixar a peça a ser confeccionada em uma estrutura. A Router CNC possui uma base de madeira na qual é possível fixar as peças a serem usinadas de diferentes formas. Entretanto, durante o processo de usinagem torna-se necessário o uso de material de sacrifício, isto ocorre por possíveis folgas existentes, ou quando é realizado o procedimento de corte completo da peça.

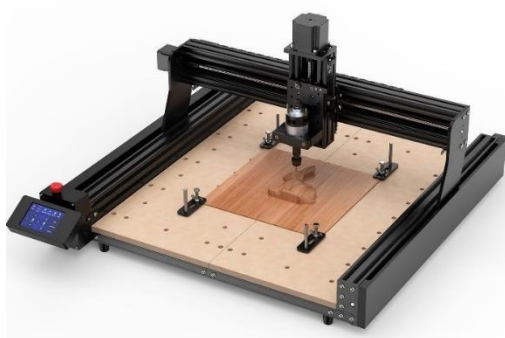


Figura 25: CNC com peça fixada para usinagem.

Fonte: <https://www.amazon.it/Twotrees-macchina-incisione-acrilico-massiccio/dp/B0D8742J8J>

2.2.4 Software de controle

Para a realização da usinagem na peça desejada, é necessário o código G apropriado. G-Code, é a linguagem utilizada para comunicação em sistemas de comandos de máquinas CNC. Para geometrias simples, esse código pode ser realizado através de um editor de texto ou diretamente no comando da máquina. A sequência de códigos costuma ser dividida em blocos de várias linhas modo que cada linha é composta por uma letra e um número, entre outros caracteres especiais, conforme Figura 26.

```

% TOOL CHANGE T309 1/2 In fin/dwn/cut POCKET iOP: 3
M5 (PRE-TOOLCHANGE STOP)
S18000 (SPINDLE SPEED)
T309 M3
G00 X-.475 Y-33.215 (RAPID X Y)
G00 Z.5
M31 (CHECK UP 2 SPEED)
G00 Z.1
G01 Z-.5 F75.
G01 X-.51 Y-30.14 F380.
G01 X-.475 Y-30.34
G01 Y-33.215
G01 X-.21 Y-33.54
G01 X-.74
G01 Y-29.9389
G03 X-.8162 Y-29.7551 I-.26 J0.
G02 X-.7949 Y-29.7338 I.0106 J.0106
G03 X-.6111 Y-29.81 I.1838 J.1838
G01 X-.21
G01 Y-33.54
G00 Z.5
G00 X-.983 Y-31.9989

```

Figura 26: Blocos de código G-Code.

Fonte: <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/The-word-Stream-has-appeared-in-the-NC-code-from-FeatureCAM.html>



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Geometrias complexas necessitam de um sistema CAM para a geração do código G. Existem diversos *softwares* CAM no mercado, tais como: FreeMILL, CamBam, CAM Inventor, SketchUcam, SprutCAM. Além do CAM, *Routers* CNC utilizam um *software* que interpreta o código G, este é responsável por controlar a máquina. Alguns *softwares* de controle CNC utilizados em *Routers* são: LinuxCNC, Mach3, Grbl, Centroid Acorn, FlashCut.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto foi realizado por meio de pesquisas em sites, vídeos e trabalhos científicos relacionado ao assunto. Uma abordagem que teve como objetivo principal a reconstrução de uma Router CNC de pequeno porte para fins didáticos. As etapas metodológicas foram planejadas de forma sequencial, buscando garantir a funcionalidade, segurança e aplicabilidade do equipamento em ambiente educacional.

Inicialmente, foi realizada uma análise diagnóstica do estado físico e estrutural da máquina, identificando componentes danificados ou inutilizáveis. Em seguida, efetuou-se o desmonte completo do equipamento, permitindo o tratamento individual de cada peça. As partes metálicas receberam processo de lixamento e aplicação de óleo anticorrosivo, enquanto os elementos de madeira foram lixados e repintados para aumentar sua durabilidade. Foi elaborada uma modelagem 3D das peças danificadas no software Autodesk Inventor, permitindo a reprodução destas por meio de impressão 3D utilizando filamento PLA — escolhido por sua leveza, resistência e facilidade de fabricação. Na sequência, procedeu-se à montagem mecânica e elétrica, envolvendo a substituição de fios e conectores, fixação dos motores de passo, acoplamentos e fusos de esferas, além da instalação da placa controladora e da fonte de alimentação. Após a montagem, o equipamento foi acoplado a uma base metálica com suporte para monitor, teclado, mouse e extensão elétrica, favorecendo seu transporte e uso didático.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reconstrução da Router CNC foi um projeto bem-sucedido, que atendeu aos objetivos propostos, tornando uma ferramenta de fabricação digital, que geralmente é cara, acessível e a um custo baixo. Desta forma proporcionou um equipamento educacional valioso para os alunos. Este, servira como plataforma de aprendizado prático para diversos cursos técnicos da Etec, como por exemplo eletromecânica, automação, mecatrônica e eletrônica. Para sociedade como um todo, pode se demonstrar que é possível construir um protótipo de baixo custo, capaz de criar produtos personalizados com alta precisão e eficiência. Também podemos afirmar que foi possível instigar e empoderar empreendedores makers, artesãos e pequenas oficinas a sonhar com uma máquina desta. Enfim este trabalho, juntamente com seu protótipo é um laboratório vivo, servindo como uma plataforma didática de valor inestimável para os futuros estudantes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Loja: Prado automação industrial. Disponível em: <https://loja.pradoautomacaoindustrial.com.br/eixo-retificado-e-cromado-25mm>. Acesso em: 11 Set. 2025.
- Loja: Aliexpress. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/1005001693264205.html>. Acesso em: 11 Set. 2025.
- Loja: Eletrodex. Disponível em: <https://www.eletrodex.net/cncimpressora-3d/utensilios/acoplamento-flexivel-cnc-motor-de-passo-eixo-5mm-x-8mm>. Acesso em: 18 Set. 2025.
- Site Heason. Disponível em: <https://www.heason.com/news-media/technical-blog-archive/ball-screw-applications>. Acesso em: 25 Set. 2025.
- Loja: Mercado Livre. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/fuso-de-esferas-12mm--passo-4mm--comprimento-295mm/up/MLBU2376592827>. Acesso em: 25 Set. 2025.
- Site Fuso de Esfera. Disponível em: <https://www.fusodeesfera.com.br/lubrificacao-em-fuso-de-esferas/>. Acesso em: 02 Out. 2025.
- Site Impacto CNC. Disponível em: <https://www.impactocnc.com/Driver-Motor-de-Passo-4A-TB6600>. Acesso em: 02 Out. 2025.
- Loja: Mercado Livre. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/fonte-chaveada-5v-40a-200w-pcameras-modulo-led-estabilizada/up/MLBU1743346797>. Acesso em: 09 Out. 2025.
- Site Curto Circuito. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/blog/motor-de-passo/introducao-ao-motor-de-passo?srsId=AfmBOopA4WVvkPTCpc9sSAB4zOrJr2yADdrYtERvSuihmpkopnLzEsRxY>. Acesso em: 09 Out. 2025.
- Loja: Loja Tecmaf. Disponível em: <https://loja.tecmaf.com.br/spindles-inversores/motor-spindle/motor-spindle-4cv-tecmaf-3-pincas>. Acesso em: 16 Out. 2025.
- Site JDR Projetos. Disponível em: <https://www.jdrprojetos.com.br/cnc-suporte-de-tupia-em-aluminio>. Acesso em: 16 Out. 2025.
- Site BSH Store. Disponível em: <https://www.bshstore.com.br/micro-retifica-3000-10-acessorios-90w-220v-10944/p>. Acesso em: 23 Out. 2025.
- Loja: Loja Amazon. Disponível em: <https://www.amazon.it/Twotrees-macchina-incisione-acrilico-massiccio/dp/B0D8742J8J>. Acesso em: 23 Out. 2025.
- Site Autodesk. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/The-word-Stream-has-appeared-in-the-NC-code-from-FeatureCAM.html>. Acesso em: 30 Out. 2025.