

**Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Etec Philadelpho Gouvêa Netto
Mecatrônica**

**Kauan da Silva Carneiro
Leonardo Micheletti Pacheco
Ryan Ricardo de Souza
Samuel Felipe Sabino Castro
Vitor Hugo de Aquino Tavares
Ygor Matheus Ribeiro Rodrigues**

CONTROLE NUMÉRICO COMPUTADORIZADO (CNC) ROUTER

**São José do Rio Preto
2024**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM MECATRÔNICA

Kauan da Silva Carneiro
Leonardo Micheletti Pacheco
Ryan Ricardo de Souza
Samuel Felipe Sabino Castro
Vitor Hugo de Aquino Tavares
Ygor Matheus Ribeiro Rodrigues

CNC ROUTER

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Marcio Marques Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

São José do Rio Preto

2024

Esta folha destina-se à inserção da **FICHA CATALOGRÁFICA** que o autor receberá após as correções do trabalho pela biblioteca.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Kauan da Silva Carneiro
Leonardo Micheletti Pacheco
Ryan Ricardo de Souza
Samuel Felipe Sabino Castro
Vitor Hugo de Aquino Tavares
Ygor Matheus Ribeiro Rodrigues

CNC ROUTER

APROVADO EM ____ / ____ / ____

PROFESSOR

PROFESSOR

PROFESSOR

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho para nossos pais, que são nossa maior fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, aos nossos Professores: Fogaça, Mario Martin, Marcio, Carlos Murad e Sidney. Também agradecer aos nossos Pais que nos apoiaram desde o início do curso.

“Não se amolde ao padrão deste mundo, mas transforme-se!”

- Romanos 12.2

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a construção de uma mini CNC router. O trabalho detalha os componentes e os métodos de montagem. O trabalho visa oferecer uma solução acessível e de baixo custo para a realização de pequenos projetos de usinagem e gravação. Foram exploradas alternativas de controle utilizando Arduino e software de código aberto. O trabalho também discute a viabilidade técnica e econômica da aplicação em ambientes domésticos e educacionais.

Palavras-chave: CNC router, Arduino, Usinagem.

ABSTRACT

This work aims to present the development and construction of a mini-CNC router. The work details the components and assembly methods. The objective is to offer an accessible and low-cost solution for small machining and engraving projects. Alternatives for control using Arduino and open-source software were explored. The work also discusses the technical and economic viability of its application in domestic and educational environments.

Keywords: CNC router, Arduino, Machining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Transformação da CNC.....	16
Figura 2	- Método de Segurança.....	17
Figura 3	- Modelo de CNC Router.....	18
Figura 4	- Aprendendo sobre CNC.....	19
Figura 5	- CNC em ação.....	20
Figura 6	- Fluxograma.....	21
Figura 7	- Usinagem CNC.....	22
Figura 8	- Projeto final.....	23
Figura 9	- Fonte 12V/10 ^a	24
Figura 10	- Arduino e CNC Shield v3.....	25
Figura 11	- Corte dos eixos.....	27
Figura 12	- Transmissão ZY + Eixo Z.....	27
Figura 13	- Arduino Uno e CNC Shield V3.....	29
Figura 14	- Eixo X.....	30
Figura 15	- Motor dos Eixos (Nema 17)	30
Figura 16	- Filamento PET-G Premium da Voolt3D.....	31
Figura 17	- Ender 3 e Sethi 3D AiP A3.....	32
Figura 18	- Peças Defeituosas.....	32
Figura 19	- Peça Teste.....	33
Figura 20	- Perfil de Alumínio de 20x20 e 20x40.....	33
Figura 21	- Eixo 20x20 e Eixo 20x40.....	34
Figura 22	- Rosca e Acoplamento a Peça da Base.....	34
Figura 23	- Base Lateral Esquerda	35
Figura 24	- Base Completa.....	35
Figura 25	- Transmissão ZY.....	36
Figura 26	- Eixo Z.....	36
Figura 27	- Fuso Trapezoidal TR8.....	37
Figura 28	- Transmissão ZY + Eixo Z.....	37
Figura 29	- Rolamento LM10UU e 623ZZ 3x10x4.....	38
Figura 30	- Correia GT2 10mm e Polia GT2 10mm.....	38

Figura 31	- Lateral Y da Base X.....	39
Figura 32	- Lateral Y da Base X Completa.....	39
Figura 33	- Montagem dos Eixos.....	40
Figura 34	- Base de Usinagem.....	41
Figura 35	- Montagem da Base.....	41
Figura 36	- Ligação dos Motores.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matérias e Preços

26

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CNC	Controle Numérico Computadorizado
ETEC	Escolas Técnicas Estaduais
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
CPS	Centro Paula Souza
MDF	Medium Density Fiberboard (Painel de Fibra de Densidade Média)
PCB	Printed Circuit Boards (Placas de Circuito Impresso)
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	EVOLUÇÃO DA CNC.....	16
2.2	NORMATIZAÇÃO DA CNC.....	17
2.3	UTILIZAÇÃO DA CNC.....	18
2.4	VANTAGENS DA CNC.....	19
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	PESQUISA DOS PRODUTOS E LISTA DE COMPONENTES.....	21
3.2	PROJETO MECÂNICO.....	23
3.3	PROJETO ELÉTRICO E ELETRÔNICO.....	23
3.4	AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS.....	25
3.5	CONSTRUÇÃO DAS PEÇAS E MONTAGEM DA CNC.....	26
3.6	TESTE DE QUALIDADE E FINALIZAÇÃO.....	28
4	ESTUDO DE CASO.....	29
4.1	ARDUINO E CNC SHIELD V3.....	29

4.2	IMPRESSORA E IMPRESSÃO 3D.....	31
4.3	BASE LATERAL.....	33
4.4	Transmissão ZY + Eixo Z.....	37
4.5	ACOPLAMENTO PARA O EIXO Y.....	39
4.6	FINALIZAÇÃO DO PROJETO.....	41
5	CONCLUSÃO.....	45
6	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia tem proporcionado transformações significativas em diversos setores, principalmente na indústria de manufatura e automação. Nesse contexto, as Máquinas de Controle Numérico Computadorizado (CNC) se destaca como uma das principais ferramentas na fabricação de componentes complexos com precisão e repetibilidade. Entre as várias máquinas CNC, a CNC Router tem ganhado cada vez mais espaço, especialmente em áreas como marcenaria, usinagem de metais leves, plásticos e outros matérias.

A CNC Router se caracteriza por ser uma máquina de corte e gravação que utiliza um computador para controlar o movimento de ferramentas de corte, proporcionando elevada precisão no processamento de materiais. Essa tecnologia permite o desenvolvimento de peças de alta complexidade de maneira automatizada, reduzindo o tempo de fabricação e os erros associados ao processo manual. Para garantir a padronização e a qualidade dos processos, é fundamental seguir normas internacionais, como a ISO 9283, que especifica os critérios de desempenho de sistemas de robótica e automação, incluindo precisão, repetibilidade e capacidade de posicionamento.

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), será apresentada a construção de uma CNC Router de baixo custo utilizando o Arduino Uno como base para o controle do sistema. O Arduino Uno, uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, tem sido amplamente utilizado em projetos de automação devido à sua flexibilidade, facilidade de programação e custo acessível. A integração do Arduino Uno com motores de passo, drivers, fusos, correia e outros componentes essenciais permite a criação de um sistema CNC eficiente e com excelente relação custo-benefício.

O objetivo deste trabalho é explorar o desenvolvimento, a funcionalidade e as aplicações de uma CNC Router controlada por Arduino, abordando os aspectos técnicos envolvidos no projeto e na construção do equipamento. Será discutido o uso de softwares de controle de movimento, bem como a programação necessária para integrar os diferentes componentes do sistema.

A relevância do estudo reside na contribuição que essas máquinas oferecem para a modernização do processo produtivo, permitindo maior flexibilidade e

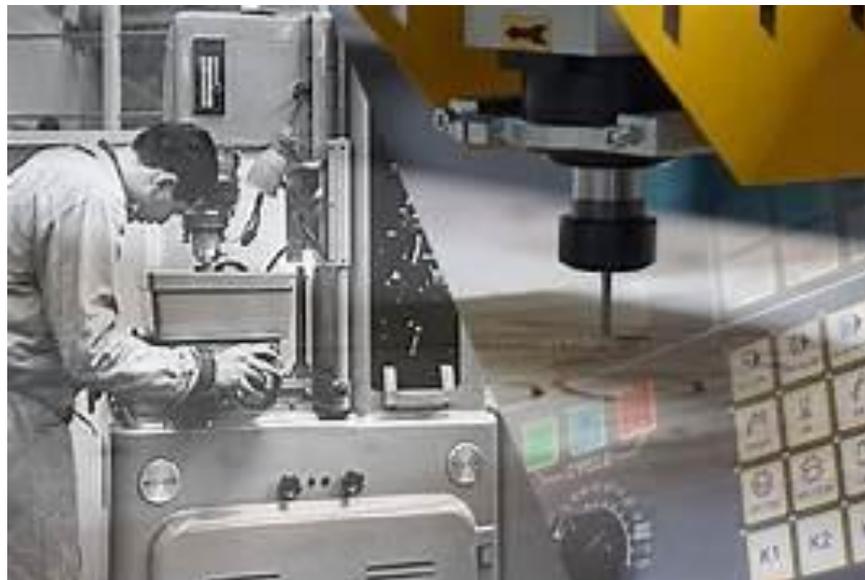
personalização na manufatura. A popularização de equipamentos CNC de baixo custo, como a CNC Router com Arduino, promove o acesso a tecnologias avançadas, possibilitando que profissionais de diversas áreas possam implementar soluções inovadoras e eficientes em suas produções.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EVOLUÇÃO DA CNC

A CNC revolucionou a manufatura moderna, permitindo a criação de peças com alto nível de precisão e repetibilidade (SERVTOOLS, 2024). As máquinas CNC, como a Router, são amplamente utilizadas em diversos setores da indústria, devido à sua capacidade de operar automaticamente, reduzindo a interferência humana e, conseqüentemente, os erros de fabricação. A CNC Router, em particular, tem se destacado em aplicação que envolvem corte a gravação em materiais como madeira, plásticos e metais leves, proporcionando uma solução versátil para pequenas e médias empresas.

Figura 1: Transformação da CNC



Fonte: MachCNC, 2024

A evolução da CNC Router pode ser atribuída à combinação de tecnologia de controle numérico com hardware acessível e de fácil utilização como ilustrado na Figura 1. Um exemplo disso é o uso do Arduino Uno como controlador, uma plataforma de prototipagem aberta que tem facilitado o desenvolvimento de projetos CNC de baixo custo (MARLONNARDI, 2024). O Arduino permite que amadores e profissionais

integrem diferentes componentes eletrônicos e mecânicos, resultando em máquinas altamente personalizáveis. Além disso softwares de código aberto, como o GRBL, têm sido amplamente utilizados para o controle de motores de passo em máquinas CNC, permitindo a implementação de sistemas robustos com investimento limitados.

Estudos como o de Santos et al (2024) apontam que a adoção da CNC Router vem sendo crescentes em setores artesanais e de design, promovendo uma democratização de tecnologia. A combinação de plataformas abertas e a acessibilidade dos componentes torna viável a construção de máquinas personalizadas.

2.2 NORMALIZAÇÃO DA CNC

Outro ponto fundamental é a normalização das máquinas CNC, que visa garantir a qualidade e a segurança no uso desses sistemas como mostra a Figura 2. A ISO 9283 estabelece critérios para a avaliação de desempenho de sistemas de automação, como precisão e repetibilidade, elementos críticos para o funcionamento de uma CNC Router.

Figura 2: Método de Segurança



Fonte: Blog do Nelson Lisboa, 2024

"A ISO 9283 nos mostra os critérios de desempenho e métodos de teste para a manipulação de sistemas robóticos. "

"A eficiência dos routers CNC contribui para práticas sustentáveis, pois o uso preciso dos materiais gera menos resíduos e a automação energética reduz o consumo de energia, alinhando-se com os objetivos de indústrias preocupadas com o meio ambiente." Como também é citado na ISO 14001.

2.3 UTILIZAÇÃO DA CNC

"O CNC router é uma máquina de controle numérico que realiza operações de corte e gravação em uma variedade de materiais, como madeira, plástico, metais leves e compósitos, como mostra a Figura 3. Seu principal diferencial é a precisão e a capacidade de automação, permitindo a produção em larga escala com maior eficiência."

Figura 3: Modelo de CNC Router



Fonte: Kalatec Automação, 2024

"CNC routers são amplamente utilizados em diversos setores, como na fabricação de móveis, na indústria aeronáutica e na criação de peças personalizadas para arquitetura e design, como pode-se observar na Figura 4. Seu uso é vital para processos que demandam alta repetibilidade e precisão."

"O avanço da tecnologia CNC mudou radicalmente a forma como produtos são fabricados, aumentando a competitividade das indústrias. Com a introdução de routers

CNC, foi possível integrar automação em etapas antes exclusivamente manuais, permitindo maior flexibilidade e inovação."

"O uso de routers CNC está cada vez mais popular na prototipagem rápida devido à sua capacidade de trabalhar com uma variedade de materiais, facilitando a criação de modelos de alta fidelidade com tempos de produção reduzidos."

Figura 4: Aprendendo sobre CNC



Fonte: Escola profissional de ourém, 2024

"O uso de routers CNC no ambiente educacional tem crescido como uma ferramenta fundamental para o ensino de design, engenharia e fabricação digital, promovendo habilidades práticas e preparações para o mercado de trabalho."

2.4 VANTAGENS DA CNC

"A CNC permite que os Routers realizem cortes precisos com margens de erro extremamente pequenas, tornando-os ideais para trabalhos que requerem detalhes minuciosos e consistência, como ilustrado na Figura 5."

"Com a automação oferecida pelos routers CNC, o tempo de produção é significativamente reduzido, o que aumenta a eficiência das linhas de produção e diminui o custo de mão de obra e material, já que o desperdício é menor."

"Uma das maiores vantagens do CNC router é sua flexibilidade. A máquina pode ser programada para criar desde peças simples até formas extremamente

complexas, atendendo às demandas de diferentes indústrias, como marcenaria, plásticos e artes gráficas."

Figura 5: CNC em ação



Fonte: Vemax, 2024

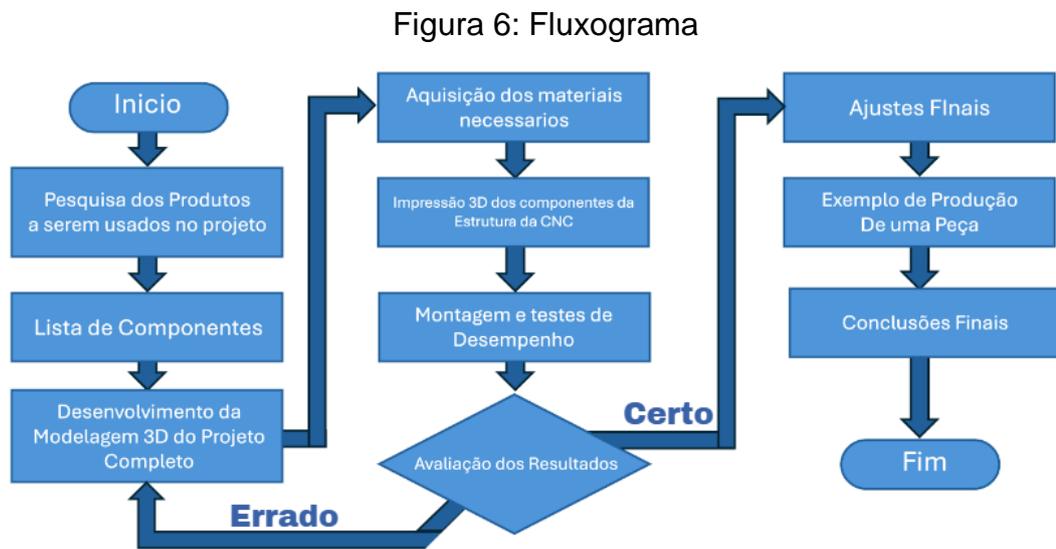
"Com manutenção adequada, os routers CNC podem ter uma vida útil extremamente longa, e sua confiabilidade aumenta a capacidade produtiva das empresas, permitindo o funcionamento contínuo por longos períodos sem necessidade de ajustes constantes."

"A eficiência dos routers CNC contribui para práticas sustentáveis, pois o uso preciso dos materiais gera menos resíduos e a automação energética reduz o consumo de energia, alinhando-se com os objetivos de indústrias preocupadas com o meio ambiente."

"A principal vantagem de uma CNC Router em relação aos métodos manuais de corte e gravação é a precisão. A automação da máquina permite que projetos complexos sejam replicados com consistência e em menos tempo. Além disso, o desperdício de material é reduzido, tornando o processo mais econômico."

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada as informações relacionadas ao desenvolvimento da CNC Router. Para o desenvolvimento da CNC foi feito um fluxograma, ilustrado na Figura 6.



Fonte: Próprio autor,2024

A seguir será descrito com maiores detalhes as etapas que foram feitas para a produção da CNC Router.

3.1 PESQUISA DOS PRODUTOS E LISTA DOS COMPONENTES

Inicialmente foi feito um dimensionamento da CNC, levando em consideração a sua aplicação e custo de fabricação. Sua aplicação tem como base a fabricação de PCB (placa de circuito impresso), usinagem em MDF (Medium Density Fiberboard “chapa de fibra de madeira de média densidade”), madeira, plástico, acrílico e matérias semelhantes, pode-se observar sua aplicação na Figura 7. Já seu custo de

fabricação foi determinado com base na contribuição financeira de cada integrante do grupo.

Figura 7: Usinagem CNC



Fonte: Luiz Carvalho, 2024

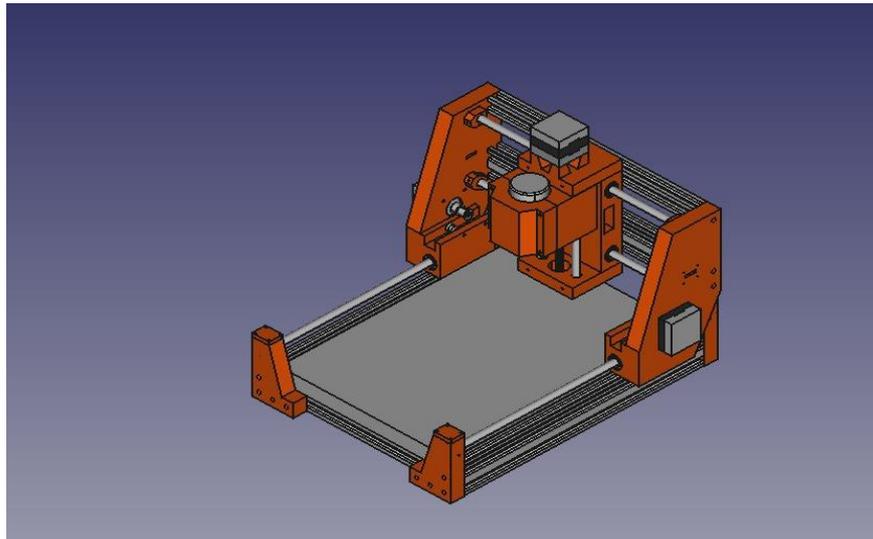
Também foi feita a definição dos materiais e peças a serem utilizados, levando em consideração as ferramentas e máquinas (disponíveis no laboratório de mecatrônica da Etec Philadelpho Gouvêa Netto), como: impressora 3D, esmerilhadeira, prensa manual, torno mecânico, etc.

Com essas informações foi decidido que seria utilizado: PET-G (como material de impressão 3D) para a estrutura da CNC, perfis de alumínio (conectar as peças impressas), conjunto de rolamentos lineares e eixo guia (permitir e suportar movimentação linear dos eixos X, Y e Z), correia dentada, polia, acoplamentos e fusos trapezoidais (transmitir o movimento do motor para os eixos), além dos motores de passo (que será explicado e descrito no projeto elétrico/eletrônico).

3.2 PROJETO MECÂNICO

No projeto mecânico foi definido o material usado e o modo de construção da estrutura através de impressão 3D e perfis de alumínio. E também foi desenvolvido o projeto final, como ilustra a Figura 8.

Figura 8: Projeto Final



Fonte: Próprio autor,2024

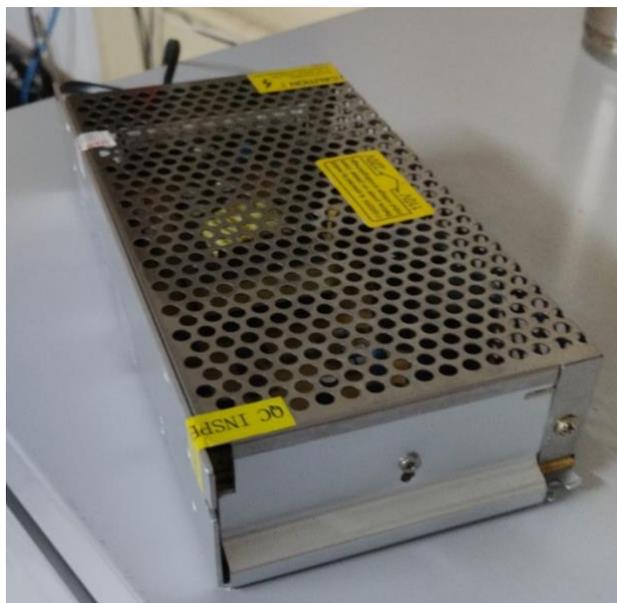
Para isso foi utilizado um software de modelagem 2D e 3D chamado FreeCad, o qual possibilitou a criação dos modelos a serem impressos e também a montagem com as demais peças e componentes da CNC.

3.3 Projeto Elétrico e Eletrônico

A parte elétrica e eletrônica pode ser definida como a responsável por realizar o trabalho de movimentação da estrutura da CNC de acordo com os comandos recebidos em forma de G-code. De maneira breve o projeto Elétrico e Eletrônico pode ser resumido em quatro partes:

Alimentação: fonte de alimentação que fornece energia para os componentes, como CNC Shield, motores de passo, spindle, etc. De uma forma mais técnica a fonte é responsável por transformar a corrente alternada fornecida na tomada em corrente contínua com a tensão e corrente desejada, nesse caso foi utilizado uma fonte capaz de fornecer 12V/10A ilustrada na Figura 9, sendo ideal para alimentar os motores, CNC Shield V3 e os drives A4988.

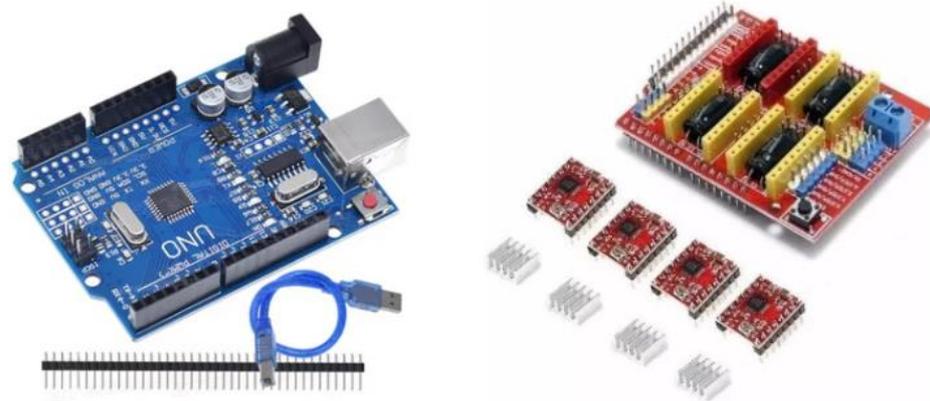
Figura 9: Fonte 12V/10A



Fonte: Próprio autor, 2024

Microcontroladores: parte responsável por comandar os movimentos dos eixos por meio dos motores de passo e ligar e deligar o spindle. Sendo compostas pelo Arduino UNO, CNC Shield V3 (Ilustrados na Figura 10) e quatro drives A4988. Todo esse conjunto é comandado pelo Arduino com o código GRBL já inserido. Já a CNC Shield serve como uma ponte para simplificar a conexão do Arduino e a alimentação dos drives A4988, que por sua vez geram os pulsos que movimentam os motores de passo.

Figura 10: Arduino e CNC Shield V3



Fonte: Shopee, 2024

Motores de Passo: Os motores de passo são os motores que vão movimentar os eixos X, Y e Z; com precisão milimétrica, e como já mencionado no tópico anterior, os motores serão controlados através de pulsos que correspondem a um certo ângulo de rotação do motor de forma precisa, assim possibilitando a precisão no deslocamento dos eixos.

Spindle: motor acoplado ao eixo Z, responsável gira a broca ou fresa que vai furar/desbastar o material a ser trabalhado pela CNC e será acionado por um relé.

3.4 AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS

Após a realização dos projetos, mecânicos, elétricos e eletrônicos foi feita a lista e a compra das peças e matérias, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Matérias e Preços

CNC Router - Orçamento						
Produtos	Unidades	Preço por Unidade	Preço Final	Preço para Cada		
CNC Shield V3	1	R\$ 20.00	R\$ 20.00	R\$		3.33
Driver A4988	4	R\$ 11.47	R\$ 45.88	R\$		7.65
Motor de Passo NEMA 17 4,2 kgf 1,8 graus	4	R\$ 57.90	R\$ 231.60	R\$		38.60
Rolamento Linear LM10UU Para Eixo 10mm	12	R\$ 11.86	R\$ 142.32	R\$		23.72
Eixo Guia Linear 10mm X 400mm	2	R\$ 45.99	R\$ 91.98	R\$		15.33
Eixo Guia Linear 10mm X 350mm	2	R\$ 69.90	R\$ 139.80	R\$		23.30
Eixo Guia Linear 10mm X 150mm	1	R\$ 35.90	R\$ 35.90	R\$		5.98
Perfil de Alumínio 20x20 - 800mm	1	R\$ 27.20	R\$ 27.20	R\$		4.53
Perfil de Alumínio 20x40 - 1000mm	1	R\$ 60.50	R\$ 60.50	R\$		10.08
Correia GT2 10mm	1	R\$ 69.98	R\$ 69.98	R\$		11.66
Polia GT2 para Eixo 5mm e Correia 10mm - 20 dentes	3	R\$ 10.90	R\$ 32.70	R\$		5.45
Acoplamento Rígido em Alumínio 5x8mm	1	R\$ 27.04	R\$ 27.04	R\$		4.51
Fuso Trapezoidal TR8 150mm Passo 2 + Castanha Em Metal	1	R\$ 37.99	R\$ 37.99	R\$		6.33
Motor do Eixo de Alta Potência 12000 RPM, Mini Motor Elétrico	1	R\$ 192.37	R\$ 192.37	R\$		32.06
Rolamento 623ZZ 3x10x4mm	18	R\$ 2.00	R\$ 36.00	R\$		6.00
Filamento Petg - Voolt3d 1kg Cor Vermelha	1	R\$ 112.00	R\$ 112.00	R\$		18.67
Total:			R\$ 1,303.26	R\$		217.21

Fonte: Próprio autor, 2024

3.5 CONSTRUÇÃO DAS PEÇAS E MONTAGEM DA CNC

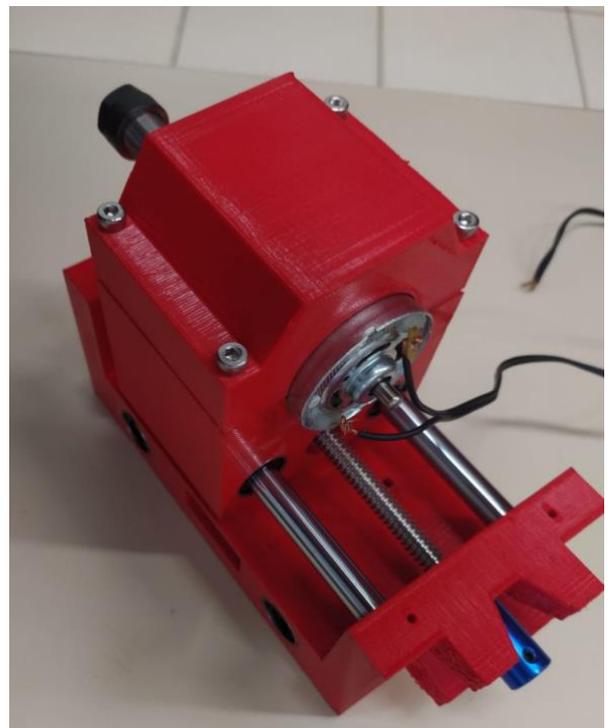
Após aquisição dos materiais, iniciou-se a produção das peças modeladas em 3D. Também se conferiu as demais peças como os rolamentos, motores, eixos guias, etc. Foi realizado o corte e feito rosca em algumas peças antes da montagem das partes e peças mecânicas da CNC, como ilustra as Figuras 11 e 12.

Figura 11: Corte dos Eixos



Fonte: Próprio autor,2024

Figura 12: Transmissão ZY + Eixo Z



Fonte: Próprio autor,2024

3.6 TESTE DE QUALIDADE E FINALIZAÇÃO

Durante a montagem da estrutura foram feitos teste para checar o funcionamento e a qualidade das peças, para garantir o pleno funcionamento do projeto depois de finalizado.

Caso os testes sejam satisfatórios, é dada a sequência no projeto sem fazer alterações; agora caso seja insatisfatório, é realizado as alterações necessárias para que funcione como desejado.

Desta forma é formado um ciclo de análise de qualidade, garantido que a CNC funcione como desejado.

4 ESTUDO DE CASO

No Estudo de Caso será mostrado os componentes do projeto, mostrando preços, do porquê foi usado tais componentes e equipamentos.

4.1 ARDUINO E CNC SHIELD V3

Utilizou-se um Arduino Uno onde envia-se o código GRBL. Após isso foi acoplado uma CNC Shield ao Arduino Uno configuramos as tensões de cada Driver, os Drivers A4988 servem para girarem os motores dos eixos X, Y e Z – o Eixo X se acopla a um Eixo extra que existe na placa, chama de Eixo A. (Um exemplo de Arduino Uno e CNC Shield se tem na Figura 13).

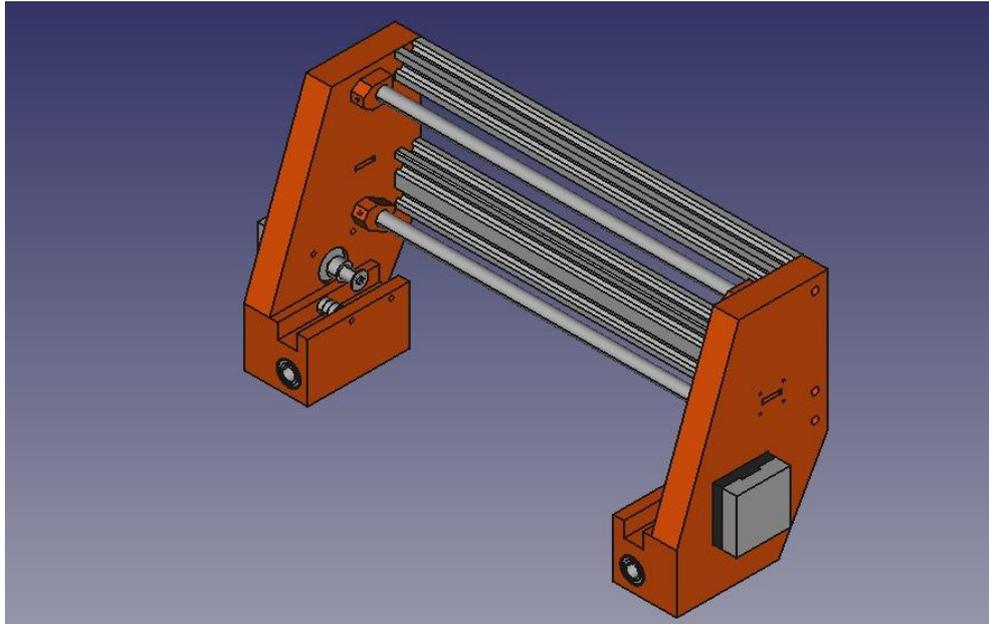
Figura 13: Arduino Uno e CNC Shield V3



Fonte: Lojas da Internet, 2024

Para que o Eixo X funcione perfeitamente, foi acoplado mais um Motor em um Eixo extra que serve para andar junto ao Eixo X, que fica do lado oposto, para uma melhor execução do movimento. Como exemplo se tem o Eixo X com os dois motores, que está presente na Figura 14.

Figura 14: Eixo X



Fonte: Próprio autor, 2024

Os Motores que foram utilizados são 4 do modelo Nema 17 como mostra na Figura 15 onde cada um é acoplado na placa da CNC Shield e ficam interligados aos Drivers A4988 através dos fios jumpers – também foi utilizada uma fonte de 12v para alimentar a placa da CNC Shield e os Motores.

Figura 15: Motor dos Eixos (Nema 17)



R\$57,50
Motor de Passo - Nema 17

Fonte: Lojas da Internet, 2024

4.2 IMPRESSORA E IMPRESSÃO 3D

Utilizou-se o PET-G Premium da empresa Voolt3D que é um Filamento bastante durável, resistente e flexível, que é o que se procurou nas peças que precisaremos usar para montar a CNC Router. Foi utilizado um Software chamado FreeCad para fazer a impressão das peças, colocou-se em Laranja no programa, mas foi impresso em cor vermelha, como mostra na Figura 16.

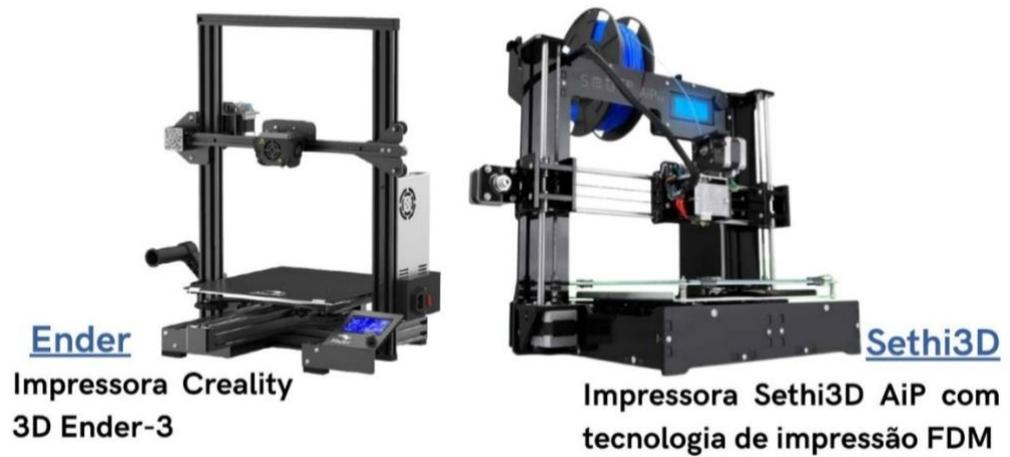
Figura 16: Filamento PET-G Premium da Voolt3D



Fonte: Voolt3D, 2024

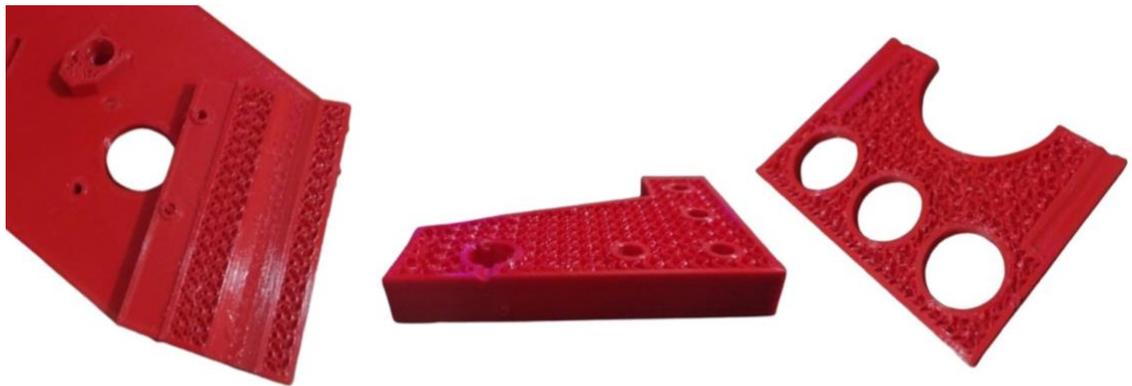
Na escola da Etec Philadelpho se tem disponível Três impressoras, mas foram utilizadas apenas duas no projeto, a impressora modelo Ender 3 e Sethi 3D AiP A3 como mostra na Figura 17. Primeiro foi utilizada a Ender 3 mas através de complicações na utilização da impressora, decidiu-se pela Sethi 3D AiP A3 que resolveu nossos problemas, na Figura 18 mostra alguns erros de peças que deram errado no projeto.

Figura 17: Ender 3 e Sethi 3D AiP A3



Fonte: Imagens Ilustrativas da Internet

Figura 18: Peças defeituosas



Erros Durante a Produção

Fonte: Próprio autor,2024

De início foi produzida uma peça de exemplo, como mostra na Figura 19, para testar o tamanho dos parafusos e para se decidir como seriam feitas as roscas nas peças ou não.

Figura 19: Peça Teste



Fonte: Próprio autor,2024

4.3 BASE LATERAL

Foi utilizado Perfis de Alumínio, um de 20x20 de 800mm e outro de 20x40 de 1000mm como mostra na Figura 20 – foram cortados o 20x20 de 800mm em peças de 300mm e dois de 350mm, já a de 20x40 de 1000mm em peças de 300mm e dois 250mm.

Figura 20: Perfil de Alumínio de 20x20 e 20x40



Fonte: Imagens Ilustrativas da Internet

Também se utilizou Eixos Guias Lineares, como está na Figura 21, um de 10mm x 300mm, duas de 10mm x 400mm e duas de 10mmX350mm. O eixo de 300mm foi cortado na dimensão de 150mm, as de 400mm viraram cada de 380mm e as de 350mm viraram cada de 330mm.

Figura 21: Eixo 20x20 e Eixo 20x40



Eixo Guia Linear

10mmX300mm - R\$35,99

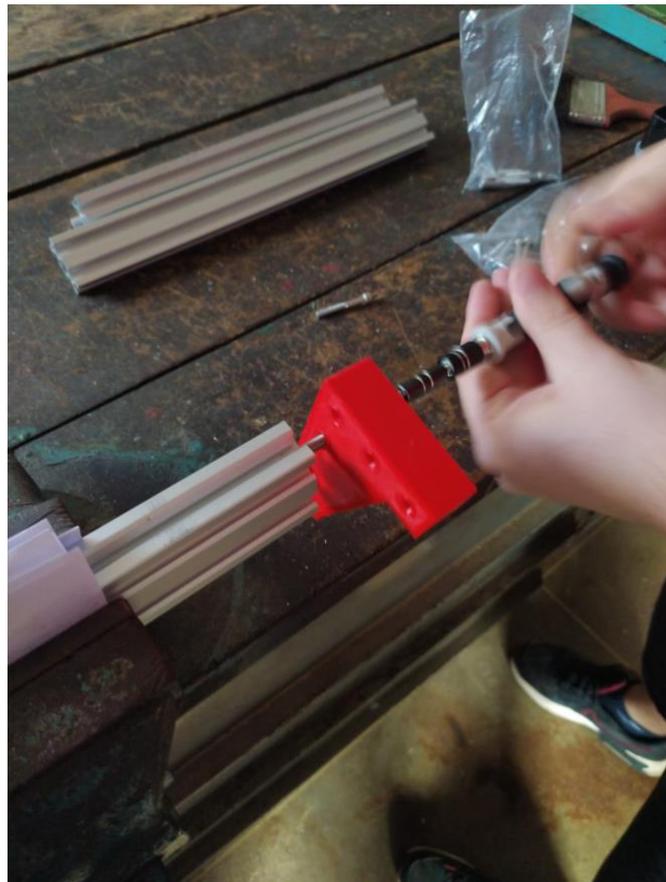
10mmX400mm - R\$45,99

10mmX350mm - R\$69,90

Fonte: Imagens Ilustrativas da Internet

Após esta etapa, foram cortados os Eixos e os Perfis de Alumínio nós imprimimos uma peça para a Base e fizemos rosca nos Perfis de alumínio como mostrado na Figura 22.

Figura 22: Rosca e acoplado a Peça da Base



Fonte: Próprio autor, 2024

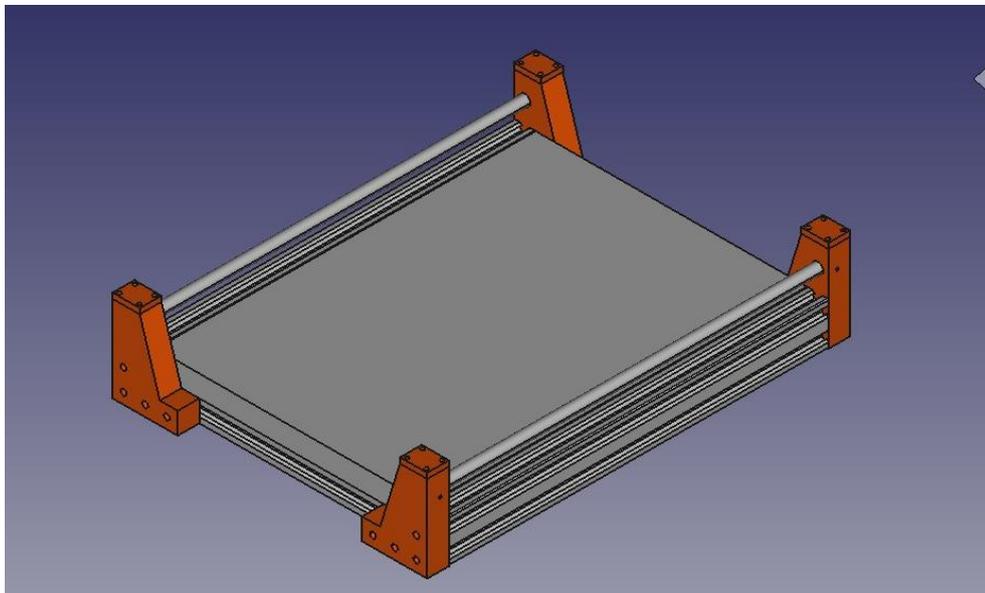
Ademais dessas atividades nosso grupo montou a Base Lateral Esquerda, que é a peça que está ilustrada na Figura 23. Mas após desenvolvida a base completa, ela ficara como mostra na Figura 24. No centro ficara a área de trabalho da CNC, a área de trabalho será feita de MDF onde após utilizou-se o Programa G-Code, enviado o desenho que a CNC fará na placa de MDF.

Figura 23: Base Lateral Esquerda



Fonte: Próprio autor,2024

Figura 24: Base Completa



Fonte: Próprio autor,2024

4.4 Transmissão ZY + Eixo Z

Montou-se uma peça que faz o movimento do Eixo X como mostrado na Figura 25 e esta foi acoplada ao Eixo Z como mostra na Figura 26 através do Fuso Trapezoidal TR8, como ilustrado na Figura 27.

Figura 25: Transmissão ZY



Fonte: Próprio autor, 2024

Figura 26: Eixo Z



Fonte: Próprio autor, 2024

Figura 27: Fuso Trapezoidal TR8



Fonte: Imagens Ilustrativas da Internet

Após finalizado a produção das peças, foi realizada a montagem do conjunto através dos eixos guias lineares e nomeou-se como de “Transmissão ZY + Eixo Z” como mostra na Figura 28.

Figura 28: Transmissão ZY + Eixo Z



Fonte: Próprio autor, 2024

4.5 ACOPLAMENTO PARA O EIXO Y

Foi feita a compra de dois tipos de rolamento, como mostra na Figura 29, o LM10UU que serve para fazer o movimento do eixo guia e o rolamento 623ZZ, onde essas são suas medidas: 3x10x4.

Figura 29: Rolamento LM10UU e 623ZZ 3x10x4



Fonte: Próprio autor, 2024

Para o funcionamento correto dos Rolamentos é necessária uma correia, para isso utilizou-se 2 metros da correia GT2 de 10mm e para ajudar ainda mais os rolamentos também se adicionou uma polia que se encaixa na correia, que foi a polia GT2 de 10mm. Os dois componentes se encontram na Figura 30.

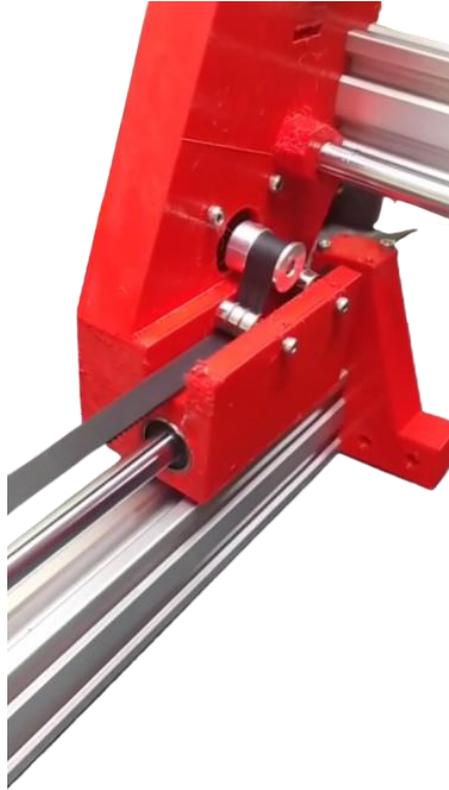
Figura 30: Correia GT2 10 mm e Polia GT2 10mm



Fonte: Próprio autor, 2024

Depois de desta etapa, montou-se na peça conforme ilustra a Figura 31 com o rolamento LM10UU no eixo guia linear e a correia GT2 de 10mm passada no rolamento 623ZZ e encaixado na polia GT2 de 10mm.

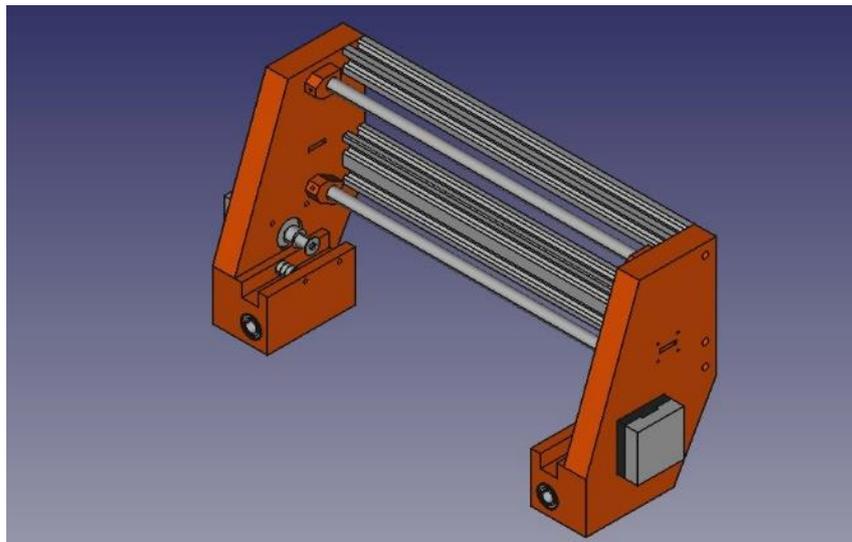
Figura 31: Lateral Y da Base X



Fonte: Próprio autor, 2024

Para demonstração de uma forma mais detalhada, se tem o projeto dos dois lados, a Lateral Y da Base do Eixo X como mostra na Figura 32.

Figura 32: Lateral Y da Base X Completa



Fonte: Próprio autor, 2024

4.6 FINALIZAÇÃO DO PROJETO

Após a impressão iniciou-se a fase de montagem das peças. Primeiramente foi realizada a montagem das bases laterais Y e de Transmissão ZY + Eixo Z. Também já foi acoplado o motor de alta rotação ao eixo Z e os dois motores de passo que efetuarão o movimento do eixo Y. E também como já foi mencionado, adicionou-se o rolamento LM10UU no eixo guia linear e a correia GT2 de 10mm passada no rolamento 623ZZ e encaixado na polia GT2 de 10mm. Como mostra a Figura 33

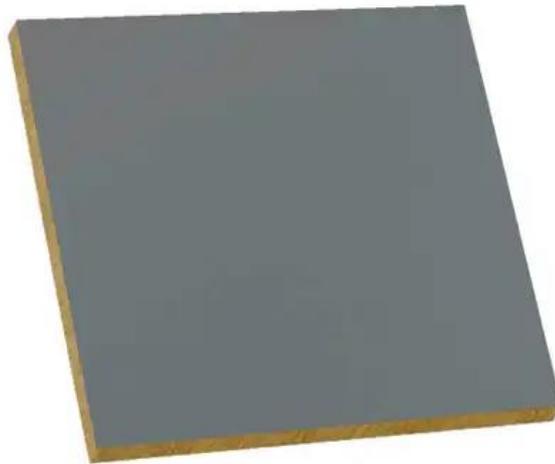
Figura 33: Montagem dos Eixos



Fonte: Próprio autor, 2024

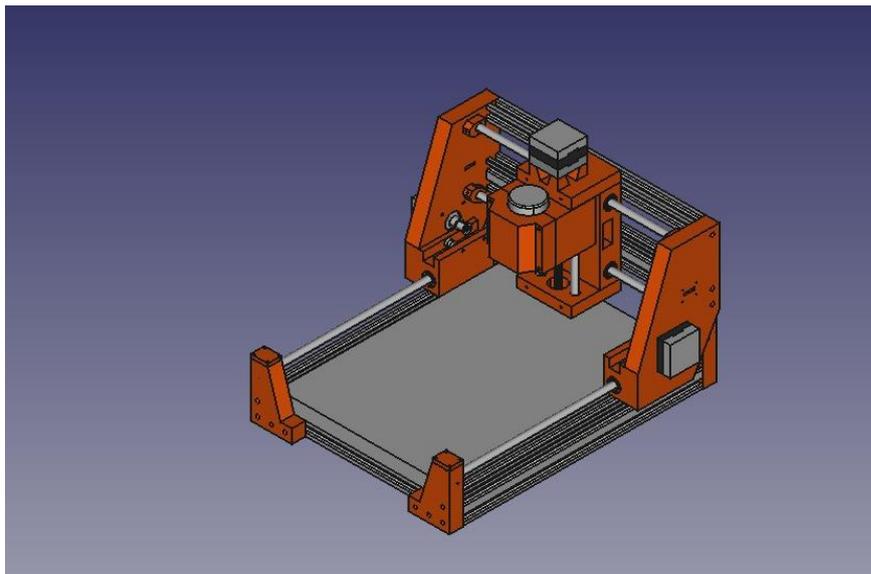
Após isso adicionou-se a base de usinagem. A base de usinagem foi feita de MDF por ser um material mais barato e resistente. Caso esta base seja danificada durante a usinagem basta retirá-la e colocar uma nova. Nas Figuras 34 é mostrada a base isolada e na Figura 35 montada na base fora do projeto e montada.

Figura 34: Base de Usinagem



Fonte: Madeiranit, 2024

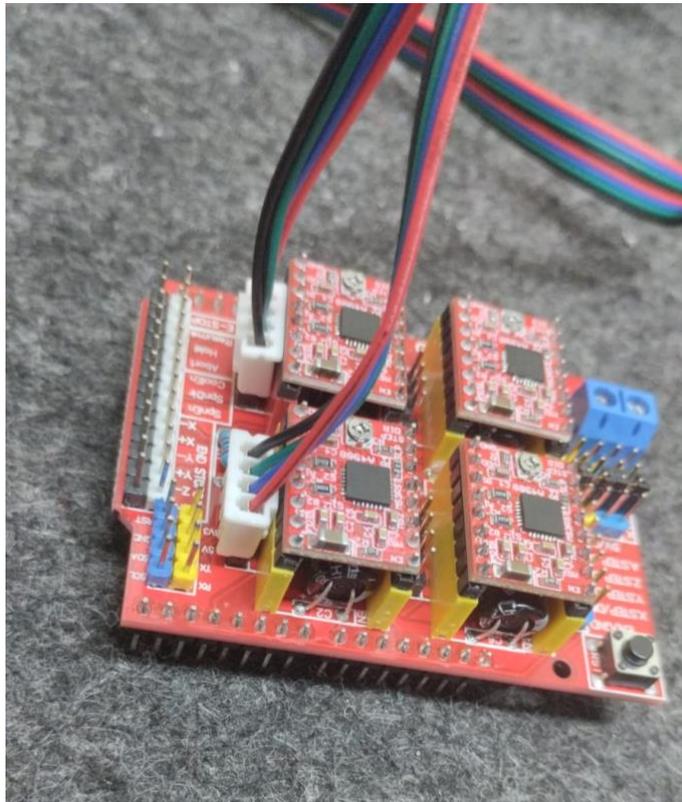
Figura 35: Montagem da base



Fonte: Próprio autor, 2024

Depois destas duas etapas foi feita a ligação dos motores aos Drivers A4988 como mostra a Figura 36. Após isto basta você programar e enviar o código GRBL aos drivers para que eles possam efetuar os movimentos já programados e fazer a gravação desejada no material que você utilizará.

Figura 36: Ligação dos motores



Fonte: Próprio autor, 2024

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma CNC Router com baixo custo utilizando o Arduino Uno e componentes acessíveis, incluindo peças impressas em 3D com PET-G, demonstrou ser uma solução viável para democratizar o acesso à tecnologia CNC, especialmente para hobbistas, pequenos empreendedores e áreas educacionais. Este trabalho abordou a construção de uma máquina capaz de realizar tarefas de gravação e corte com precisão satisfatória, levando em conta parâmetros técnicos definidos pela norma ISO 9283, que orientou os testes de desempenho e assegurou um padrão de qualidade nos resultados obtidos.

A escolha do Arduino Uno como núcleo do sistema de controle foi um dos principais diferenciais do projeto. Essa plataforma de hardware aberto, amplamente acessível e versátil, foi essencial para integrar diferentes componentes, como motores de passo, drivers e sensores, com o GRBL. O GRBL, por sua vez, possibilitou uma interface simples e funcional para controle dos movimentos da máquina, traduzindo comandos G-code em ações precisas nos eixos X, Y e Z. A configuração e calibração do GRBL permitiram ajustar a velocidade, aceleração e precisão do sistema, garantindo a repetibilidade nos movimentos e resultados consistentes.

O uso de peças impressas em 3D com material PET-G foi outro aspecto significativo deste projeto. O PET-G foi escolhido devido à sua alta resistência mecânica e estabilidade térmica, características fundamentais para componentes que precisam suportar cargas e vibrações durante o funcionamento da máquina. A impressão 3D permitiu a customização de peças de suporte e acoplamento, reduzindo os custos de fabricação e aumentando a flexibilidade do design. Além disso, a integração dessas peças à estrutura de alumínio contribuiu para a estabilidade geral do equipamento, minimizando vibrações indesejadas que poderiam comprometer a precisão.

Os resultados dos testes práticos foram promissores, demonstrando que a CNC Router é capaz de realizar operações de gravação e corte com erros mínimos de deslocamento. Apesar das limitações inerentes aos materiais e componentes utilizados, o desempenho geral da máquina foi satisfatório e adequado para seu propósito inicial.

Além dos aspectos técnicos, este trabalho reforça a importância da acessibilidade tecnológica e do estímulo ao aprendizado prático em áreas como automação, engenharia e design de produtos. A construção de uma CNC Router com custo reduzido possibilita não apenas a exploração de novas possibilidades criativas, mas também fomenta a inclusão de tecnologias avançadas em ambientes de ensino e em negócios de pequeno porte. A experiência prática adquirida ao longo do projeto também destacou o valor do método de tentativa e erro, do aprendizado contínuo e da adaptação de soluções para superar desafios técnicos.

No entanto, algumas limitações foram observadas e devem ser consideradas em futuros aprimoramentos. A base de MDF, embora tenha se mostrado suficiente para suportar o uso em aplicações leves, pode não ser adequada para tarefas mais exigentes ou materiais mais rígidos, como metais. Da mesma forma, os motores de passo NEMA 17 apresentaram desempenho satisfatório dentro das condições do projeto, mas poderiam ser substituídos por modelos mais robustos em uma versão mais avançada do equipamento.

Outro ponto que merece atenção é a escalabilidade do sistema. Apesar de o Arduino Uno ter sido eficaz no controle da máquina, sua capacidade de processamento e número limitado de portas podem representar um obstáculo em projetos mais complexos ou que demandem maior automação. Nesse sentido, microcontroladores mais avançados, como o Arduino Mega ou controladores dedicados para CNC, podem ser explorados em versões futuras.

Por fim, o uso da norma ISO 9283 como referência técnica foi fundamental para garantir que o projeto seguisse padrões reconhecidos de precisão e repetibilidade. A aplicação desses parâmetros não apenas assegurou a qualidade do produto final, mas também reforçou a importância de alinhar projetos experimentais a normativas globais, permitindo que resultados possam ser comparados e replicados em contextos semelhantes.

Dessa forma, este trabalho contribui para o desenvolvimento de soluções tecnológicas acessíveis e práticas, destacando a importância da interdisciplinaridade e da aplicação de conhecimentos teóricos na criação de ferramentas úteis e funcionais. A CNC Router de baixo custo apresentada neste estudo é um exemplo claro de como a combinação de tecnologias emergentes, como impressão 3D e plataformas de hardware aberto, pode transformar ideias em realidade, promovendo inovação e acessibilidade.

Como propostas futuras, sugere-se a realização de ajustes no design estrutural para aumentar a rigidez da máquina, bem como a inclusão de sensores adicionais para monitoramento em tempo real do desempenho dos eixos e também aumento da área de trabalho. Além disso, a integração de sistemas mais avançados, como controle por computador embarcado e interface gráfica personalizada, pode elevar ainda mais o potencial da máquina, aproximando-a de modelos comerciais com custos significativamente mais altos. Com essas melhorias, a CNC Router poderá alcançar novos patamares de funcionalidade, expandindo suas aplicações e consolidando-se como uma alternativa viável e competitiva no mercado de baixo custo.

6 REFERÊNCIAS

ServTools (2024), disponível em: <https://servtools.com.br/maquinas-usinagem-industria/>. Acesso em 09/10/2024.

Marlon Nardi (2024), disponível em: <https://marlonnardi.com/2020/06/16/construa-sua-propria-cnc-3-0-com-arduino/>. Acesso em 09/10/2024.

Repositório Institucional (2024), disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/>. Acesso em 09/10/2024.

ISO 9283 (2024), disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9283:ed-2:v1:en>. Acesso em 09/10/2024

MachCNC (2024), disponível em: <https://machcnc.com.br/>. Acesso em 04/11/2024

Blog do Nelson Lisboa (2024), disponível em: <https://blogdonelsonlisboa.com.br/pattem-64-vagas-hoje-dia-19-incluindo-tecnico-de-seguranca-do-trabalho-e-torneiro-cnc>. Acesso em 04/11/2024

Kalatec Automação (2024), disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/router-cnc/>. Acesso em 04/11/2024

Portal Mecânica Industrial (2024), disponível em: <https://www.mecanicadigital.com.br>. Acesso em 04/11/2024

CIMM - Centro de Informação Metal Mecânica (2024), disponível em: <https://www.cimm.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Revista Ferramental (2024), disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Abimaq - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (2024), disponível em: <https://www.abimaq.org.br>. Acesso em 04/11/2024

Mundo da Usinagem (2024), disponível em: <https://www.mundodausinagem.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Engenhariae (2024), disponível em: <https://www.engenhariae.com.br>. Acesso em 04/11/2024

A Voz da Indústria (2024), disponível em: <https://www.avozdaindustria.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Painel Brasil (2024), disponível em: <https://www.painelbrasil.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Educação Profissional (2024), disponível em <https://www.educacaoprofissional.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Mecânica Online (2024), disponível em: <https://www.mecanicaonline.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Revista Sustentável (2024), disponível em: <https://www.revistasustentavel.com.br>. Acesso em 04/11/2024

Vemax (2024), disponível em: <https://vemax.ind.br/blog/torno-cnc-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em 04/11/2024.

ESCOLA PROFISSIONAL DE OURÉM (2024), disponível em: <https://www.insignare.pt/pt/6555/escola-profissional-de-ourem-recebe-alunos-da-republica-checa-para-formacao-em-cnc>. Acesso em 04/11/2024.

Shopee (2024), disponível em: <https://shopee.com.br/Cnc-Shield-V3-para-CNC-com-Arduino-UNO-i.326330637.9358356367>. Acesso em 21/11/2024

Madeiranit (2024), disponível em: <https://www.madeiranit.com.br/mdf-cinza-sagrado-essencial-6mm-2-faces-duratex>. . Acesso em 21/11/2024