

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA MECÂNICA**

CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO CNC ROUTER 3 EIXOS

**EDUARDO ALOISIO FAZA RISPOLI
PEDRO HENRIQUE QUARESMA SILVA
RENAN BATISTA
KATRIEL OLIVEIRA DE CAMARGO
WELLINGTON MECATI**

**Campo Limpo Paulista - SP
Junho - 2021**

Eduardo Aloisio Faza Rispoli
Pedro Henrique Quaresma Silva
Renan Batista
Katriel Oliveira de Camargo
Wellington Mecati

CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO CNC ROUTER 3 EIXOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Universitário Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Marcos Martins Mioni
Prof. Francisco Coelho de Oliveira

Campo Limpo Paulista - SP
Junho - 2021

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA MECÂNICA**

CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO CNC ROUTER 3 EIXOS

RA 27895 Pedro Henrique Quaresma Silva

RA 26825 Eduardo Aloisio Faza Rispoli

RA 26651 Renan Batista

RA 27953 Katriel Oliveira de Camargo

RA 26860 Wellington Mecati

Orientador: Prof. Marcos Martins Mioni

Banca Examinadora:

Prof.

Convidado

Prof. Marcos Martins Mioni

Orientador

Prof. Alexandre Capelli

Coordenador

**Campo Limpo Paulista - SP
Junho - 2021**

AGRADECIMENTO

Agradecemos primeiramente a Deus pela oportunidade, aos nossos familiares e colaboradores pelo apoio e aos nossos professores que estiveram dispostos a nos ajudar ao longo de nosso aprendizado.

RESUMO

Este trabalho apresenta a importância da automação no mercado de trabalho, a necessidade não apenas da constante diminuição dos custos de produção como também as exigências cada vez maiores do mercado que se baseia em padrões de qualidade para aquisição dos produtos. O desenvolvimento da tecnologia vem sofrendo uma grande revolução, na qual a gestão e a automatização de máquinas livres são realizadas. Portanto o projeto mostra que estas máquinas com ênfase em usinagem caracterizam-se por ser de baixo custo, de fácil utilização e simplificam a tarefa de automatizar processos. A máquina é composta por 3 eixos, as movimentações dos eixos são realizadas através de roldanas e correias que recebem o movimento do motor de passo, e o acionamento da correia de corte é feito pela tupa. Para o desenvolvimento destas máquinas livres, geralmente, são utilizadas plataformas de hardware livre, todas as ações do Router são controladas por comandos de software Arduíno executado por computador em ambiente Windows. Diante disso, o trabalho tem como objetivo construir uma máquina CNC e demonstrar a funcionalidade da mesma.

Palavras chaves: Automação, Máquina, Router, Arduíno.

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
mm – milímetro

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – CNC Router (madeira)

Figura 02 – ATC CNC Router + 4 eixos

Figura 03 – Router CNC (4 eixos)

Figura 04 – Router CNC (eixo rotativo)

Figura 05 – Router CNC (gravação em pedra)

Figura 06 – Mini Router CNC

Figura 07 – Router CNC (5 eixos)

Figura 08 – Router CNC ESP/ESPUMA

Figura 09 – Tupia de coluna Vonder

Figura 10 – Tupia de coluna Bosch

Figura 11 – Tupia laminadora Vonder

Figura 12 – Tupia laminadora Makita 3709

Figura 13 – Fluxograma do processo

Figura 14 – Maquete 3D desenvolvida no software CAD3D – Solidworks versão 2021

Figura 15 – Desenho 2D da montagem do conjunto com posicionamento de subconjuntos.

Figura 16 – Desenho 2D da montagem da base – com descrição de componentes e materiais.

Figura 17 – Desenho 2D da montagem do eixo “Y” – com descrição de componentes materiais.

Figura 18 - Desenho 2D da montagem do eixo “X” – com descrição de componentes e materiais.

Figura 19 - Desenho 2D da montagem do eixo “Z” – com descrição de componentes e materiais.

Figura 20 – Projeto elétrico

Figura 21 – Perfis em alumínio extrudado (tipo Bosch 45x90 / 40x40)

Figura 22 – Kit Arduino

Figura 23 – Motores de passo NEMA 17

Figura 24 – Correia dentada 6mm

Figura 25 – Kit roldanas

Figura 26 – Cabos conectores para motor passo Nema 17

Figura 27 – Tupia Makita

Figura 28 – Base de alumínio

Figura 29 – Construção do quadro

Figura 30 – Eixo Y

Figura 31 – Eixo X

Figura 32 – Eixo Z

Figura 33 – Montagem geral – parte 1

Figura 34 – Montagem geral – parte 2

LISTA DE TABELAS / GRÁFICOS

Gráfico 01 – Cronograma da execução do projeto

Tabela 01 – Lista de caracteres mais utilizados em programação CNC

Tabela 02 – Instruções tipo G (preparatórias) mais utilizadas em programação CNC

Tabela 03 – Instruções tipo M (miscelâneas) mais utilizadas em programação CNC

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo geral	12
1.2. Problema	12
1.3. Justificativa.....	13
1.4. Metodologia.....	13
1.4.1. Metodologia científica	13
1.4.2. Metodologia do projeto.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Modelos de Router CNC	15
2.1.1. Router CNC (Madeira)	15
2.1.2. Router CNC (ATC).....	16
2.1.3. Router CNC (4 eixos)	16
2.1.4. Router CNC (eixo rotativo).....	17
2.1.5. Router CNC (Gravação em pedra)	18
2.1.6. MINI CNC Router	18
2.1.7. Router CNC (5 eixos)	19
2.1.8. Router CNC EPS/ESPUMA.....	20
2.2. Tupia/Spindle.....	20
2.2.1. Os melhores modelos de TUPIA no mercado:.....	21
2.3. Programação CNC.....	24
3. PROJETO - MATERIAIS E CONSTRUÇÃO.....	30
3.1. Projeto mecânico e materiais.....	30
3.1.1. Conjunto geral	31
3.1.2. Conjunto da base	31
3.1.3. Conjunto do eixo “Y”	32
3.1.4. Conjunto do eixo “X”	32
3.1.5. Conjunto do eixo	33
3.1.6. Projeto elétrico.....	34
3.1.7. Aquisição e construção	34
3.1.8. Compra de materiais	35
3.1.9. Construção da base	37
3.1.10. Construção do eixo “Y”	38
3.1.11. Construção do eixo “X”	38

3.1.12. Construção do eixo “Z”	38
3.1.13. Montagem geral.....	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo construir um equipamento Router CNC funcional com sistema de movimentação de 3 eixos para fresar madeira e outros materiais não ferrosos, Tendo como diferencial a utilização da própria guia do alumínio, roldanas e correias para realizar a movimentação sabendo que normalmente esse tipo de projeto é fabricado com guias lineares.

No referencial teórico desse projeto podemos visualizar modelos de Routers, Tupias e informações de programação para configurar as dimensões finais do produto.

O projeto foi desenvolvido sendo dividido em duas partes, a construção mecânica e a construção elétrica. Tanto a construção mecânica quanto a elétrica inicia-se com a aquisição de materiais seguindo para a montagem dos mesmos.

Diante das informações apresentadas no decorrer do projeto, as conclusões de nossos objetivos foram alcançadas tanto na movimentação quanto funcionalidades apesar da baixa precisão, atingimos um resultado satisfatório para trabalhos artesanais, a partir de conhecimentos mecânicos e programação desenvolvemos uma interface simples e direta, com fácil entendimento.

1.1. Objetivo geral

Construir equipamento Router CNC 3 eixos (X, Y e Z) com comando Arduíno para fresar madeira e entre outros materiais não ferrosos, visando a automação, performance, precisão de corte, praticidade e flexibilidade através da programação para as dimensões finais do produto.

1.2. Problema

Os conflitos que a pandemia trouxe para o atual cenário econômico e social acabou prejudicando o crescimento de pequenas empresas e até mesmo autônomos, portanto, decidimos criar um projeto que tenha custo-benefício pessoas físicas ou jurídicas que atuam com atividades de subtração de material.

Os Routers existentes no mercado possuem um valor de mercado elevado devido a tecnologia e seus componentes. Também não é possível encontrar propostas que atendem a necessidade de aplicação decorativa.

1.3. Justificativa

A maior preocupação com o projeto é que ele atenda às necessidades de aplicação, sabemos que é imprescindível uma execução bem-feita quando se trata de uma máquina CNC, afinal o preço não é tudo, a proposta de melhoria no processo e na qualidade do produto é de extrema importância, portanto o principal foco nesse projeto é garantir excelente funcionalidade.

Iniciamos o projeto de construção Router CNC 3 eixos (X, Y e Z) com comando Arduíno devido a importância da automatização nos processos industriais, o que possibilita uma gestão segura e eficaz. Sendo uma máquina que pode realizar trabalhos com precisão cujo mesmos são mais demorados caso feitos por humanos. Isso economiza indiretamente o tempo e amplia a capacidade de fabricação do produto.

1.4. Metodologia

1.4.1. Metodologia científica

Inicialmente a pesquisa terá um caráter bibliográfico exploratório (GIL, 2012), que visa auxiliar a equipe na compreensão do problema exposto anteriormente, assim como permitir a elaboração de soluções possíveis com objetivo de conhecer e analisar as informações científicas existentes.

De acordo com Godoy (2005), um estudo qualitativo tem como objetivo descobrir e compreender um fenômeno ou um processo, ou ainda as perspectivas e visão de mundo das pessoas nele inseridos. Assim, concluímos que metodologia é um método de trabalho que dá forma à pesquisa acadêmica ou científica.

Em um segundo momento o tema será trabalhado como um estudo de caso, pois o trabalho desenvolvido ficará circunscrito a um produto específico de uma

única empresa, não impedindo que generalizações sejam feitas a posteriori. Godoy (2005) caracteriza o estudo de caso como um estudo exaustivo e profundo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

1.4.2. Metodologia do projeto

A gestão do projeto foi planejada e segmentada com objetivos específicos nas seguintes etapas:

- Projeto Mecânico
- Aquisição de materiais mecânicos
- Confecção de materiais e serralheria
- Ajuste das roldanas
- Montagem do conjunto e ajustes
- Projeto elétrico
- Aquisição de materiais elétricos
- Montagem dos componentes elétricos
- Software (pesquisa)
- Programação do software
- Teste de usinagem e ajustes finais

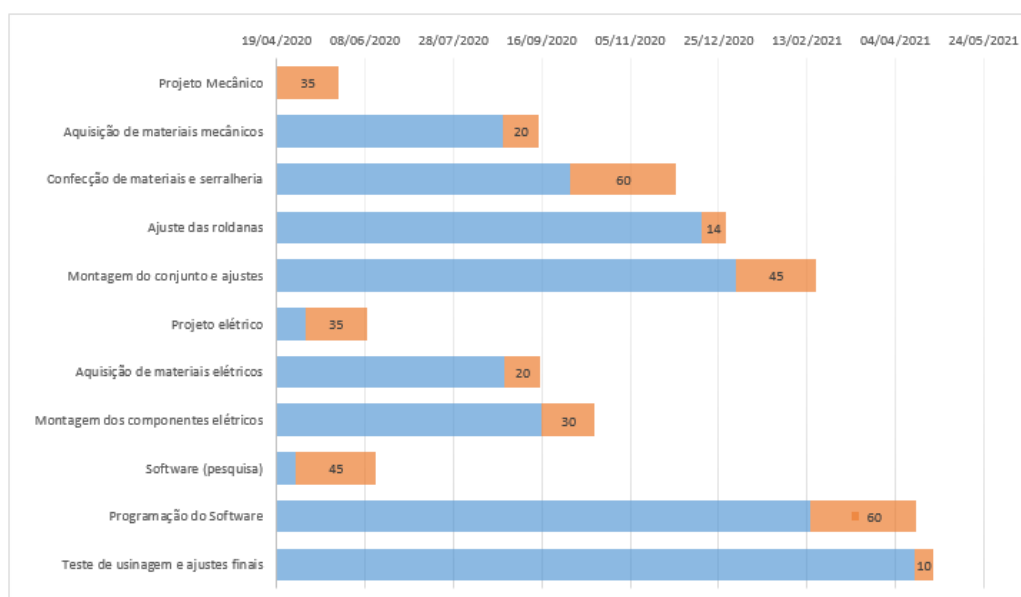


Gráfico 1 – Cronograma da execução do projeto

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer do capítulo será apresentado as pesquisas e informação utilizadas como base para a construção do projeto Router CNC.

2.1. Modelos de Router CNC

Excelentes para todo tipo de indústria de transformação, sendo eficientes em: prototipagem, produção de moldes, peças estruturais, produtos finais, customização de produtos e tudo mais que sua imaginação for capaz de criar.

2.1.1. Router CNC (Madeira)

A máquina CNC para madeira é uma fresadora CNC para madeira para a indústria de máquinas de gravação para madeira. Tem as vantagens de baixo custo, operação simples e manutenção conveniente. Esta fresadora CNC para madeira tem a capacidade de realizar movimentos em torno de três eixos diferentes (como os eixos X, Y, Z) simultaneamente.



Figura 01 - CNC Router (madeira)

Fonte: (<https://www.elephant-cnc.com/> acesso 15/03/2021)

Projetar e compor por software de gravação especial e controlar a fresadora de madeira CNC por meio do controlador para gerar caminhos de gravação nos eixos X, Y e Z para concluir o processamento dos materiais fixados na bancada de trabalho, para atender aos vários requisitos de processamento do usuário para a peça de trabalho. Esta fresadora CNC para madeira realiza principalmente gravações planas em diferentes placas. Se você está apenas usinando planos em algumas placas, esta fresadora CNC para madeira é definitivamente sua escolha ideal. Vale a pena

mencionar que as máquinas de gravação de três eixos comuns no mercado também incluem máquinas de gravação de múltiplas cabeças, máquinas de gravação de múltiplos processos, etc.

2.1.2. Router CNC (ATC)

Router ATC CNC refere-se a essas máquinas de gravação equipadas com dispositivos de troca automática de ferramentas. Este tipo de fresadora CNC para madeira pode atender aos requisitos de troca de ferramentas durante o processamento, sem envolvimento manual.



Figura 02 – ATC CNC Router + 4 eixos
Fonte: (<http://www.elephant-cnc.com> acesso 15/03/2021)

Em comparação com os métodos de produção de troca manual de ferramentas tradicionais, este tipo de fresadora CNC para carpintaria possui um magazine de ferramentas separado com diferentes cabeçotes. Ele pode ser controlado por um programa de computador para alterar automaticamente as ferramentas necessárias sem interromper o trabalho durante o processamento. Portanto, diferentes requisitos de processamento, como corte, esvaziamento, ranhura, punção, ranhura e fresagem podem ser concluídos de uma só vez, o que pode economizar tempo e melhorar muito a qualidade do processamento e a eficiência da produção. Portanto, este tipo de máquina de gravação é a primeira escolha para empresas de grande porte.

2.1.3. Router CNC (4 eixos)

O roteador de madeira CNC de quatro eixos refere-se à máquina CNC cujos caminhos de processamento incluem os eixos X, Y, Z e A. O fuso deste tipo de máquina de gravação CNC de 4 eixos pode girar para a esquerda e para a direita, de modo que o fuso pode se aproximar da peça de trabalho de vários ângulos diferentes e processar efetivamente três superfícies de usinagem eficazes.



Figura 03 - Router CNC (4 eixos)

Fonte: (<https://www.elephant-cnc.com> acesso 15/03/2021)

Portanto, ele pode realizar não apenas a gravação plana, mas também a gravação 3D de peças de trabalho irregulares. Além disso, este tipo de fresadora CNC para madeira utiliza totalmente a geometria da ferramenta, controla o ângulo da força, reduz a vibração da força e estende a vida útil, melhora a estabilidade do processamento e melhora a precisão do processamento. Portanto, o roteador de madeira CNC de quatro eixos pode realizar o processamento de peças de trabalho tridimensionais, como quilha, estátua de Guanyin, estátua de Buda, coluna romana, cabaça e assim por diante. Se você tem uma variedade de requisitos de processamento, como peças de trabalho comuns, como peças de trabalho 3D, peças de trabalho complexas e peças de trabalho de formato irregular, esta fresadora CNC de 4 eixos pode atender às suas diversas necessidades de processamento.

2.1.4. Router CNC (eixo rotativo)

A máquina de gravação CNC de eixo rotativo também é chamada de roteador de 4º eixo CNCwood, que se refere a essas máquinas de entalhar madeira com dispositivo rotativo. E processa principalmente peças de trabalho cúbicas ou cilíndricas.



Figura 04 – Router CNC (eixo rotativo)

Fonte: (<https://www.elephant-cnc.com> acesso 15/03/2021)

Durante o processamento da fresadora de madeira CNC de eixo rotativo, não é necessário girar e processar repetidamente a peça de trabalho manualmente para reduzir o número de tempos de fixação e concluir o processamento da peça de trabalho de uma vez. Em comparação com a fresadora CNC comum para madeira, as máquinas de gravação de eixo rotativo reduzem a carga de trabalho manual e melhoram a eficiência da produção. Além disso, como as ferramentas do eixo rotativo podem ser processadas em camadas, é possível garantir uma qualidade de processamento superior.

2.1.5. Router CNC (Gravação em pedra)

A máquina de gravação em pedra é especialmente projetada para uma variedade de processamento de pedra. A julgar pelo caminho de processamento, ele tem o mesmo caminho de processamento que as máquinas de gravação comuns. Com relevo, letras, esvaziamento, corte, costura contínua, tratamento de superfície, fresamento de mesa e outras funções de processamento.

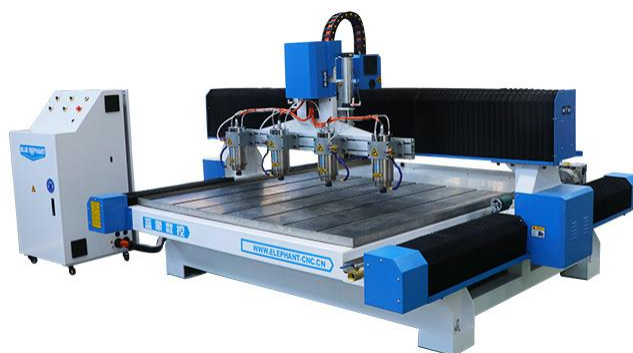


Figura 05 – Router CNC (gravação em pedra)
Fonte: (<https://www.elephant-cnc.com>, acesso 15/03/2021)

Este tipo de máquina de gravação é adequado principalmente para o processamento de vários tipos de materiais duros, como pedra, metal, jade, cristal, madeira, materiais artificiais, materiais sintéticos, etc., e é amplamente utilizado em inscrições, engenharia de jardim, grandes esculturas em escala e escultura de artesanato, melhoria doméstica, cinema e outras indústrias.

2.1.6. MINI CNC Router

Mini roteador CNC, também conhecido como pequena máquina de gravação, roteador CNC residencial, roteador CNC Hobby. Comparada com outras máquinas CNC comuns, esta pequena máquina de gravação CNC tem um volume relativamente pequeno. Portanto, é adequado para o processamento fino de superfícies esculpidas

menores, como o tratamento de superfície de emblemas, modelos de mesa de areia e artesanato.



Figura 06 – Mini Router CNC

Fonte: (<https://www.elephant-cnc>, acesso 15/03/2021)

A característica de pequeno volume tem vantagens particularmente óbvias na embalagem e no transporte. A embalagem e o transporte são convenientes, o que também economiza mais custos aos usuários até certo ponto. Se a potência do motor da mini máquina de gravação for atualizada, este tipo de máquina de gravação também pode ser usado para produzir caracteres de cristal, vários tipos de sinais publicitários e cortes irregulares de placas. Com sua estrutura compacta e pegada pequena, tão fácil de mover e usar, as máquinas de gravação Mini CNC são populares entre os entusiastas da marcenaria e a indústria de publicidade.

2.1.7. Router CNC (5 eixos)

Máquina CNC de 5 eixos refere-se ao roteador CNC que tem pelo menos cinco eixos coordenados (três coordenadas lineares e duas coordenadas de rotação) em uma máquina-ferramenta, e diferentes eixos coordenados podem ser coordenados e movidos simultaneamente para processamento sob o controle de um sistema CNC.



Figura 07 – Router CNC (5 eixos)

Fonte: (<https://www.elephant-cnc>, acesso 15/03/2021)

Este tipo de roteador CNC de 5 eixos tem as vantagens de alto conteúdo de tecnologia e alta precisão de usinagem, e é especialmente usado para a usinagem de peças de trabalho de superfícies curvas complexas. Atualmente, a máquina CNC de 5 eixos é o único meio de resolver o processamento de impulsores, pás, hélices marítimas, rotores de geradores pesados, rotores de turbinas a vapor, virabrequins de grandes motores a diesel, etc. Além disso, esse equipamento de controle numérico tem uma influência significativa na aviação, aeroespacial, militar, pesquisa científica, equipamentos de precisão, equipamentos médicos de alta precisão e outras indústrias.

2.1.8. Router CNC EPS/ESPUMA

O roteador CNC de espuma EPS também é chamado de máquina de corte de espuma CNC. Em relação à máquina de corte de metal para serviço pesado, as máquinas CNC de espuma são máquinas CNC leves. E em comparação com a máquina CNC comum, este tipo de fresadora CNC de espuma tem um tamanho de processamento e curso de processamento maiores.



Figura 08 – Router CNC ESP/ESPUMA
Fonte: (<https://www.elephant-cnc>. acesso 15/03/2021)

Especialmente na indústria de moldes, como moldes de espuma para automóveis, moldes de gesso, moldes de parafina, moldes de madeira para navios grandes, moldes de madeira para aviação, hélices e moldes de madeira para trens, este tipo de fresadora CNC de espuma é muito popular. (<https://www.elephant-cnc>. acesso 15/03/2021)

2.2. Tupia/Spindle

Spindle mais silencioso e com controle de velocidade programável por software. Sendo melhor se tiver um sistema de refrigeração mais sofisticado, o spindle tem a durabilidade de aproximadamente 5 anos até a troca dos rolamentos.

TUPIA é uma ferramenta de uso rápido, no máximo 30 minutos ligado é o recomendado, carcaça de plástico, as de alumínio são quase o preço de um spindle, uma máquina que trabalha 6 horas por dia com tupia, dura no máximo 4 meses.

2.2.1. Os melhores modelos de TUPIA no mercado:

Tupia de Coluna – Vonder



Figura 09 – Tupia de coluna Vonder

Fonte: (<https://www.reviewbox.com.br/tupia/> acesso 17/05/2021)

A Vonder oferece essa tupia de coluna com 3 diâmetros de pinças diferentes: 6 mm, 8 mm e $\frac{1}{4}$ ". Apresenta potência de 1200 W e permite variações de velocidade que ajudam com os mais diversos trabalhos. É importante ressaltar que a ferramenta segue todas as normas de segurança da ABNT. É recomendada para cortes e acabamentos em laminados, entalhes e molduras, além de encaixes em madeiras.

Tupia de Coluna 1831 – Bosch



Figura 10 – Tupia de coluna Bosch

Fonte: (<https://www.reviewbox.com.br/tupia/> acesso 17/05/2021)

Kit completo da Bosch, que traz não apenas a tupia, mas também 6 fresas e 3 pinças, de 8 mm, 6 mm e ¼". Também acompanha maleta para armazenamento, 3 guias e um adaptador para aspirador de pó. Tem 6 velocidades diferentes, potência de 1100 W e pesa 5,5 kg. Efetua com muita eficiência todos os trabalhos possíveis de acabamento em madeiras, além de também poder ser eventualmente aplicada em outros materiais.

Tupia Laminadora – Vonder



Figura 11 – Tupia laminadora Vonder

Fonte: (<https://www.reviewbox.com.br/tupia/> acesso 17/05/2021)

Essa é uma tupia laminadora, tipo diferente daquelas que são tupias de coluna. Ela é indicada, acima de tudo, para cortes e acabamentos em laminados, mas também pode ser usada para trabalhos em molduras, entalhes e outros. A ferramenta acompanha duas pinças uma de 6 mm e uma ¼", além de três guias, duas chaves e uma placa de proteção. A potência é de 500 W e a velocidade é fixa, não podendo ser alterada durante o uso.

Tupia Laminadora Makita 3709



Figura 12 – Tupia laminadora Makita 3709

Fonte: (<https://www.reviewbox.com.br/tupia/> acesso 17/05/2021)

A Makita também traz a sua tupia laminadora. É uma ferramenta que segue normas de segurança ABNT, pesa 2,4 kg e tem um uso relativamente tranquilo. Vale ressaltar que necessita de baterias e que elas não estão inclusas. Esse modelo tem potência de 530 W e acompanha uma pinça de 6 mm. Apresenta velocidade fixa e atua a 30.000 rotações por minuto.

Normas de segurança

Como já citamos, a tupia é uma ferramenta que opera em altíssima velocidade. Por isso, se todas as normas de segurança não forem seguidas à risca, tanto por usuário como por fabricante, acidentes graves podem acontecer. Além de fazer a sua parte e usar os equipamentos necessários, verifique se o modelo escolhido cumpre

as normas de segurança da ABNT. Só assim você terá certeza de que ele é totalmente adequado para o uso.

Potência

A potência da tupia torna mais fácil fazer com que a fresa alcance grandes profundidades. O trabalho com a ferramenta deve ser sempre suave, portanto, forçá-la demais não é algo recomendado.

Só é importante ter uma máquina potente se você de fato fará serviços que requerem mais profundidade ou cortes mais complexos. Nos trabalhos de precisão, a facilidade de manuseio e a habilidade são bem mais fundamentais.

Pinças

A pinça é a parte da tupia na qual as fresas devem ser presas. Normalmente, os modelos trazem duas ou três variações de tamanho. Os mais comuns são os de 8 mm, 6 mm e $\frac{1}{4}$.

Fonte – Disponível em: (<https://www.reviewbox.com.br/> acesso 17/05/2021)

2.3. Programação CNC

Um programa CNC é uma sequência de códigos que descreve as funções que a máquina deve desenvolver para construção da peça. O código é escrito em blocos, onde cada bloco representa uma linha de programação. Os blocos são compostos por instruções ou também chamadas de palavras que indicam a posição do eixo, velocidade, comandos preparatórios e miscelâneas.

As instruções, por sua vez, são compostas por caracteres ou também chamados de endereços que são os números, letras e símbolos. Na Tabela 1 estão listados os caracteres de maior utilização em programação CNC. (COSTA, 2006).

-Estrutura de um bloco de programação

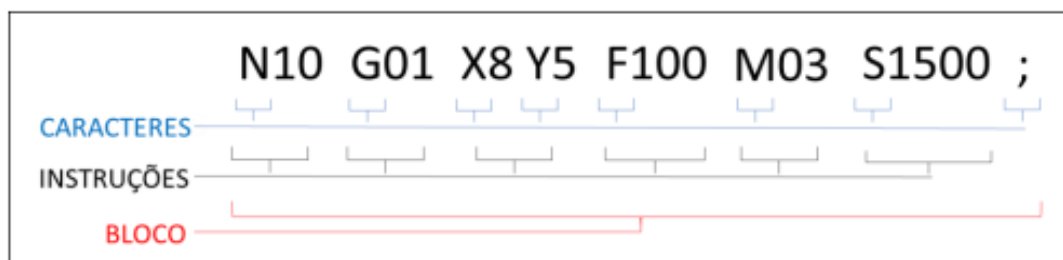


Figura 13 – Estrutura de um bloco de programação

As instruções, por sua vez, são compostas por caracteres ou também chamados de endereços que são os números, letras e símbolos. Na Tabela 1 estão listados os caracteres de maior utilização em programação CNC.

Caractere	Significado
O	Número do programa
N	Número da linha (bloco)
G	Função preparatória
X	Movimento no eixo X
Y	Movimento no eixo Y
Z	Movimento no eixo Z
I	Distância incremental paralela ao eixo X
J	Distância incremental paralela ao eixo Y
K	Distância incremental paralela ao eixo Z
R	Raio da trajetória da ferramenta
M	Função miscelânea
H	Altura da ferramenta

Caractere	Significado
T	Número da ferramenta
S	Rotação do eixo-árvore
F	Avanço
P	Número de um subprograma
.	Ponto decimal
()	Comentário do programa ou mensagem
%	Fim do programa
; ou #	Fim de bloco

Fonte: Adaptado em 15/04/2018 de Costa, 2006

Tabela 1 - Lista de caracteres mais utilizados em programação CNC

Fonte: (<https://www.univates.br> acesso 17/05/2021)

As instruções do tipo G (preparatórias) e M (miscelâneas) são a base de um programa CNC. As instruções G têm a função de preparar a máquina para poder executar movimentos de maneira pré-definida e reconhecer unidades de medida. São funções que envolvem a movimentação da máquina, como unidade de medida de trabalho, referenciarão da máquina, entre outros, que podem ser vistos na Tabela 2.

Caractere	Significado
G00	Posicionamento rápido
G01	Interpolação linear
G02	Interpolação circular horária
G03	Interpolação circular anti-horária
G04	Tempo de espera
G17	Seleção plano XY
G18	Seleção plano ZX
G19	Seleção plano YZ
G20	Programação em sistema Inglês (Polegada)
G21	Programação em sistema Internacional (Métrico)
G27	Verificar ponto zero da máquina
G28	Retorna ao ponto zero da máquina (Referência 1)
G29	Verificar ponto zero da máquina
G30	Retorna ao ponto zero da máquina (Referência 2)
G40	Cancelamento da compensação do diâmetro de ferramenta
G41	Compensação do diâmetro da ferramenta (Esquerdo)
G42	Compensação do diâmetro da ferramenta (Direito)
G43	Compensação do comprimento da ferramenta (Positivo)
G44	Compensação do comprimento da ferramenta (Negativo)
G45	Compensação de posição – incremento simples
G46	Compensação de posição – decremento simples
G47	Compensação de posição – incremento duplo
G48	Compensação de posição – decremento duplo
G49	Cancelamento de <i>offset</i> de comprimento da ferramenta
G90	Sistema coordenadas absoluto
G91	Sistema de coordenadas incremental
G92	Deslocamento da origem do eixo
G94	Avanço dado em minutos
G95	Avanço por revolução

Fonte: Adaptado em 15/04/2018 de Costa, 2006

Tabela 2 - Instruções tipo G (preparatórias) mais utilizadas em programação CNC.

Fonte: (<https://www.univates.br/> acesso 17/05/2021)

Já as funções M, conhecidas como miscelâneas, funcionam como interruptores de liga/desliga para controlar as funcionalidades da máquina, como ligar motor, troca de ferramenta e outros que podem ser vistos na Tabela 3.

Caractere	Significado
M00	Parada programa
M01	Parada opcional do programa (Botão Stop)
M02	Fim programa sem reinício da memória
M03	Liga motor da fresadora sentido horário
M04	Liga motor da fresadora sentido anti-horário
M05	Desliga motor da fresadora
M06	Troca automática de ferramenta
M30	Fim do programa com reinício da memória
M98	Chama subprograma
M99	Encerra subprograma e volta ao programa principal

Fonte: Adaptado em 15/04/2018 de Costa, 2006

Tabela 3 - Instruções tipo M (miscelâneas) mais utilizadas em programação CNC

Fonte: (<https://www.univates.br/> acesso 17/05/2021)

As instruções G podem ser divididas em modais e não modais. As funções modais são caracterizadas por serem gravadas na memória do programa, ou seja, quando utilizadas em um bloco de programação, os demais blocos subsequentes a utilizarão como referência, até que uma nova instrução modal seja utilizada ou o programa seja finalizado. Nas instruções não modais, a mesma deve ser utilizada em cada novo bloco que necessitar a instrução, não sendo gravada em memória do programa (COSTA, 2006).

Os comandos modais mais utilizados em programação:

- G(00) Posicionamento rápido
- G(01) Interpolação linear
- G(02) Interpolação circular de sentido horário
- G(03) Interpolação circular de sentido anti-horário
- G(20) Unidade de medida em polegada
- G(21) Unidade de medida em milímetro
- G(90) Sistema de coordenadas absoluto
- G(91) Sistema de coordenadas incremental

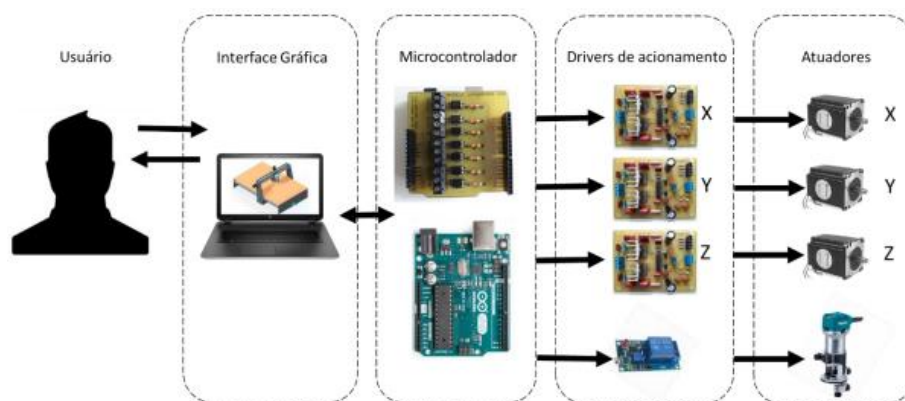
O código G(00) é utilizado para avanço rápido da ferramenta, onde a velocidade de avanço não é informada, sendo utilizada como padrão a maior velocidade da máquina. É normalmente utilizada no posicionamento da ferramenta no início do corte e em deslocamentos não produtivos durante o processo.

Já com G(01), o avanço se dá de forma linear em qualquer ângulo, podendo movimentar vários eixos simultaneamente, com velocidade programada pela instrução F. Normalmente utilizada em operações com formato geométrico retilíneo (SMID, 2008).

Como ponto central, a placa microcontroladora é responsável pela intercomunicação da interface gráfica, drivers de acionamento e sensores, convertendo e transmitindo informações entre hardware e software.

O controle dos motores de passo se dá via drivers, concebidos individualmente para cada motor, tendo a função de processar os comandos da placa microcontroladora e efetuar os acionamentos de sentido de giro, rotação do motor, proteção de sobrecorrente e modo de acionamento dos motores.

Por fim, a interface gráfica é o meio de comunicação entre o usuário e a máquina, permitindo efetuar configurações e ajustes, bem como acompanhar o processo em tempo real.



Fonte: Autor, 2018

Figura 13 – Fluxograma do processo
Fonte: (<https://www.univates.br/> acesso 17/05/2021)

Fabricantes de comando/controladores e acessórios para máquinas CNC disponibilizam cada vez mais softwares e aplicativos voltados a auxiliar os usuários

na programação e operação de máquinas CNC, facilitando o aprendizado. Existem aplicativos que auxiliam a programação manual, com simulação de remoção de material bruto, com simulação de cinemática de máquina, para medição e controle, etc. Muitos deles são gratuitos, bastando fazer o download nas App Stores ou nos próprios sites das empresas. Outros, embora também gratuitos, só funcionam para quem possui a máquina ou o acessório daquele fabricante.

Fonte: Disponível em (<https://fit-tecnologia.com.br/> acesso 17/05/2021)

3. PROJETO - MATERIAIS E CONSTRUÇÃO

3.1. Projeto mecânico e materiais

Criado um projeto simplificado de Router 3 eixos (X, Y, Z) baseado na redução de custo com diferencial no sistema de movimentação que não utiliza fusos de esfera e guias lineares. O projeto consiste na movimentação por roldanas e correias guiadas no próprio perfil de alumínio.

O objetivo do equipamento é realizar trabalhos artísticos em madeira com média precisão. Por este motivo não é indicado para usinar peças para montagens de alta precisão.

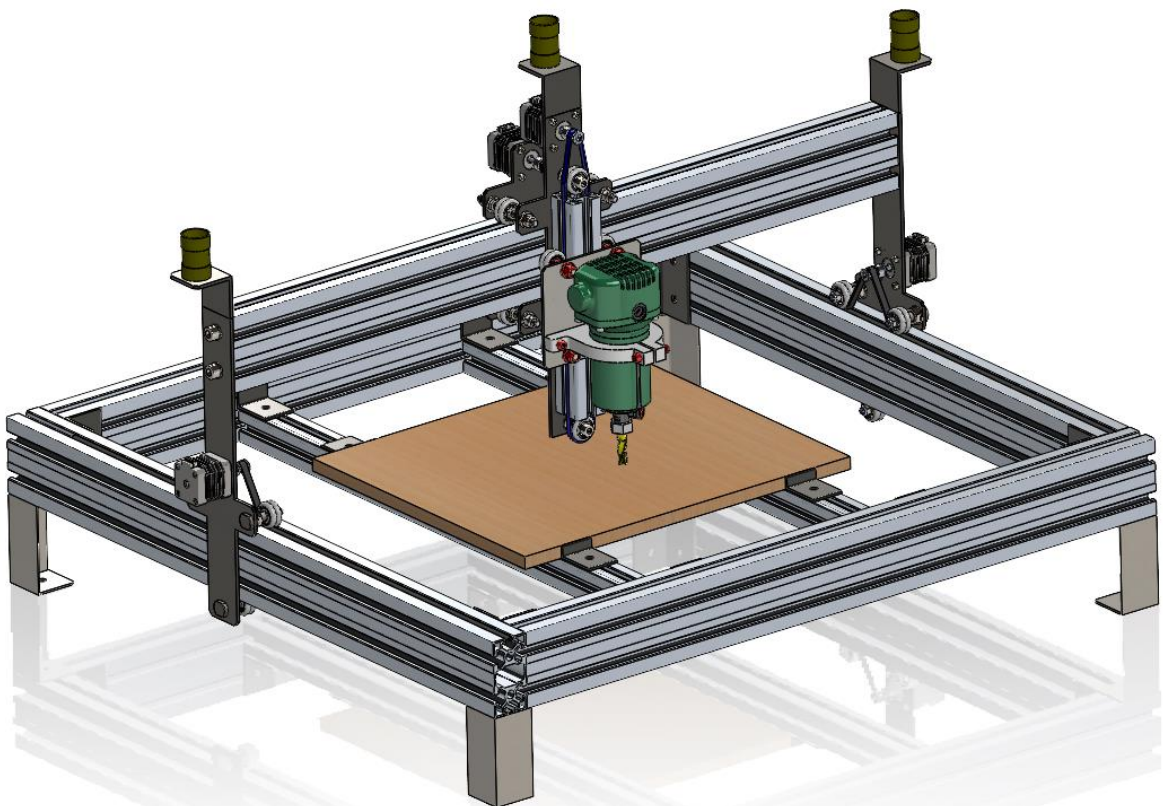


Figura 14 – Maquete 3D desenvolvida no software CAD3D – Solidworks versão 2021.

3.1.1. Conjunto geral

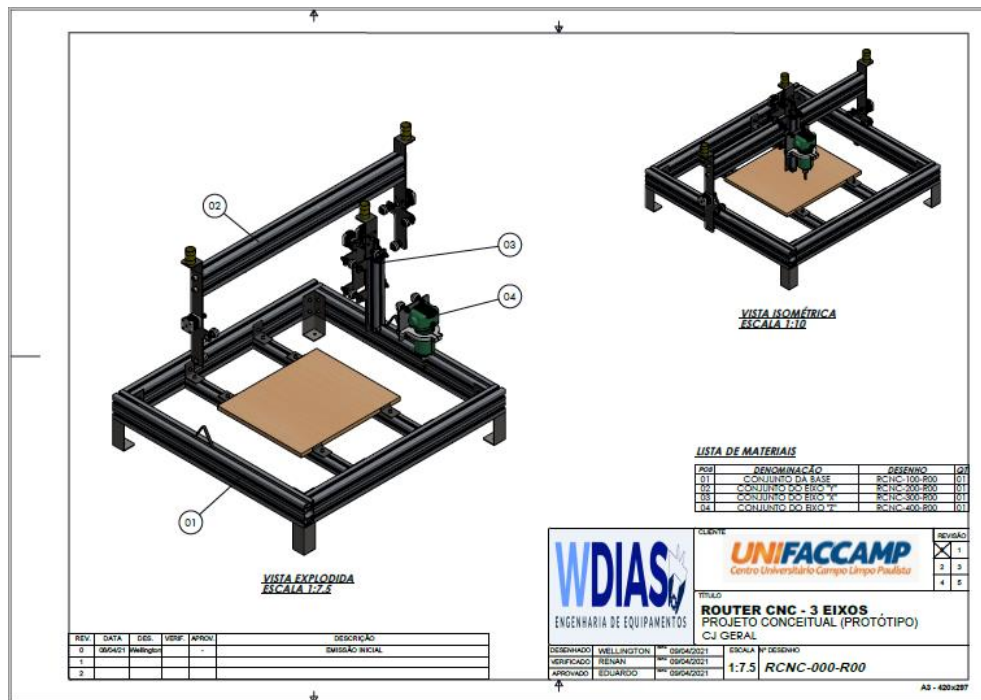


Figura 15 – Desenho 2D da montagem do conjunto com posicionamento de subconjuntos.

3.1.2. Conjunto da base

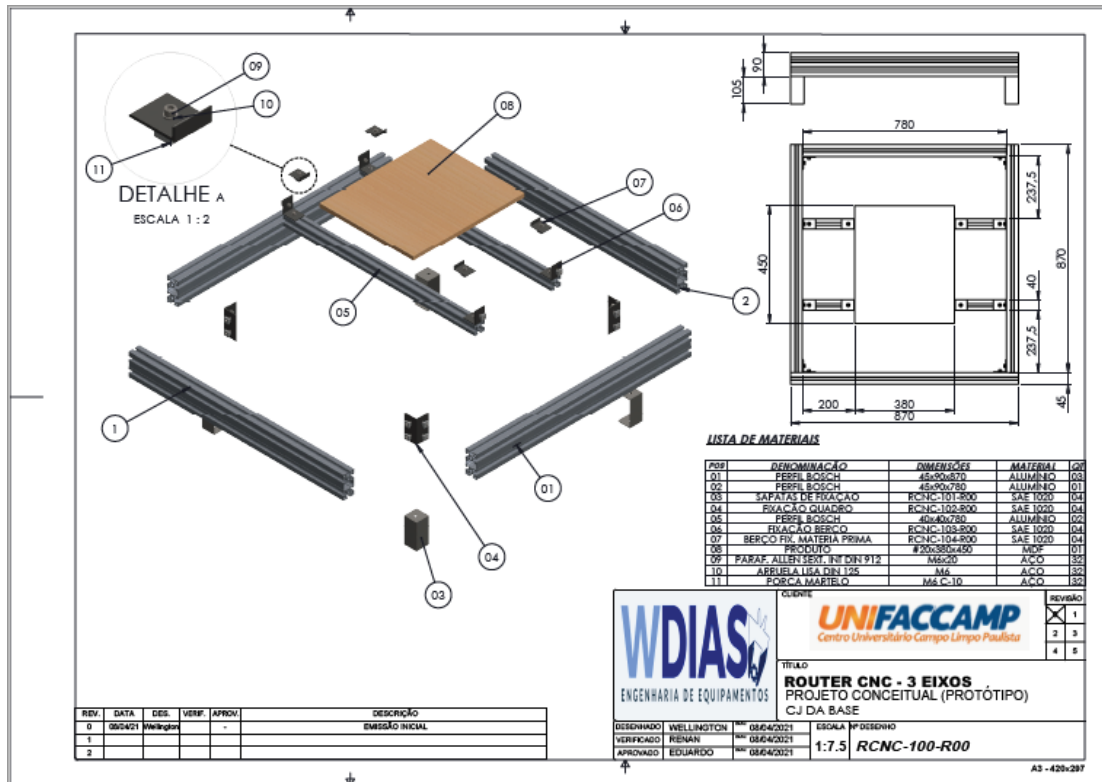


Figura 16 – Desenho 2D da montagem da base – com descrição de componentes e materiais.

3.1.3. Conjunto do eixo "Y"

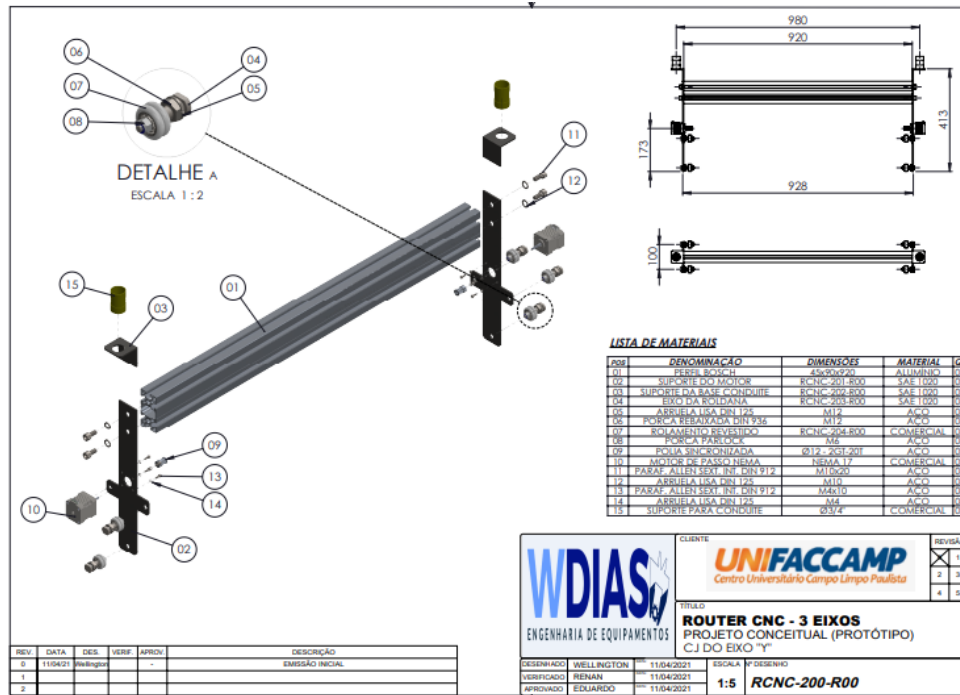


Figura 17 – Desenho 2D da montagem do eixo "Y" – com descrição de componentes materiais.

3.1.4. Conjunto do eixo "X"

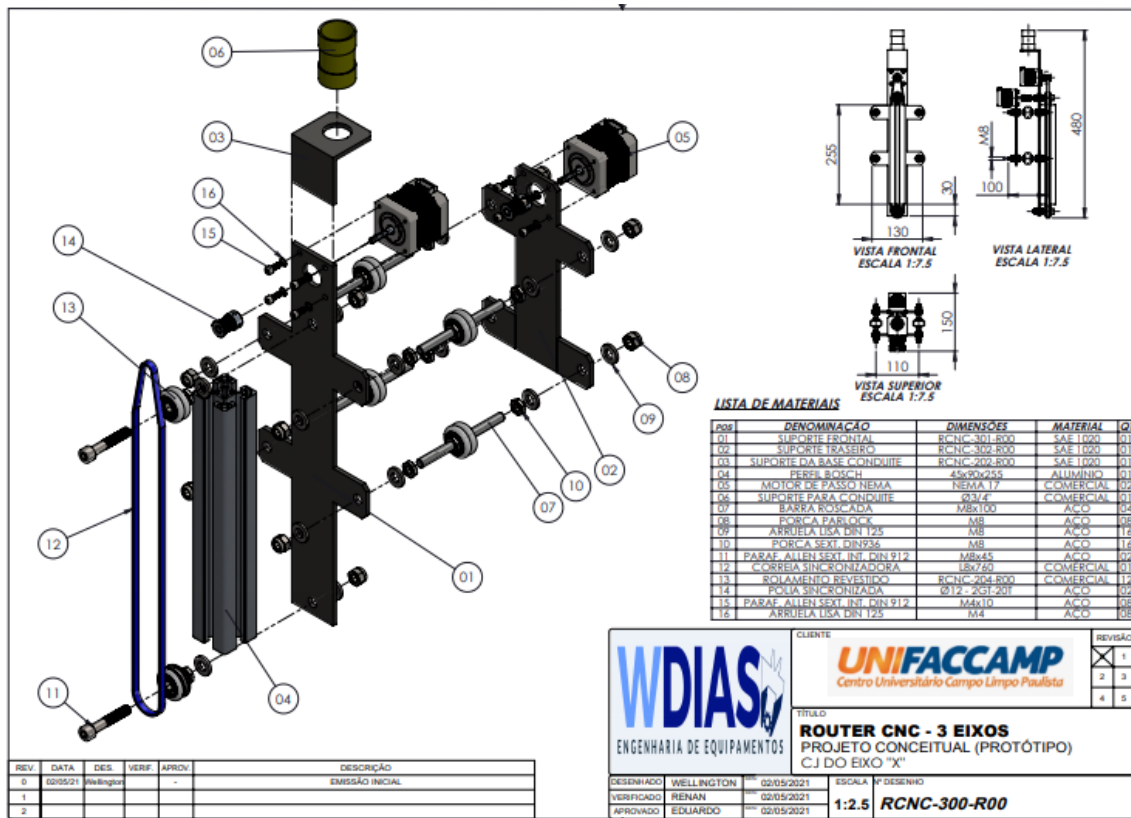


Figura 18 – Desenho 2D da montagem do eixo "X" – com descrição de componentes e materiais.

3.1.5. Conjunto do eixo "Z"

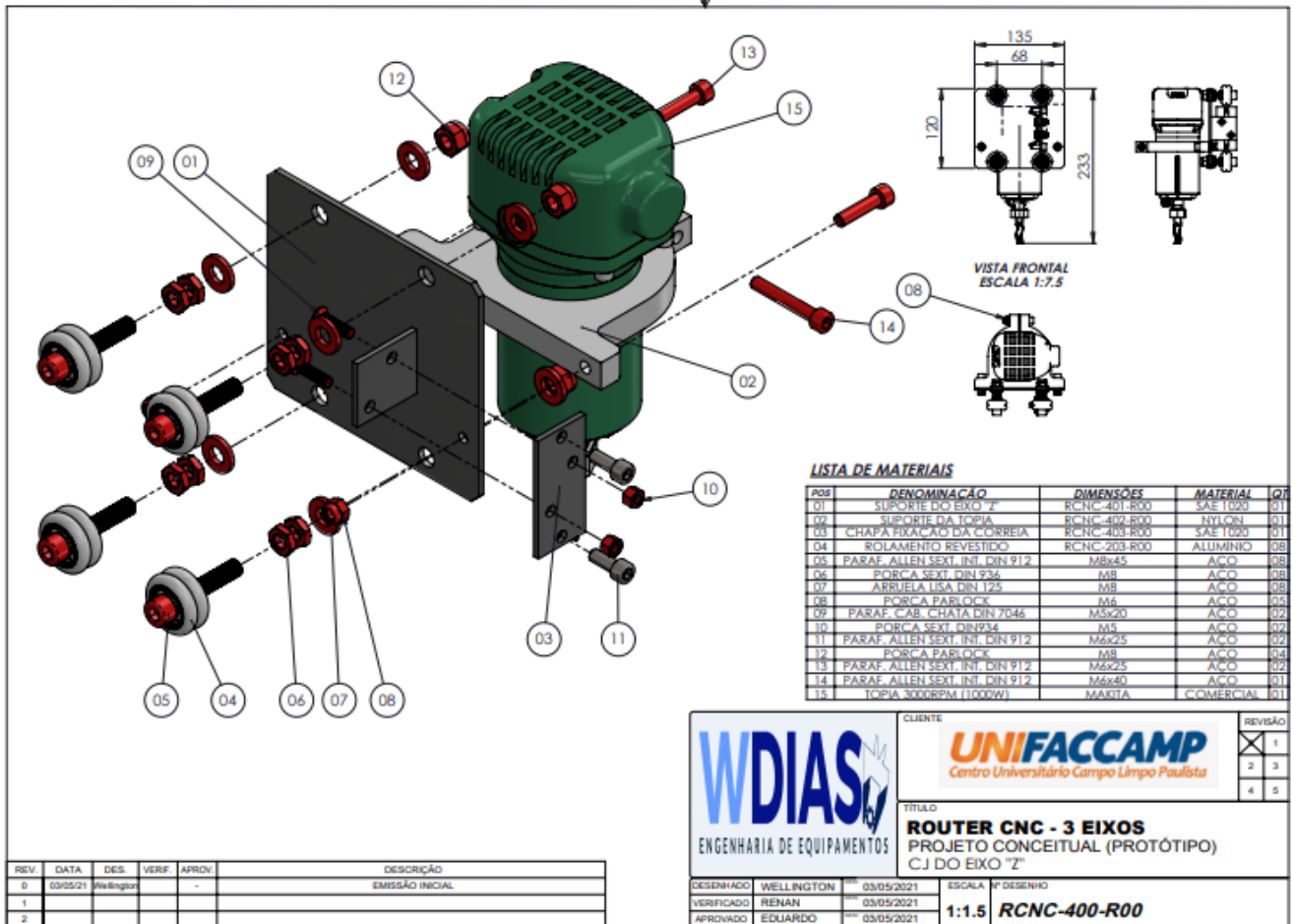


Figura 19 - Desenho 2D da montagem do eixo "Z" – com descrição de componentes e materiais.

3.1.6. Projeto elétrico

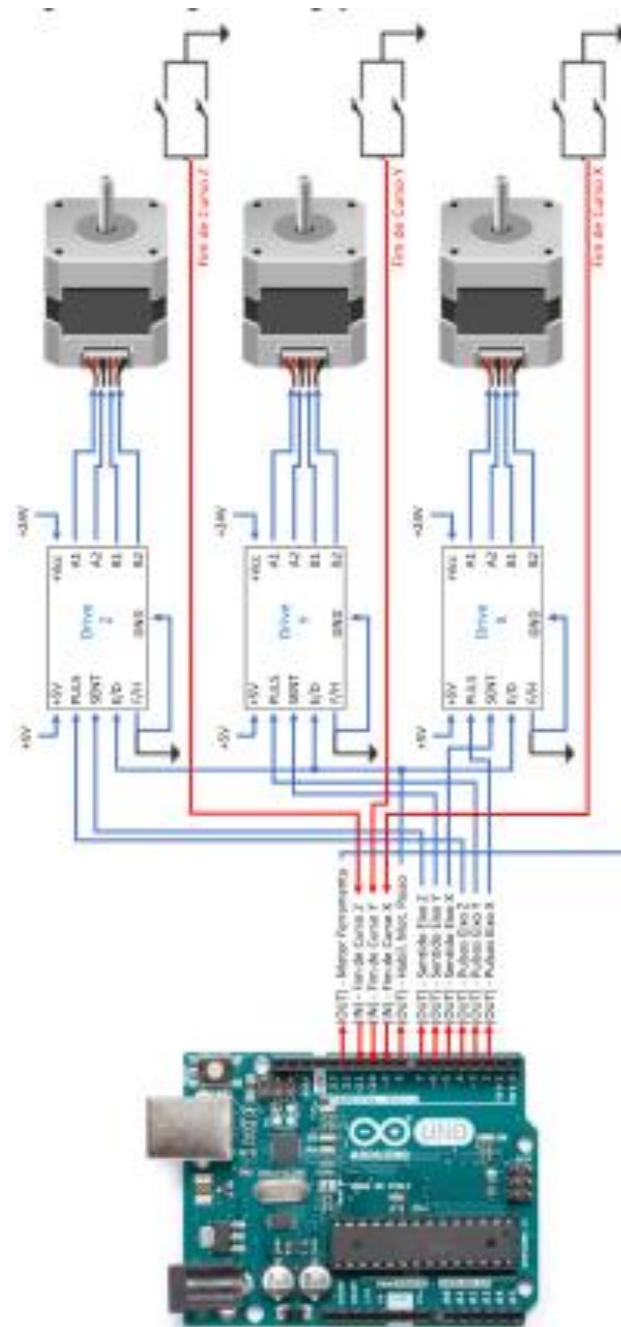


Figura 20 – Projeto elétrico

3.1.7. Aquisição e construção

Buscando meios de viabilizar custos com a construção do protótipo (TCC), conseguimos parceiros que doaram parte dos materiais.



Figura 21 – Perfis em alumínio extrudado (tipo Bosch 45x90 / 40x40)

3.1.8. Compra de materiais

Adquirido kit arduino para comunicação entre (software/hardware).

Kit Cnc Shield V3 3d + 4 X Drives A4988 +
Arduino Uno Reprap

★★★★★ (13)

1/6



Figura 22 – Kit Arduino

Adquirido 4 motores de passo NEMA 17

4 Motores Nema 17 - 17hs4401 4.2 Kgf - Menor
Preço - Cabo 1m

1/2



Figura 23 – Motores de passo NEMA 17

Adquirida correia dentada 6mm para polia GT2

Correia Dentada 6mm Para Polia Gt2 Cnc Router 3d - Metro

1/9



Figura 24 – Correia dentada 6mm

Adquiridos roldanas com rolamentos 8X30X8,5

Kit 40 Roldanas Injetadas Para Sacada Medias 8x30x8,5

★★★★★ (4)

1/1



Figura 25 – Kit roldanas

Adquirido kit de cabos para conectar os motores

Kit 4 Cabos Para Motor Passo Nema 17 Conector Dupont C/ Nota

1/2



Figura 26 – Cabos conectores para motor passo Nema 17

Adquirida tupia makita



Figura 27 – Tupia Makita

3.1.9. Construção da base



Figura 28 – Base de alumínio

Etapa 1 – corte dos perfis de alumínio para construção do quadro.

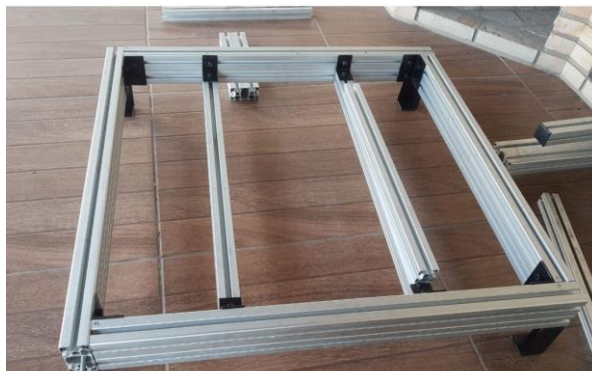


Figura 29 – Construção do quadro

Etapa 2 – Construção das peças de fixação para montagem do quadro.

3.1.10. Construção do eixo “Y”



Figura 30 – Eixo Y

3.1.11. Construção do eixo “X”



Figura 31 – Eixo X

3.1.12. Construção do eixo “Z”

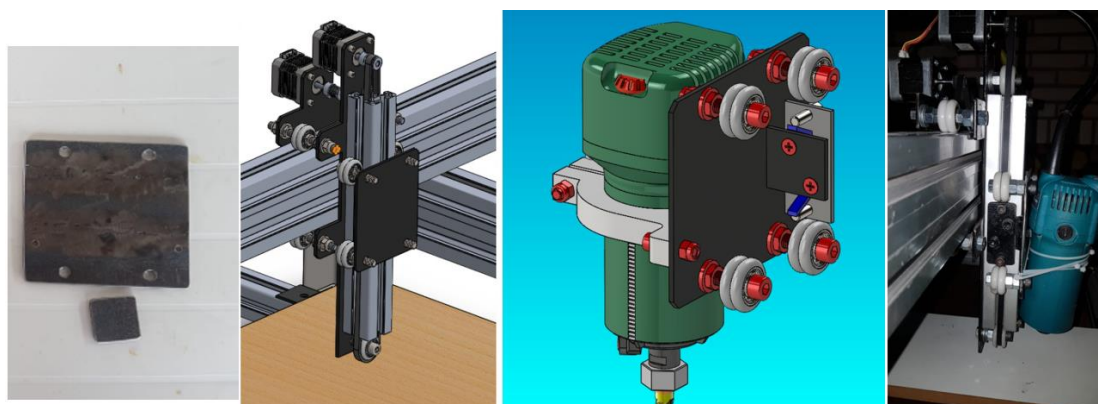


Figura 32 – Eixo Z

3.1.13. Montagem geral

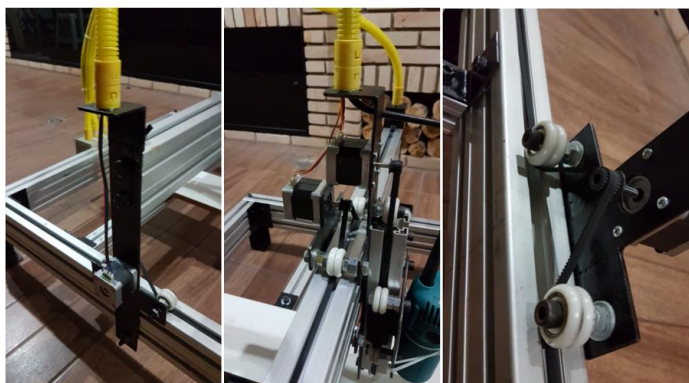


Figura 33 – Montagem geral – parte 1

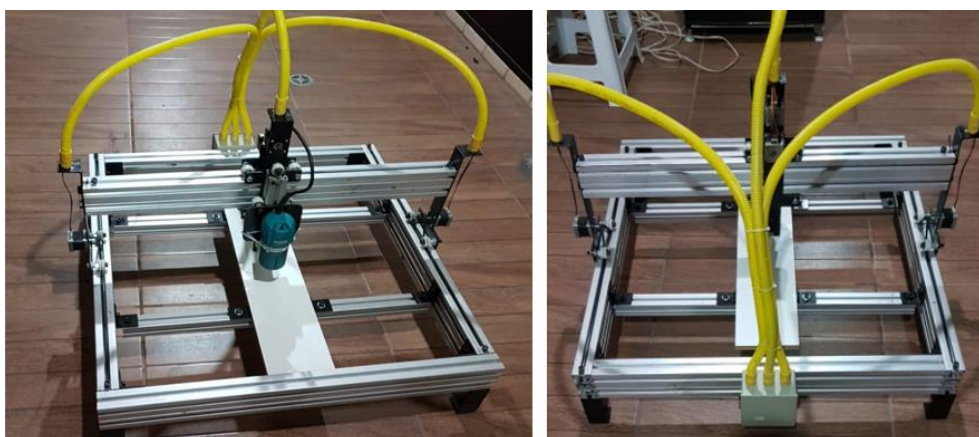


Figura 34 – Montagem geral – parte 2

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do Router CNC de 3 eixos com comando de software Arduino, uma máquina de pequeno porte para utilização em processos de corte em madeiras e outros materiais não ferrosos, com sistema de movimentação através de roldanas e correias que operam na própria guia do alumínio.

Os objetivos foram atingidos, tanto em seu sistema de movimentação quanto em sua funcionalidade, apesar da baixa precisão o projeto demonstrou resultados satisfatórios para trabalhos artesanais, como por exemplo gravações em quadros e tábuas de churrasco.

A partir de conhecimentos mecânicos e de programação computacional, foi possível realizar uma interface gráfica simples e direta, o Router se mostrou fácil e intuitivo, favorecendo o usuário ao entendimento e conclusão do serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social / Antônio Carlos Gil. 6. Ed. – 5. Reimpr. - São Paulo: Atlas, 2012.

GODOY, ARILDA S.; Refletindo Sobre Critérios de Qualidade da Pesquisa Qualitativa. Gestão.Org, v. 3, n. 2, p. 10. Mai. / Ago. 2005. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br>>. Acesso em: 05 Maio 2018. ISSN 1679-1827

Mc**ROBERTS**, Michael. Arduino Básico. São Paulo: Editora Novatec, 2011. Disponível em: <<https://s3.novatec.com.br/capitulos/capitulo-9788575222744.pdf>>. Acesso em: 16 de março de 2020.

SOLIDWORKS. Software SolidWorks 3D para o desenvolvimento de produtos, 2020. Disponível em: <<https://www.solidworks.com/pt-br>> Acesso em: 9 de agosto de 2020.

PRODANOV; FREITAS, 2013 Metodologia do Trabalho científico, Disponível em: <[https://books.google.com.br/bookshl=ptBR&lr=&id=zUDsAQAAQBAI&oi=fnd&pg=PA13&dq=PRODANOV%3B+FREITAS,+2013\(Metodologia+do+Trabalho+cient%3%ADficio\)&ots=dcX3eitaDK&sig=s2IKGCBUcf1zd0fWFZU2myDeXcY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/bookshl=ptBR&lr=&id=zUDsAQAAQBAI&oi=fnd&pg=PA13&dq=PRODANOV%3B+FREITAS,+2013(Metodologia+do+Trabalho+cient%3%ADficio)&ots=dcX3eitaDK&sig=s2IKGCBUcf1zd0fWFZU2myDeXcY#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

GITHUB. Software gratuito, de código aberto e de alto desempenho para controlar o movimento de máquinas. Disponível em: <<https://github.com/gnea/grbl/wiki>> Acesso em: 13 de julho de 2020.

Robert C.Juvinall - Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas, Disponível em: <https://kupdf.net/download/fundamentos-do-projeto-de-componentes-de-m-aacute-quinas-robert-c-juvinall-4-orfd-ediccedilatildeopdf_58d846d0dc0d60952fc3462e_pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2020.

VASQUES, Heber D. S; ROSTIROLLA, Rodrigo. Motor de Passo. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhLDsAF/motor-passo-motor-brushless-curso-tecnico-eletroneutica>> . Acesso em: 10 março 2020.

ARDUINO. Arduino IDE 1.8.5: IDE de programação para Arduino 2020. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

CONRADO, R. O que é? Para que serve? Como configurar? Atividade Maker. Disponível em: < <http://atividademaker.com.br/grbl-v09j> > Acesso em: 20 outubro 2020.

MACHADO Á. R. Teoria da usinagem dos materiais. Nas páginas 27, 29 e 30. Disponível em: <<http://joinville.ifsc.edu.br/~julio.fabio/UsinagemII/Teoria%20da%20Usinagem%20Dos%20Materiais.pdf>> Acesso em: 13 de maio de 2020.

MACHADO, A. “comando numérico aplicado às máquinas-ferramenta”, 1ª edição-cone Editora, 1986. Acessado em: 13 de maio de 2020.

Michael F. Introdução aos processos de usinagem (Coordenadas, eixos e movimento). Disponível em: <<https://statics-submarino.b2w.io/sherlock/books/firstChapter/115145429.pdf>> Acesso em: 04 de outubro de 2020.

VENSON I. Apostila de Processos de Corte em Madeiras: Fresas para madeira. Disponível em: < <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/>> Acesso em: 27 junho 2020.