



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
SÃO PAULO
Câmpus Guarulhos

Vinicius Almeida Das Neves

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CNC 3D DE CORTAR ISOPOR COM MATERIAL RECICLADO
DIÁRIO DE BORDO**

Guarulhos - SP

2017

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CNC 3D DE CORTAR ISOPOR COM MATERIAL RECICLADO

DIÁRIO DE BORDO

Vinicius Almeida Das Neves

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico de
Automação Industrial do período Noturno,
do 4º Módulo do "Instituto Federal De São
Paulo, Campus Guarulhos", para as
disciplinas em geral.

Profº(Orientador). Fábio Antunes.

Profº(Coorientador). Benício Francisco

Autor: Vinícius Almeida das Neves.

Guarulhos - SP

2017

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Fábio Antunes e Coorientador Benício Francisco;

*Ao professor Diego Azevedo e aos professores do Instituto Federal de São Paulo
Campus Guarulhos, por todo auxílio e suporte;*

Aos colegas e amigos, por cada ideia e opinião;

E aos que acreditaram que era impossível...

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO AO PROJETO.....	5
2. DESENVOLVIMENTO.....	6
2.1 Problemática.....	6
2.2 Hipótese Científica.....	6
2.3 Referências Bases.....	6
2.4 Listas de Materiais.....	7
2.5 Desenhos mecânicos (Demonstrativo).....	9
2.6 Esquemas Elétricos.....	13
2.7 Fluxograma de Operação.....	17
2.8 Softwares Livres Utilizados.....	22
2.8.1 GMFC.....	22
2.8.1.1 Manual de Configuração e Operação.....	23
2.8.2 Programação PIC.....	34
3. MONTAGEM.....	40
3.1 Mecânica.....	40
3.2 Eletrônica.....	43
4. RESULTADO FINAL.....	47

4.1 Listas de Custo Final.....	47
4.2 Peças Produzidas.....	50
4.3 Relação de Preços.....	52
4.4 Isopor e Sustentabilidade.....	53
4.5 Conclusão.....	54
5. BIBLIOGRAFIA.....	55

1. INTRODUÇÃO AO PROJETO

Nesta pesquisa propõe-se a concepção, projeto e construção de um equipamento de corte contínuo denominada CNC MAKITRON, apropriada para realizar cortes em isopores mais especificamente através de um fio de níquel cromo submetido à temperatura elevada. Sendo um equipamento já presente no mercado, porém, que não possui amplo espaço por não ser conhecido pelo público em geral.

Trata-se de trazer aos alunos da área de tecnologia um protótipo mais rentável, de fácil acesso e manuseio voltado para o trabalho artesanal, atendendo como meio empreendedor e didático.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Problemática

Desde a última década, vemos que o mercado de trabalho brasileiro esta se tornando cada vez mais difícil para jovens da área técnica ingressarem no primeiro emprego, durante ou após o término do curso, muitos desempregados ou sem a oportunidade de utilizarem do conhecimento que adquiriram durante o curso, tendo que mudar para outra área. A utilização deste conhecimento poderia ser utilizada para algum projeto empreendedor na área, como alternativa de lucrar perante a crise que assola a realidade de muitos, uma oportunidade de se tornar autônomo.

Data: 02/08/2016

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.2 Hipótese Científica

A proposta desta pesquisa é demonstrar e comprovar a viabilidade e rentabilidade financeira da montagem de uma CNC 3D caseira de cortar isopor, feita em grande parte, de materiais reaproveitados e aplica-la como um meio de trabalho informal para pessoas ligadas a automação e mecatrônica em geral, utilizando da ideia de empreender com sua própria criação.

Data: 06/09/2016

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.3 Referências Bases

As principais referências que foram utilizadas como base para a confecção e criação do projeto são os sites pesquisados e destacados na bibliografia do mesmo, que se identificam como sites estrangeiros sobre a Idea inicial de uma CNC de cortar isopor, como principio da eletrônica e mecânica e fornecimento dos softwares livres.

Data: 06/09/2016

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.4 Lista de Materiais

Materiais Mecânicos

LISTA DE MATERIAIS MECÂNICOS (DEPÓSITO DE SUCATA, LOJA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO):	
QUANT.:	DESCRIÇÃO
4	CHAPAS DE ALUMINIO 110 X 130 mm, 2mm DE ESPESSURA
2	CHAPAS DE ALUMINIO 96 X 94 mm, 2mm DE ESPESSURA
2	CHAPAS DE ALUMINIO 71 X 94 mm, 2mm DE ESPESSURA
2	CHAPAS DE ALUMINIO 30 X 84 mm, 2mm DE ESPESSURA
4	BARRA LAMINADA MACIÇA M12 490 mm, ROSCA DOS DOIS LADOS M6, IMPRESSORA MATRICIAL RIMA
2	BARRA LAMINADA MACIÇA M9 464 mm, PARAFUSO DOS DOIS LADOS M4, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050
2	BARRA LAMINADA MACIÇA M12 464 mm, PARAFUSO DOS DOIS LADOS M4, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050
2	BARRA FUSO INOX PASSO COMUM M6 530 mm
2	BARRA FUSO INOX PASSO COMUM M6 502 mm
8	PORCAS INOX M6
8	PARAFUSOS INOX M6 CESTAVADO 10mm
4	PARAFUSOS M4 LATÃO 40mm
4	ARUELA FURO M4 LATÃO
8	PARAFUSOS M3 FERRO FUNDIDO ALIEN 40mm
16	PORCAS M6 INOX
2	MOTORES DE PASSO 1KGF 12V 200 PASSOS 1,5 P/S EM-93STH39D172, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050
2	MOTORES DE PASSO 1KGF 12V 200 PASSOS 1,5 P/S EM-93STH39D172 COM SUPORTE, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050
2	CARROS IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050
2	CARROS IMPRESSORAS MATRICIAIS RIMA
6	PARAFUSO M4 LATÃO
2	CALÇO DE AJUSTE DE FUSO M12
1	CAIXA DE ACRÍLICO COM TAMPA 500 X 300 X 200 mm
1	PACOTE COM 100 FITA HELLERMAN PRETA 4X100mm
1	MESA MILIMETRADA EM MDF 500 X 600 x 15mm+SUPORTE DE 125mm
16	SUPORTE PARA PCI ISOLADO M4 20mm

Materiais Eletrônicos

LISTA DE MATERIAIS ELETRÔNICOS (DEPÓSITO DE SUCATA, LOJA DE MATERIAIS DE ELETRÔNICA):	
QUANT.:	DESCRIÇÃO:
10	RESISTOR 10K Ω +-5%
1	RESISTOR 4,7K Ω +-5%
1	RESISTOR 120 Ω +-5%
2	RESISTOR 270 Ω +-5%
16	RESISTOR 1K5 Ω +-5%
2	RESISTOR 2K7 Ω +-5%
2	RESISTOR 24K Ω +-5%
1	RESISTOR 100 Ω +-5% 1W
1	RESISTOR 330 Ω +-5%
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 220uf/35V
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 1000uf/35V
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 2200uf/35V
1	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 470uf/16V
1	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 220uf/16V
6	CAPACITOR ELETROLITICO TYPE MKT 5,08mm 100nF/63V
2	CAPACITOR CERÂMICO 2,54mm 27pF/50V
1	7805 regulador
1	7812 regulador
1	FOTOACOPLADOR CNY17
1	MICROCONTROLADOR PIC16F877A 40 PINOS 20MHz
1	BUZ11 TRANSISTOR MOS FET CANAL N
16	TIP 122 POTENCIA
18	DIODO 1N4007
1	DIODO 6A10 6A 1000V
1	DIODO 1N4148
1	CONECTOR DB 25 FÊMEA COUDÉ 90° POUR CI
1	BUZZER 12V DM-06 21-6507
1	LED VERMELHO DIFUSO 5mm
1	LED AMARELO DIFUSO 5mm
1	LED BRANCO DIFUSO 5mm
1	LED VERDE DIFUSO 5mm
1	LED AZUL DIFUSO 5mm
4	CHAVE GANGORRA OFF/ON 3 POLOS DUPLA
1	PHUSBOTOM (NA) VERMELHO
1	PHUSBOTOM (NA) PRETO
1	PHUSBOTOM NA AZUL OU PT

1	CRISTAL QUARTZ 16 MHz HC18
2	SUPORTE DE CI 40 PINOS
2	SUPORTE DE CI 6 PINOS
4	CONECTOR DB9 FÊMEA
8	TIRA DE 2M DE CABO MANGA 6 VIAS
4	Borne de uso geral com 2 vias CBM002 PASSO de 5.08mm
3	FONTES DE PC ATX USADA 5 e 12VCC 6A
1	Interruptor de Tecla Plástica Bipolar KCD4-201N 15A 110V

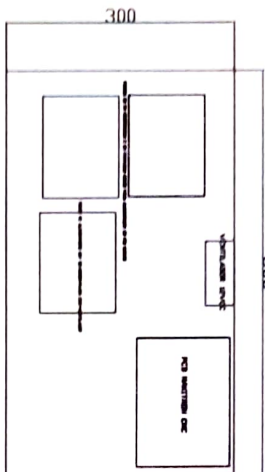
Data: 08/11/2016

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.5 Desenhos Mecânicos (Demonstrativo)

CAIXA CNC

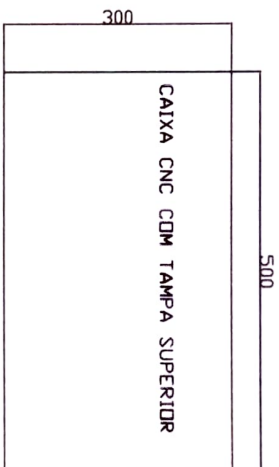
500



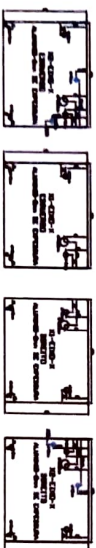
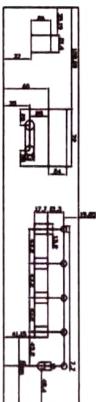
FRENTE PAINEL



PARTE TRAZEIRA PAINEL

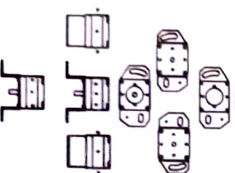


CAIXA CNC COM TAMPAS SUPERIOR

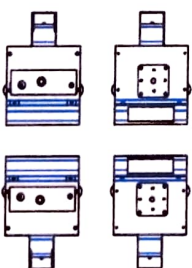


BARRAS LARGURA 112 X 4800 DE COMPIMENTO

FUSO BOM PASSO COMUM Nº 30mm DE COMPIMENTO



BASE MDF 490 X 130 X 15mm



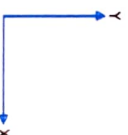
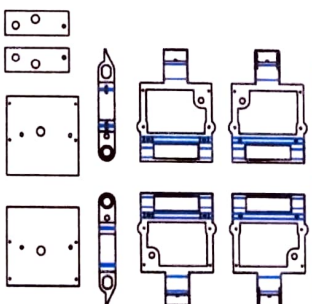
BASE MDF 490 X 130 X 15mm



CANALOS DOS EIXOS X DIREITO E ESQUERDO



CANALOS DOS EIXOS X DIREITO E ESQUERDO



ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	OBIS	MATERIAL
01	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
02	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
03	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
04	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
05	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
06	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
07	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
08	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
09	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
10	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
11	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
12	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
13	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
14	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
15	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
16	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
17	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
18	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
19	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
20	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
21	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
22	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
23	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
24	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
25	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
26	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
27	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
28	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
29	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF
30	1	BASE MDF 490 X 130 X 15mm		MDF



Data: 22/02/2017

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.6 Esquemas Elétricos

Diagrama Elétrico

Imagem das Trilhas da PCI Inferior Lado Transparência (164x138mm)

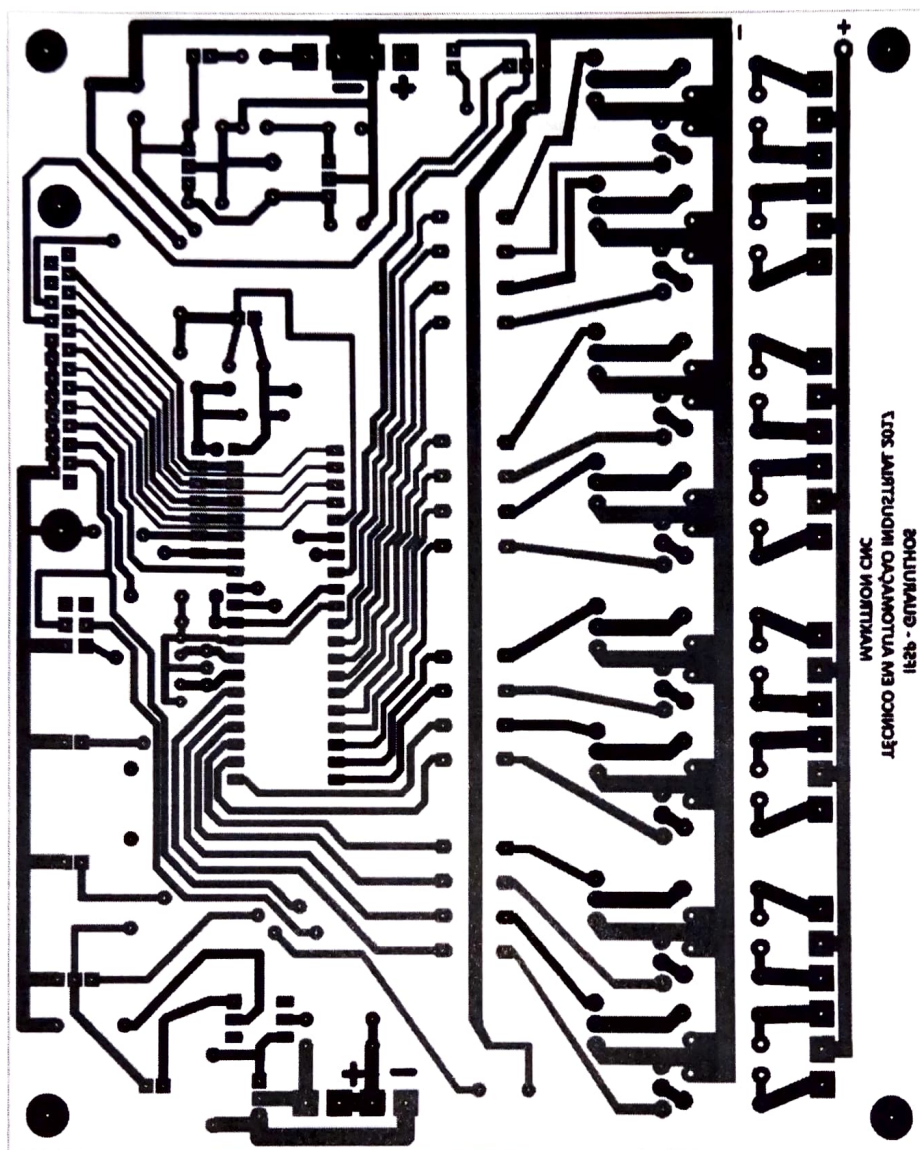
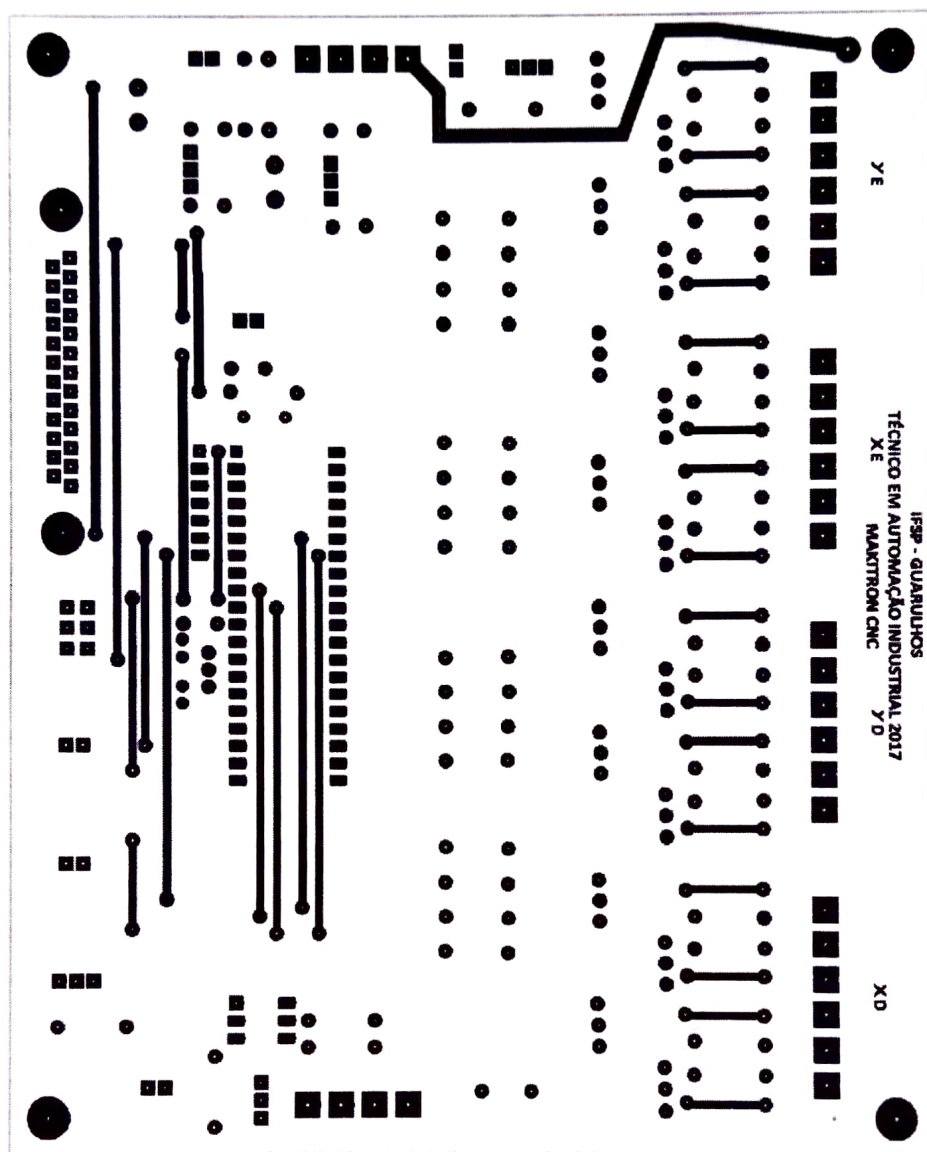


Imagem das Trilhas da PCI Superior Lado Transparência (164x138mm)

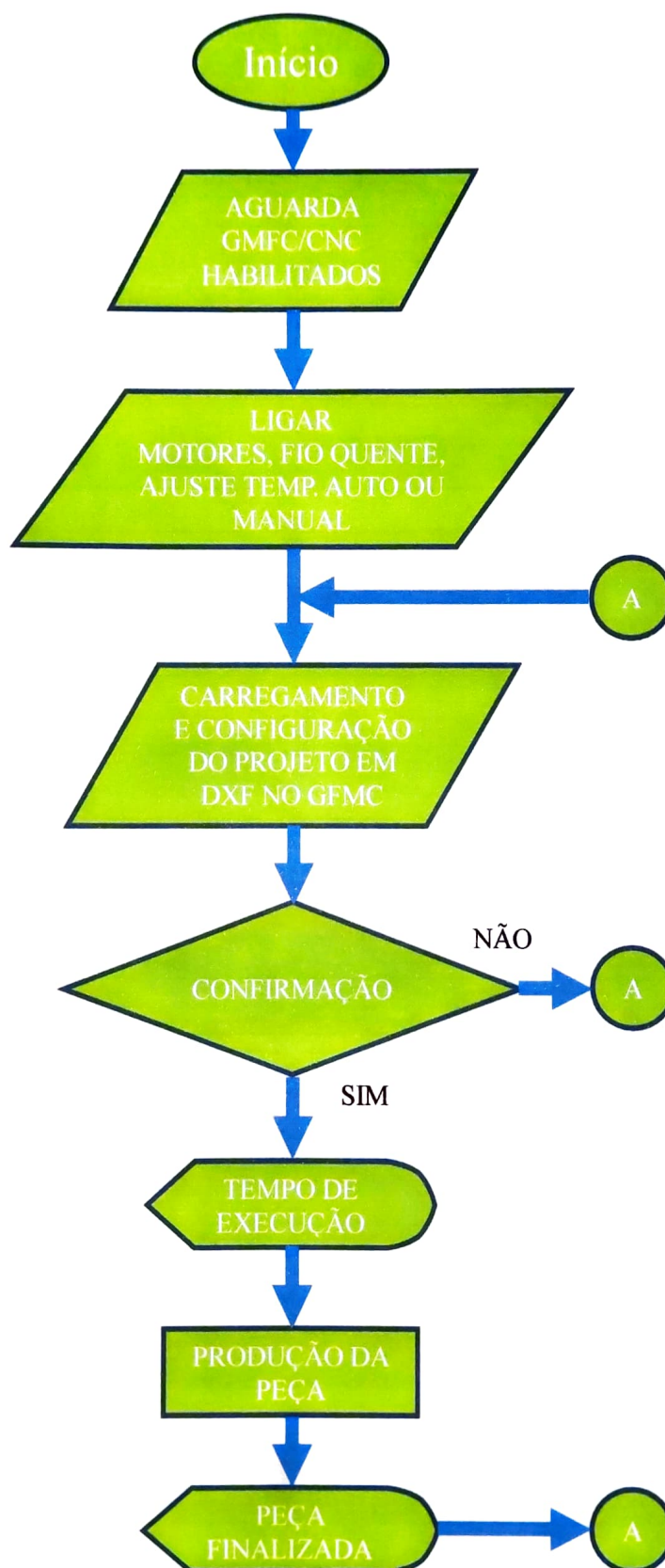


Data: 26/03/2017

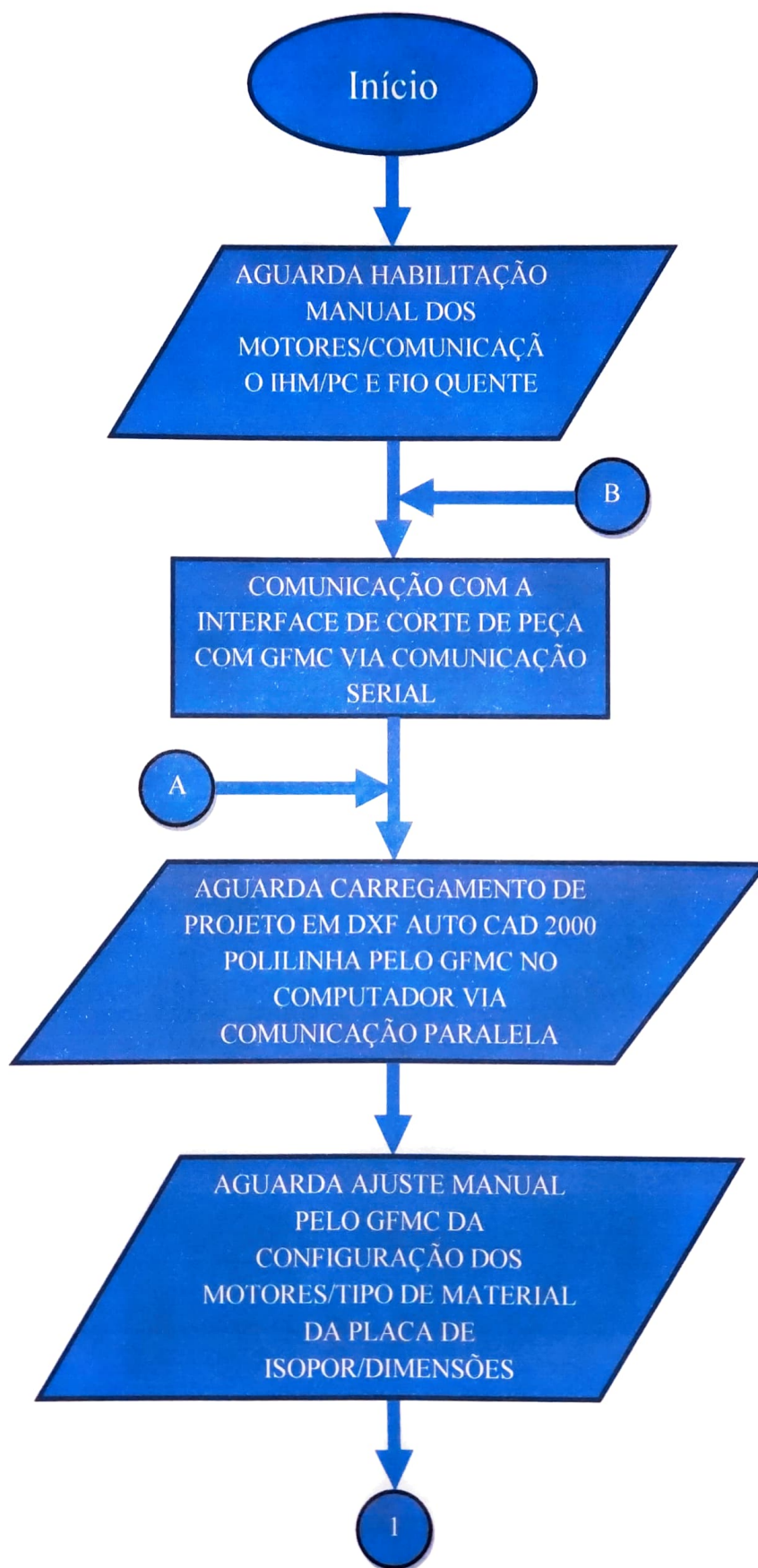
Local de Pesquisa: Residência do autor

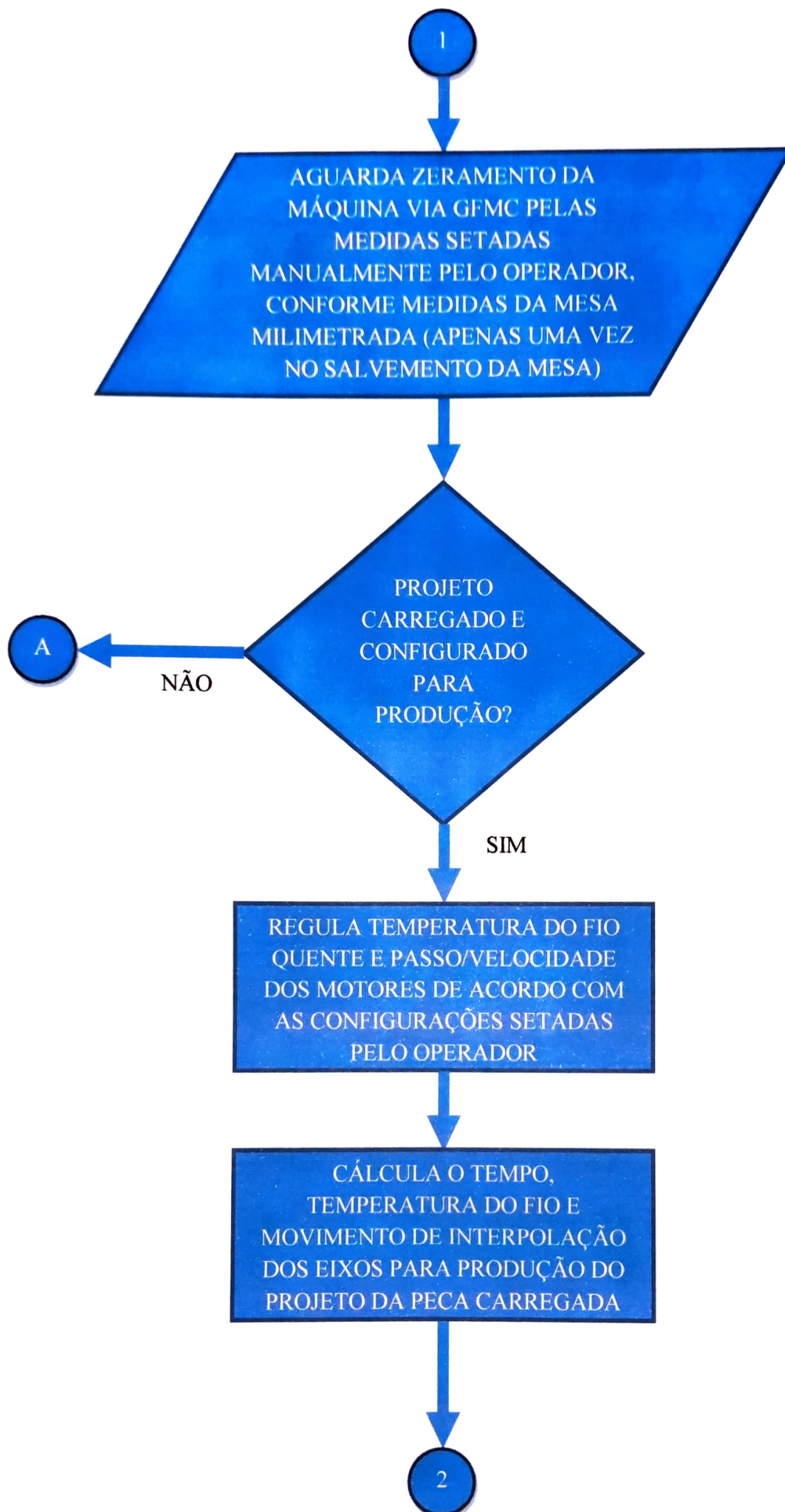
2.7 Fluxogramas de Operação

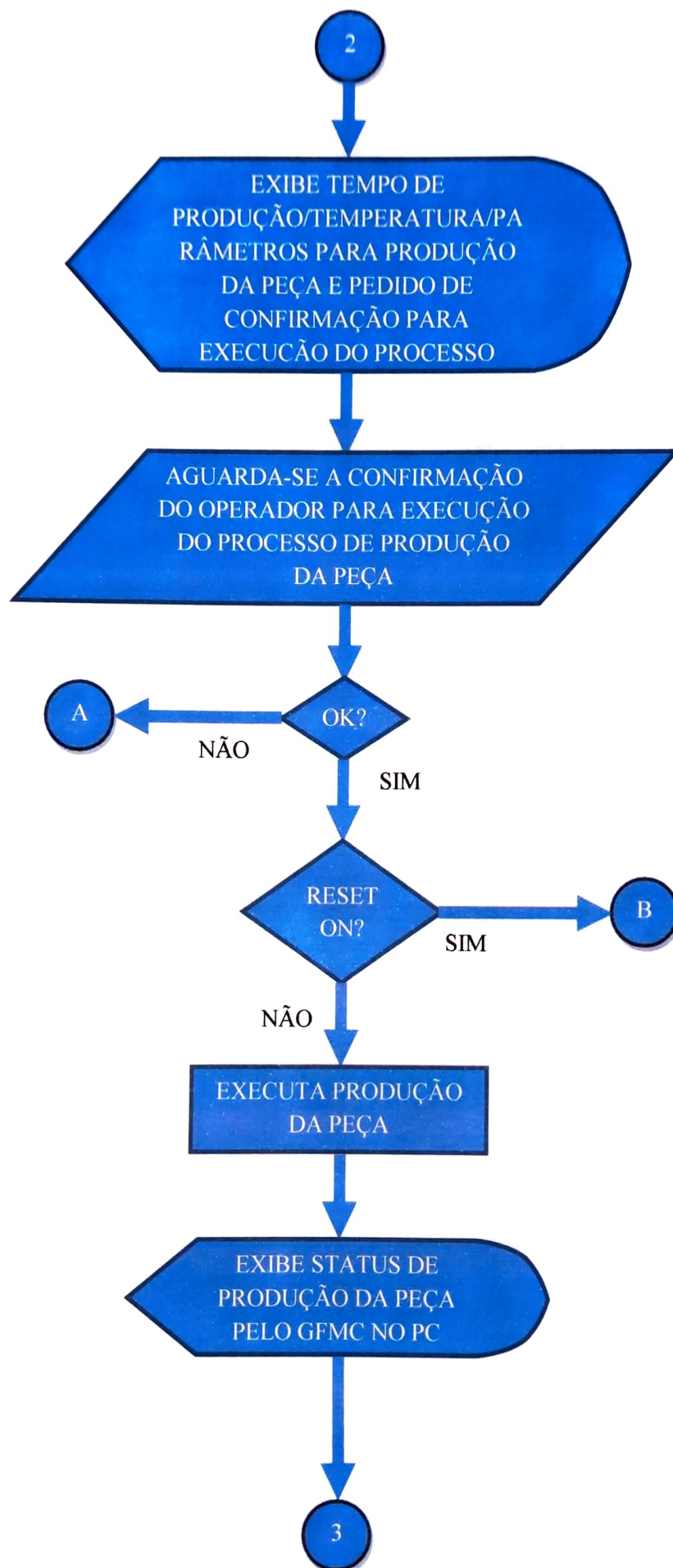
Simplificado

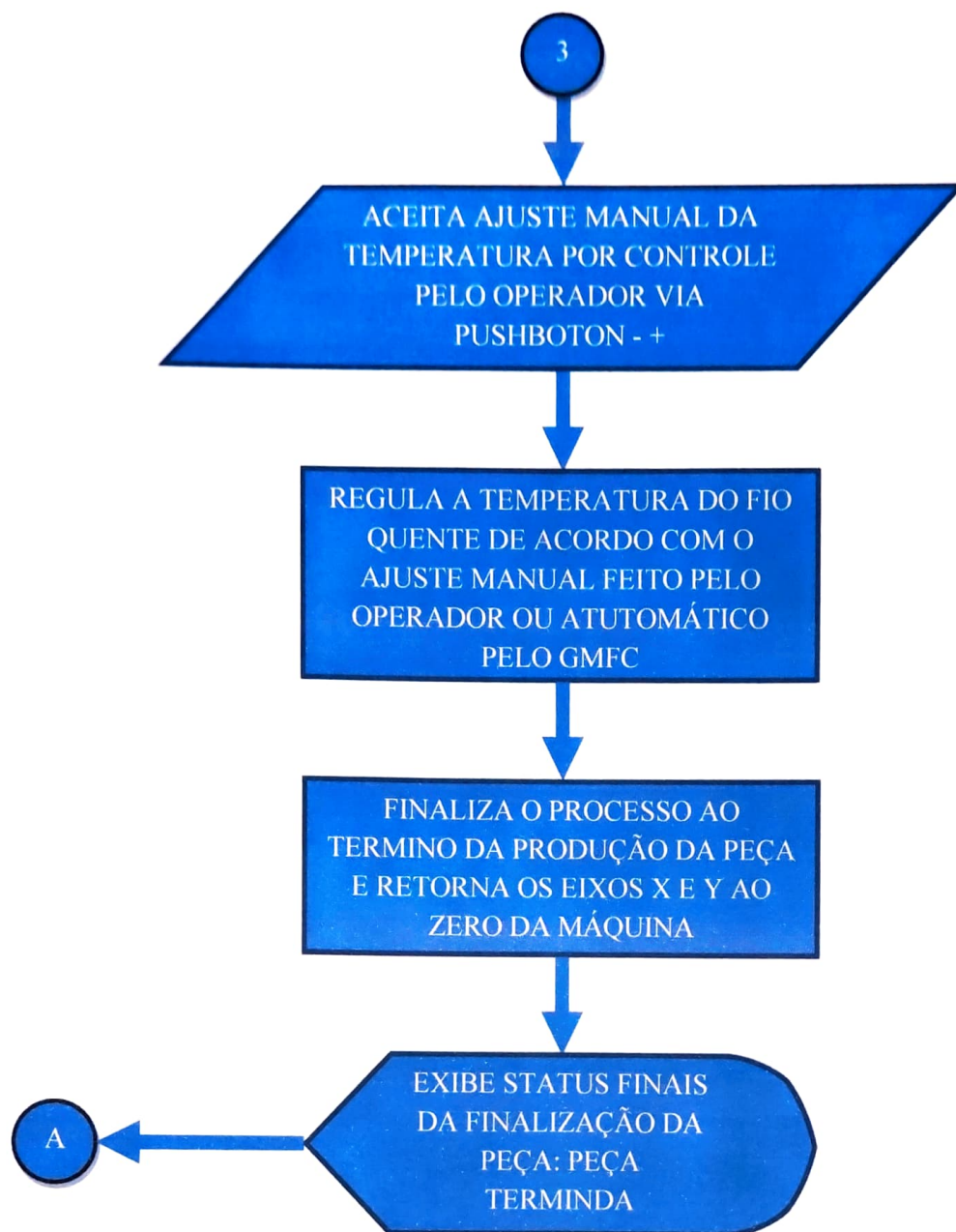


Complexo









Data: 30/03/2017

Local de Pesquisa: Residência do autor

2.8 Softwares Livres Utilizados

2.8.1 GMFC

O GMFC é um de muitos softwares livres com versões pagas, que oferece uma interface de configuração e corte de isopores e plástico XPS, tanto em 2D para corte de letras e letreiros e 3D para confecção de peças tridimensionais, como fuselagens de aeromodelos, sancas e rodapés de isopor como alternativa no lugar do gesso.

É um programa muito simples e versátil, mesmo não sendo em português, apenas nas línguas mundiais estrangeiras, com certa prática e seguindo o manual de operação não há tanta dificuldade em seu uso.

Este funciona com dois tipos de interfaces: (1ª) interfaces de portas paralelas com um temporizador para versões de 32 bits do Windows, (2ª) a interface GGC que conecta a maior parte da interface do motor paralelo através do USB. Para interfaces de portas paralelas, o GMFC requer um driver específico disponível para Win 95/98 / ME com GMFC PE e para Win 95/98/2000 / XP / Seven / 8 (32 bits) para as versões LIGHT, PRO e EXPERT .

Após a instalação e a primeira execução, todas as funcionalidades GMFC estão disponíveis por um período de 30 dias. Após esse tempo, as funções de corte serão desativadas. No entanto, a parte de design do GMFC ainda está totalmente habilitada.

Para ativar permanentemente as funções de corte, deve ser comprada uma chave de licença específica para uma determinada máquina. Mas somente a máquina de corte precisa de uma chave de licença. Assim é possível compartilhar uma única licença GMFC entre um clube ou um grupo de amigos.

As versões pagas oferecem mais vantagens em relação à qualidade do corte, principalmente em 3D e comunicação via USB, porem não há necessidade

uma vez que há tantos outros softwares livres e disponibilização do mesmo com licença liberada por códigos compartilhados.

O site para download do mesmo se encontra nas referências bibliográficas, tendo o suporte do Windows 95 ao Windows 8, 32 e 64 bits, não exigindo muito da memória de vídeo, funcionando perfeitamente com um computador de processador Pentium IV, suportando arquivos do Autocad 2000 nos formatos DXF.

Em relação à comunicação paralela, é utilizado um cabo de impressora paralelo de 25 vias, conector DB 25. Atualmente os computadores não possuem porta paralela, apenas notebooks antigos, porém é possível comprar um módulo de expansão de porta paralela para acoplar nas saídas PCI Express da placa mãe, não necessitando de um PC antigo.

No projeto foi utilizada a versão 3087 GMFC PRO EN, adquirida na própria página do software, habilitada com um código compartilhado.

Data: 22/11/2016

Local de Pesquisa: IFSP Campus Guarulhos

2.8.1.1 Manual de Configuração e Operação

CONFIGURAÇÃO DA MÁQUINA

1º Passo: Após a instalação do software GMFC no diretório escolhido pelo operador, inicie o programa, pois o mesmo irá comandar a execução de corte realizada pela CNC.

Configuração da mesa de trabalho (CNC Table Configuration):

CNC Table Configuration

Current table: **Default**

X Axis Configuration		Y Axis Configuration	
Steps per revolution	48	Steps per revolution	48
Screw thread (mm)	1	Screw thread (mm)	1
Step lost/inverse direction	0	Step lost/inverse direction	0
Minimum time between steps without acceleration (ms)	5	Minimum time between steps without acceleration (ms)	5
Maximum speed in X without acceleration (mm/s)	3150	Maximum speed in Y without acceleration (mm/s)	3150
Minimum time between steps with acceleration (ms)	5	Minimum time between steps with acceleration (ms)	5
Maximum speed in X with acceleration (mm/s)	3150	Maximum speed in Y with acceleration (mm/s)	3150
Acceleration steps	100	Acceleration steps	100
Left axis inversion ☐	Right axis ☐	Left axis inversion ☐	Right axis ☐

Dimensions		Miscellaneous	
Distance bet. wire support (mm)	3000	Zero position in X	0
X Axis travel (mm)	1000	Zero position in Y	0
Y Axis travel (mm)	500	Reverse table layout	☐

Driver and Hardware Interface

Parallel port: **Parallel port**

Timer value (us): 500

Time for wire heating (s): 10

Hardware interface with heat acquisition: ☒

OK Cancel Default

Referência imagem: Paint screen da tela.

2º Passo: Para configurar seus parâmetros de mesa de trabalho, observe que à esquerda e à direita eixos X (e Y) devem ter as mesmas características (dimensões, tipo de motor). Você irá configurar de acordo com as dimensões da mesa, dos eixos X/Y e passos do motor utilizado, seguindo o tamanho da barra roscada do fuso de cada eixo.

Acesso: Área de trabalho-> GMFC-> Table Configuration=(Ctrl+C)

3ºPasso: Sete as configurações de acordo as especificações de cada campo:

- **Mesa selecionada (Current table):** É a mesa de trabalho que ira criar, ou modificar as configurações.

Configuração do Eixo X/Y (X/Y Axis Configuration):

- **Etapas por Revolução (Steps per revolution):** É o número de etapas necessárias para que o motor realize uma revolução (giro de 360°).

OBS: Atenção verifique se a configuração de passo da interface (consulte motores) não excede as configurações do motor de passo utilizado. Se permitido por seus motores e a interface, o modo de avanço rápido fornecerá movimentos mais suaves.

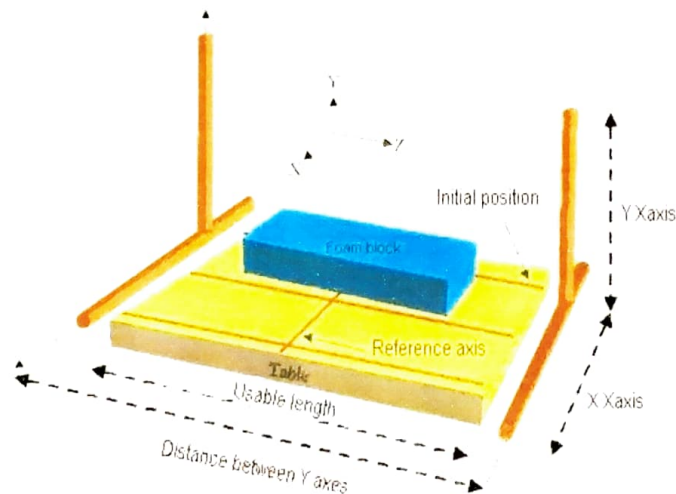
- **Barra roscada (Screw thread):** Se você estiver usando uma barra roscada métrica no fuso, você terá que usar os valores da tabela a seguir:

Tipo	Parafuso diâmetro	Parafuso thread em mm.
M6	6 mm	1
M8	8 mm	1.25
M10	10 mm	1.50
M12	12 mm	1.75

- **Cuidado com barras roscadas de segunda mão:** Não há sempre exatamente uma barra métrica de rosca, tendo variações por filete de rosca. Para verificar o thread exato do parafuso, execute o maior deslocamento possível no avanço rápido (Zero Axis) e meça a distância. O segmento de parafuso real é igual: segmento * (medida distância/distância de deslocamento setada).
- **Os passos perdidos quando reverter o sentido (Step lost/inverse direction):** Este é o número de etapas que o motor não se move quando muda de direção. Geralmente este valor é zero para o eixo Y e X.
- **Tempo mínimo entre os passos sem aceleração (Minimum time between steps without acceleration [ms]):** O tempo mínimo entre duas etapas é o tempo que o motor pode aceitar sem perder o passo. Este tempo permite ajustar a

velocidade máxima do motor (calculada pelo GMFC). O valor deve ser um múltiplo do valor timer.

- **Tempo mínimo entre os passos com aceleração (Minimum time between steps with acceleration [ms]):** Desta vez determina-se o tempo máximo quando é aplicada uma aceleração sobre a velocidade máxima padrão. Ajuste aceleração para o processo de calibração. Este valor deve ser um múltiplo do valor timer.
- **Aceleração por etapas (Acceleration steps):** Este é o número de etapas que o motor usa para acelerar a partir da velocidade máxima padrão à velocidade máxima com aceleração.
- **Inversão do eixo esquerdo/direito (Left axis inversion/right axis):** Essa caixa de seleção permite inverter a direção de movimento dos eixos X e Y sem modificar os cabos.



Dimensions

Referência imagem: <http://gm.cnc.free.fr/en/index.html>

- **Distância suportada do fio [Eixo Z] (Distance bet. wire support):** É a distância entre o dois pontos extremos em diagonal do eixo Z. Esta informação permite o GMFC calcular o eixo de circulação dos cortes cônicos (Cortes 3D).
- **Percurso máximo dos eixos X e Y (X/Y axis travel [mm]):** É a distância máxima que os eixos X e Y podem se mover.

OBS: Tenha cuidado para medir a distância útil, descontando o tamanho do carinho de cada eixo e não o tamanho dos fusos.

Ex: Área de corte do projeto em X=365mm e Y=390mm, Z=600mm, largura da mesa de corte.

Interfaces do Driver e Hardware (Driver and Hardware Interface):

- **Interface Paralela/USB:** Esta opção permite escolher entre uma das interfaces, paralela (como a MM2001) ou USB (como a MM-USB). Neste último caso, você pode verificar se o MM-USB é conectado corretamente, clicando no botão **Conexão MM-USB**.
- **Valor de timer (Timer value):** Esta opção permite a definição da frequência das interrupções enviadas para GMFC. Por padrão, esse valor é 0.5ms (2000 Hz) sobre a maioria placas de interface. Em MM2001 ou BB2001-4Z, você pode definir esse valor para 0.5ms (2000 Hz) ou 0.25ms (4000 Hz). Em uma MM-USB ou uma interface da MM2001 com o firmware V5, você pode definir esse parâmetro como 100ns (10 kHz).
- **Tempo de aquecimento do fio de níquel cromo (Timer for wire heating):** Habilitar esta opção se sua interface é capaz pré aquecer o fio de níquel cromo, assim o GMFC verifica que á calor suficiente antes de iniciar o corte.

Zeramento da máquina (Zero Axis):

Zero axis

Single step moves

Left Axis Right axis

Set Zero

Synchronized Axes ☒

Movement

Left Axis Right Axis

X (mm) 0 X (mm) 0 Zero Rev. GO

Y (mm) 0 Y (mm) 0 Schizo Num 1 Repeat

Heat

Heat (%) 70 Test duration (sec) 30 Test

Motor speed

X time between steps (ms) 5 Y time between steps (ms) 5

X maximum speed (mm/s) 4166 Y maximum speed (mm/s) 4166

X time bet. steps accel (ms) 5 Y time bet. steps accel (ms) 5

X speed accel (mm/s) 4166 Y speed accel (mm/s) 4166

Referência imagem: Paint screen da tela.

4ºPasso: Referenciar o ponto Zero dos eixos X e Y (início), seguindo as especificações:

Acesso: Área de trabalho-> GMFC-> Zero Axis=(Ctrl+Z)

Movimentação dos Eixos (Movement):

- **Zero da posição X/Y:** A posição zero é o lugar onde o fio inicia o corte e retorna após a conclusão da operação. A configuração do ponto inicial deve ser feita manualmente usando Painel de movimento rápido (Zero Axis). Definindo o

início do X e Y dentro dos limites estabelecidos anteriormente na configuração da mesa de trabalho.

OBS: O avanço rápido é muito útil para fazer cortes de ajustes das laterais e ajustes de dimensões das placas de isopor, sempre tomando atenção do quanto andou, para retornar corretamente para o zero da máquina.

- **Sincronização dos Eixos X/Y (Syncronized Axes):** Permite sincronizar os pares de eixo X e ou Y, se deselecionado, os campos preenchidos movimentaram apenas um eixo apenas, direito ou esquerdo, dependendo da caixa onde foram setadas as medidas de avanço.
- **Zero:** Zera os valores setados nos eixos X e Y. (Ex: 50->Zero.->0).
- **Rev.:** Inverte os valores setados nos eixos X e Y (Ex: 50->Rev.->-50).
- **GO:** Avança após ser setado um valor real nos campos de movimento do eixo X e ou do eixo Y (Se o fio quente estiver desligado, clicar em OK).
- **Calor fio Teste (Heat):**
- **Calor% (Heat%):** Porcentagem de calor do valor máximo nominal.
- **Duração do Teste (Teste duration):** Tempo de duração do teste do fio aquecido no material a ser cortado.
- **Testar (Test):** Testa os valores setados no material

Velocidade do motor (Motor speed):

- **Tempo entre os passos do eixo X/Y (X/Y time between steps [ms]):** Tempo que leva cada passo da rotação no fuso (utilizado para teste dos fusos).
- **Tempo entre os passos com aceleração (Time bet. steps accel. [ms]):** Tempo que leva cada passo da rotação no fuso com a aceleração (utilizado para teste dos fusos).

CONFIGURAÇÕES PARA CORTE

Especificações Desenho 2D:

O desenho deve ser feito ou salvo em DXF pelo AutoCAD 2000, o desenho tem de ser uma polilinha (única linha com diversos pontos) mas nunca fechada, tendo início e fim, começando sempre de baixo para cima.

OBS: Quanto mais pontos, maior a resolução do corte, porém se a quantidade de pontos for excessiva, a peça sofrerá deformação pelo calor, pois a velocidade de corte será reduzida devido ao excesso de coordenadas para que o GMFC transforme em código G.

O fato de ter de começar a desenhar de baixo para cima se dá devido à ação da gravidade, uma vez que cortada a parte superior da peça a mesma cairá sobre sua parte inferior, deformando em sua base.

Selecionando Projeto

1º Passo: Selecionar projeto salvo em DXF.

Acesso: Área de trabalho-> File-> Selecionar desenho criado em polilinha DXF
AutoCAD 2000-> Open

Configuração do Tipo de Isopor (Foam Management):

Foam management

Current table:
Default

Foam types:
Poly expansê

Computer controlled heat ☒

Create new material
Delete this material
Rename this material
Heat acquisition

Characteristics

Maximum speed	
Max speed (mm/s)	Heat (0-100)
4	70

Minimum speed	
Speed min (mm/s)	Heat Min (0-100)
1	30

Kerf for speed S (mm): 0.8
Kerf for speed S/2 (mm): 1.5

Apply changes
Cancel changes
Apply choice and exit

Referência imagem: Paint screen da tela.

Acesso: Área de trabalho-> GMFC-> Foam Management=Ctrl+M.

2º Passo: Configurar o tipo de isopor o material a ser cortado, segundo especificações:

- **Mesa selecionada (Current table):** Estará setada a mesa anteriormente configurada.
- **Tipo de isopor (Foam types):** Selecionar de acordo com tipo de isopor a ser cortado (Depron, [Expanded polystyrene ou Extruded Polystyrene] EPS).
- **Controle de temperatura pelo computador (Computer controled heat):** Deixar selecionado para que de acordo com o material o GMFC calcule o calor do fio quente.

Máxima velocidade em corte (Maximum speed):

- **Máxima velocidade de corte (Max speed [m/s]):** Velocidade máxima de corte, setada de acordo com a análise na perfeição do corte em relação a velocidade e o calor, valor padrão: 4 m/s.
- **Calor máximo (Heat [0-100]):** Calor máximo em porcentagem na velocidade máxima.

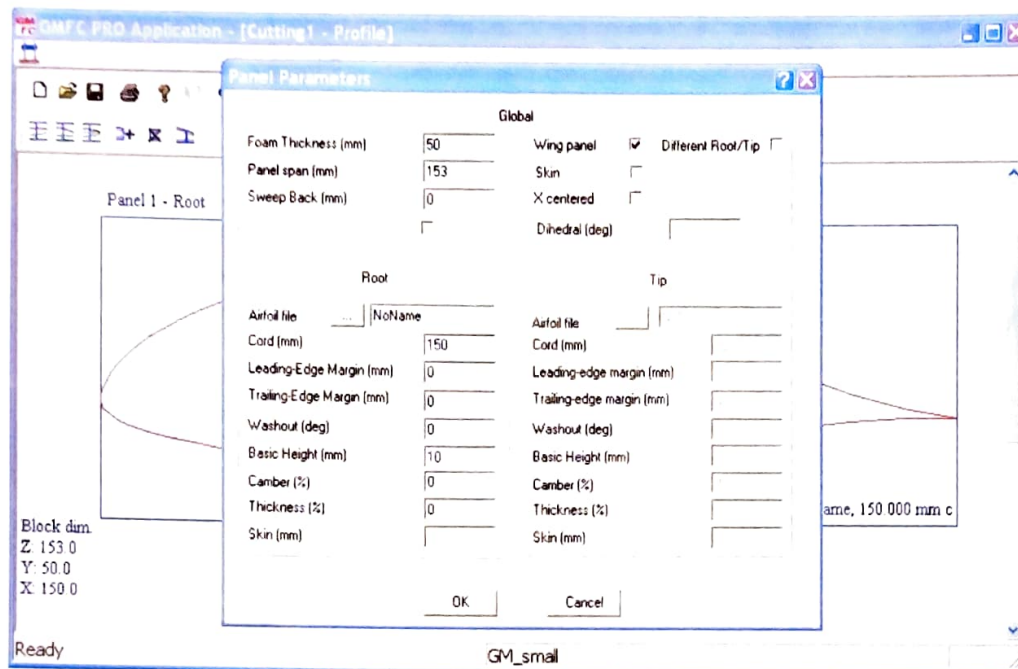
Mínima velocidade em corte (Minimum speed):

- **Mínima velocidade de corte (Speed min [m/s]):** Velocidade mínima de corte, setada de acordo com a análise na perfeição do corte em relação à velocidade e o calor, valor padrão: 1 m/s.
- **Calor mínimo (Heat [0-100]):** Calor mínimo em porcentagem na velocidade mínima.
- **Kerf para a velocidade S (Kerf for speed S [mm]):** Valor de caloria do fio quente em relação à velocidade, valor padrão: 0,8.
- **Kerf para a velocidade S/2 (Kerf for speed S/2 [mm]):** Valor de caloria médio do fio quente em relação à velocidade, valor padrão: 1,5.

OBS: Valores Kerf mudam de acordo com a configuração manual em cada tipo de material.

- **Aplicar escolha e sair (Apply choice and exit):** Após de configurara todos os campos se confirma este campo para salvar as configurações.

Configuração da Área de Corte (Current Painel Configuration/Panel Parameters):



Referência imagem: Paint screen da tela.

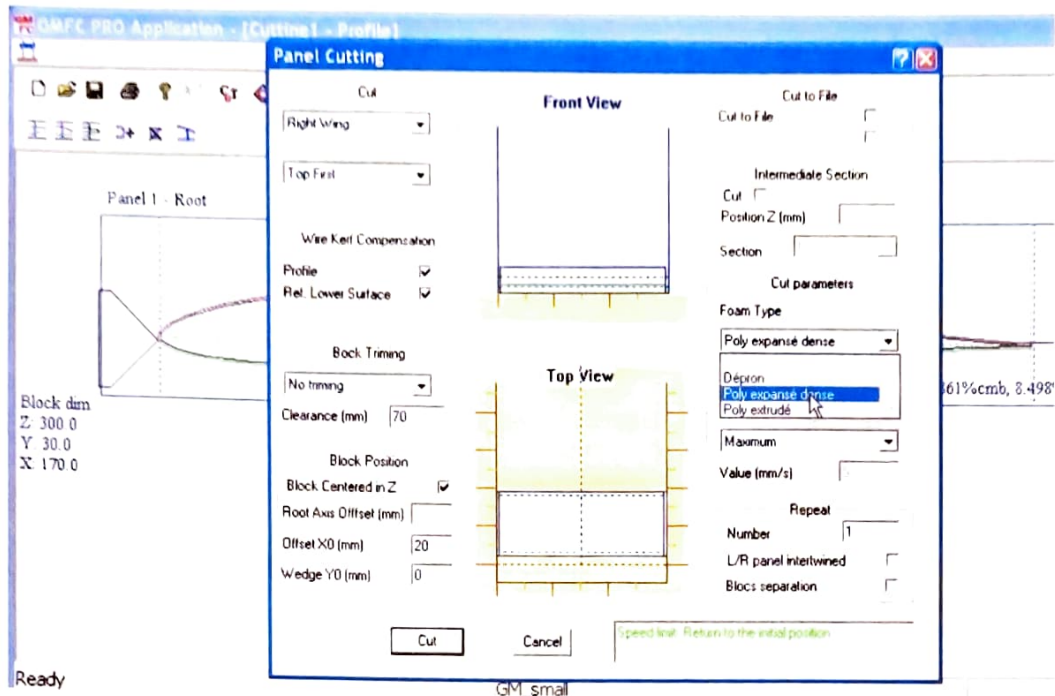
Acesso: Área de trabalho-> Current Painel Configuration...=Ctrl+P.

3º Passo: Configurar área de corte e tamanho do desenho de acordo com especificações:

- **Altura do Isopor (Foam Thickness [mm]):** Configuração da altura da peça que será cortada.
- **Espessura do Isopor (Panel span [mm]):** Configuração da espessura do isopor ou largura da peça que será cortada.
- **Corda (Cord [mm]):** Comprimento em X da peça a ser cortada.
- **Altura da base (Basic Height):** Define a posição da linha de corda dentro do bloco. Em outras palavras, esta é a linha para a qual o eixo Y é igual a 0, se refere a altura que se deseja começar a cortar a peça em relação ao início.
- **Ok:** Confirmar depois de configurar.

OBS: Se o tamanho da peça exceder o limite da máquina anteriormente configurado, é possível diminuir o tamanho da peça nas configurações de área de corte mostradas.

Cortando Peça (Cut/Painel Cut)



Referência imagem: Paint screen da tela.

Acesso: Área de Trabalho-> CUT-> Painei Cut=Ctrl+C.

4º Passo: Seleccionam-se as configurações especificadas para iniciar o corte da peça:

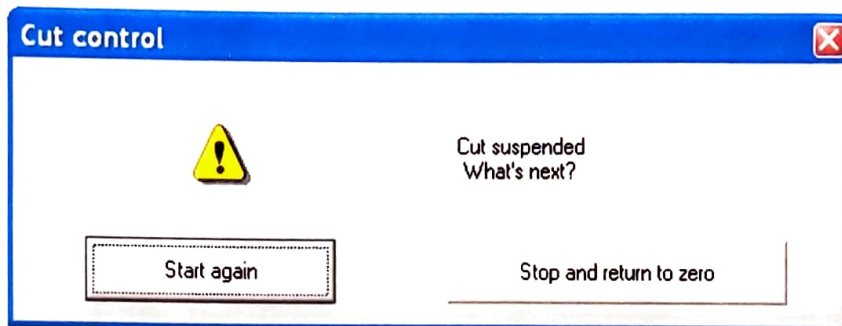
- **Corte (Cut):** Selecciona por onde começar a cortar a peça, primeiramente pela direita (Right) ou esquerda (Left), em corte de asas e posteriormente o início de corte da peça por baixo (Low first) ou por cima (Top first) da mesma, recomendado por baixo da peça, como mencionado anteriormente para evitar deformações causadas pela gravidade.
- **Bloco centralizado no Z (Block Centered in Z):** Padrão da peça posicionada no centro da mesa, seleccionada se esta for a posicionamento da peça.
- **Avanço do eixo X antes de iniciar o corte (Offset X0 [mm]):** Avança o Eixo X para frente, antes de começar a cortar, valor a escolha.
- **Avanço do eixo Y antes de iniciar o corte (Wedge Y0 [mm]):** Avança o Eixo Y para cima, antes de começar a cortar, valor a escolha.

5º Passo: Após de configurar todos os parâmetros anteriores e a mensagem no canto inferior direito estiver verde, clicar em cortar (Cut), Ok para o tempo mostrado para

produção da peça e esperar sua finalização, os eixos voltam para o seu zero de máquina após o término do corte.

OBS: Se houver algum erro durante o corte, como eixo no limite, ou configurações erradas de corte, abortar o mesmo em uma das seguintes maneiras:

- **(SHIFT+ESC):** Parada quase imediata (na maioria das etapas de 250), mas a posição zero perdido. Você deve executar uma movimentação manual para voltar ao zero da máquina, lembrando-se de desligar os motores para não dar retorno de tensão para a placa da CNC.
- **(ESC por 0,5 s):** Pressione a tecla ESC pelo menos por 0,5 segundos. Aparecerá a caixa de diálogo de parada. Dando a opção de começar de novo o processo de corte ou parar e retornar ao zero da máquina.



Referência imagem: Paint screen da tela.

Data: 16/04/2017

Local de Pesquisa: IFSP Campus Guarulhos

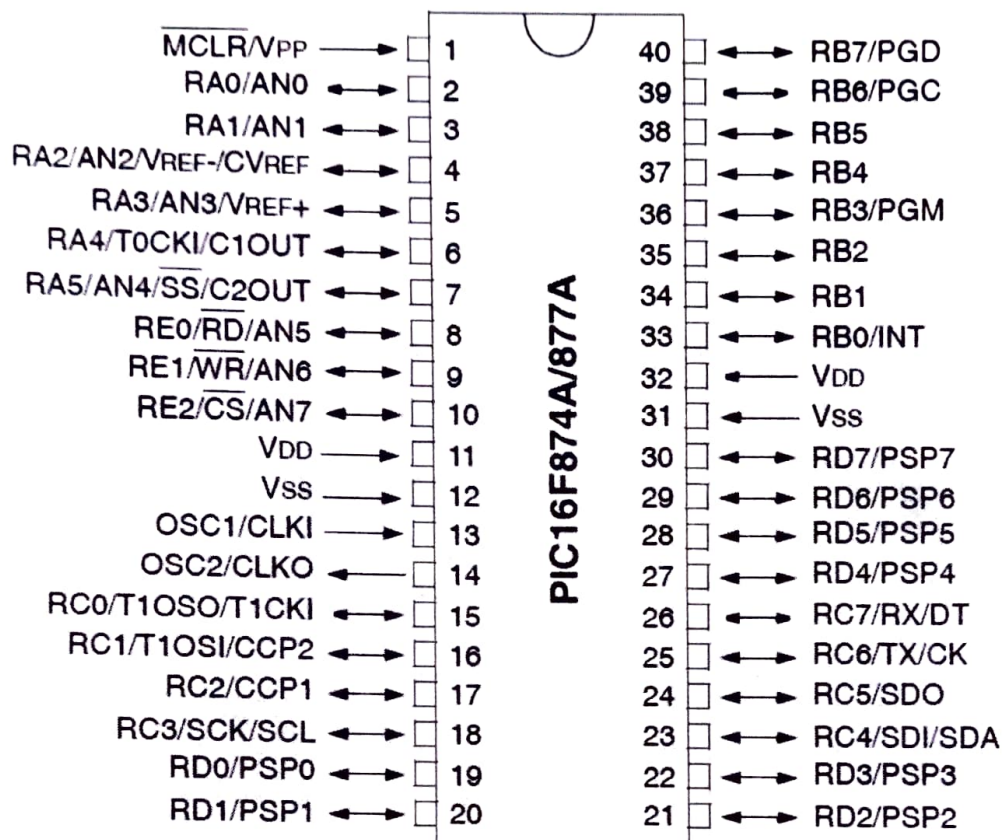
OBS: Aguarde até a parada completa do fio, em seguida, você pode reiniciar o corte do ponto atual ou executar um retorno automático para a posição inicial.

2.8.2 Programação PIC

Software utilizado é livre, em Hexa pronto para gravação no Microcontrolador PIC16F877A.

Pinagem do microcontrolador PIC16F877A:

40-Pin PDIP



Referência imagem: <http://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-pic16f877a.html>.

Características do Microcontrolador:

- Microcontrolador da família de 8 bits e núcleo de 14 bits.
- 16 significa que ele faz parte da família "MID-RANGE";
- F refere-se à memória de programa tipo "Flash" com 8192 palavras de 14 bits;
- Memória RAM com 368 bytes e memória EEPROM com 256 bytes;
- Cada linha da memória é uma palavra de 14 bits.

-Os três últimos números identificam precisamente o PIC, que neste caso é um PIC do tipo 877;

-Referência 16F877 pode ter um sufixo do tipo "-XX", onde XX representa a frequência máxima do relógio que o PIC pode receber, tendo frequência de operação (clock) até 20MHz;.

-Alimentação de 2V a 5,5V;

-Corrente de saída de 25mA;

-Pinagem DIP de 40 pinos.

Como periféricos:

-5 conjuntos de portas de entrada e saída (total de 33 portas)

-Conversor analógico-digital de 10 bits de resolução e 8 canais de entrada

-Periférico de comunicação paralela e serial (USART e MSSP)

-2 Módulos CCP (Comparação, Captura e PWM)

-3 Timers (1 de 16 bits e 2 de 8 bits)

-Watchdog timer

Aplicações

Usado em sistemas de automação com grande número de aplicações, é muito versátil para projetos que envolvem um grande poder de processamento. Controle em comunicação visual como: Placares eletrônicos, painel de mensagem, controle de display de LCD ou LED, painel de senha, relógios de hora e temperatura em vias públicas.

Software de desenvolvimento

Há vários softwares de programação e gravação do microcontrolador, um muito utilizado e disponibilizado gratuitamente na versão estudante é o Microgenios, referenciado na bibliografia.

Programação

As linguagens de programação disponíveis são:

-Arquivo em Hexadecimal;

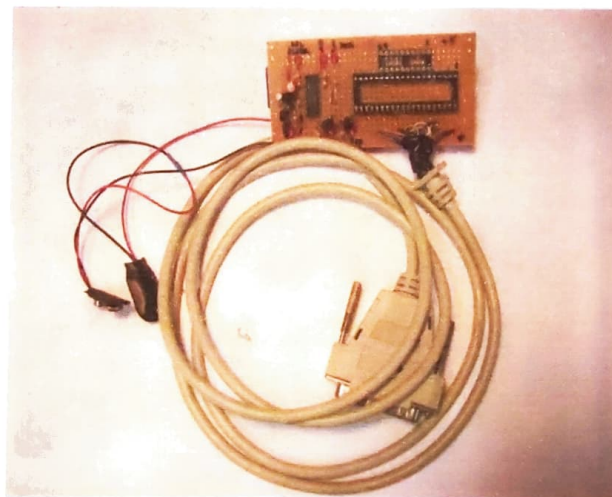
-Assembler;

-Basic;

-C.

No caso para gravação do PIC foi utilizado a programação livre fornecida pela própria página do GMFC. Programa gravado, versão V2: MM2001-V51.hex.

Gravador utilizado:



Referência imagem: Foto do gravador utilizado.

O gravador utilizado foi um gravador comum de baixo custo de comunicação por porta paralela, de 40 pinos. Foi acoplado o microcontrolador em sua base de fixação, levando em consideração o pino 1, conectado o cabo de porta paralela (Usando outras interfaces poderia se usar USB) e rodado a interface de gravação fornecida pelo site do GMFC para carregamento e gravação da programação em Hexadecimal no microcontrolador.

Interface de programação

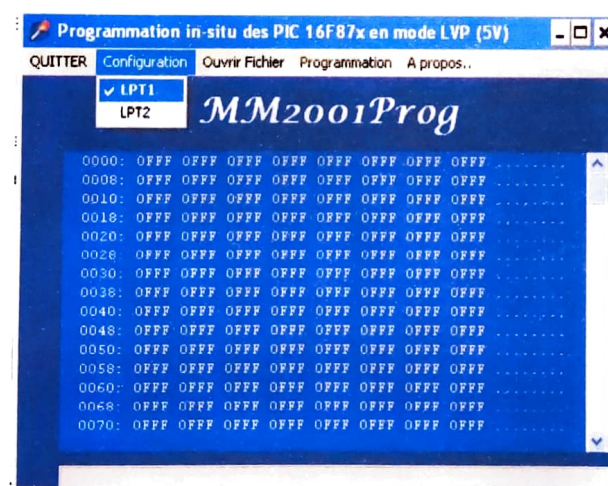
Interface utilizada: MM2001PROG. exe

Para gravar a programação no PIC, foi executada a interface mencionada, seguindo os seguintes passos:

1º Passo: Acoplar com cuidado o microcontrolador, levando em consideração o lado de encaixe do pino 1 na base de fixação do gravador e ligado cabo DB25 na porta paralela do computador.

OBS: Para executar e gravar por qualquer interface é aconselhável desativar o Firewall do sistema e Antivírus do computador, pois o mesmo pode barrar o processo.

2º Passo: Selecionar configuração LPT1.



Referência imagem: Paint screen da tela.

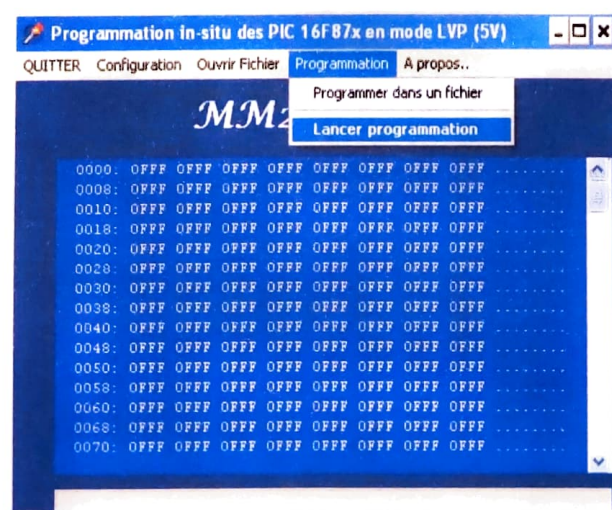
3º Passo: Abrir o arquivo em .hex a ser gravado, seguindo os seguintes caminhos:

Área de trabalho-> Ouvrir Fichier-> Selecionar programa em .hex a ser gravado (MM2001-V51.hex)-> Abrir.



Referência imagem: Paint screen da tela.

4º Passo: Após a programação ser carregada pela interface, ir a Programmation-> Lancer programmation-> OK-> OK. Gravação finalizada.



Referência imagem: Paint screen da tela.

5º Passo: Fechar a interface, desconectar o DB25, retirar com cuidado o PIC do gravador e coloca-lo na placa levando em consideração o lado do pino 1.

Data: 12/04/2017

Local de Pesquisa: Residência do autor.

3. MONTAGEM

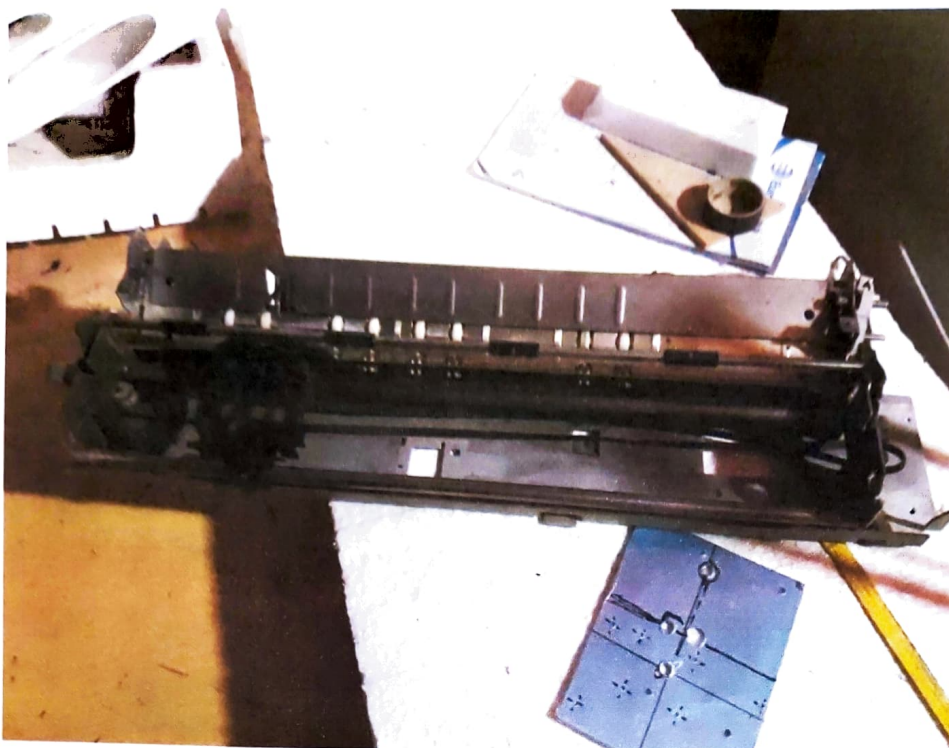
3.1 Mecânica

A montagem da parte mecânica da CNC foi baseada no princípio de movimentação do carrinho das impressoras matriciais antigas, considerando cada sistema de deslize do carrinho nas barras laminadas como um eixo da CNC. Sendo assim foram usadas quatro sucatas de impressoras matriciais para montar os dois pares dos eixos X e Y, reaproveitando as próprias barras laminadas e o próprio carrinho para fixar os motores de passo, também reaproveitados das impressoras, juntamente se adicionam os fusos M6 fixados no centro do carrinho.

Para o sistema de movimentação do carrinho no fuso, foram utilizadas porcas M6 como castanhas uma em cada carrinho, centralizada entre as barras laminadas, seguindo o canal de passagem do fuso entre os carrinhos.

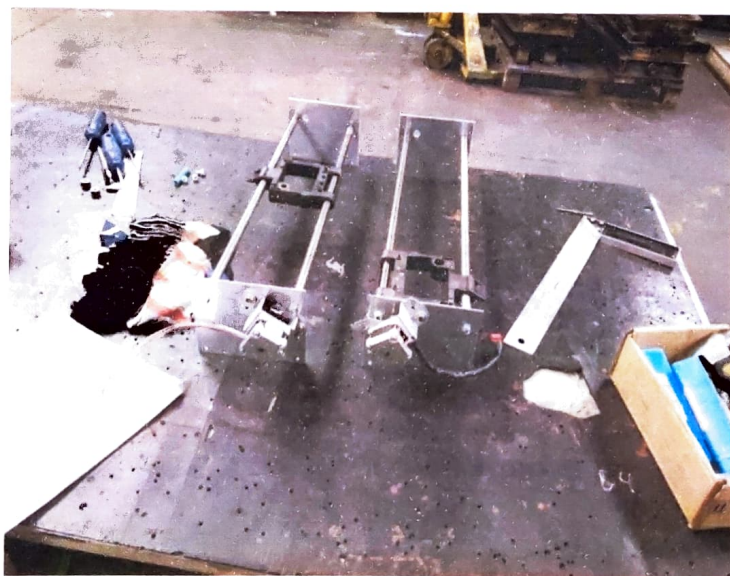
Etapas de montagem da mecânica:

1º Desmontagem e aproveitamento das partes mecânicas das sucatas das impressoras matriciais: 2 x RIMA e x EPSON FX-1050.



Referência da imagem: Foto de sucata da impressora matricial EPSON FX-1050.

2º Confecção dos eixos X.



Referência da imagem: Foto da confecção dos eixos X.

3º Confecção dos eixos Y.



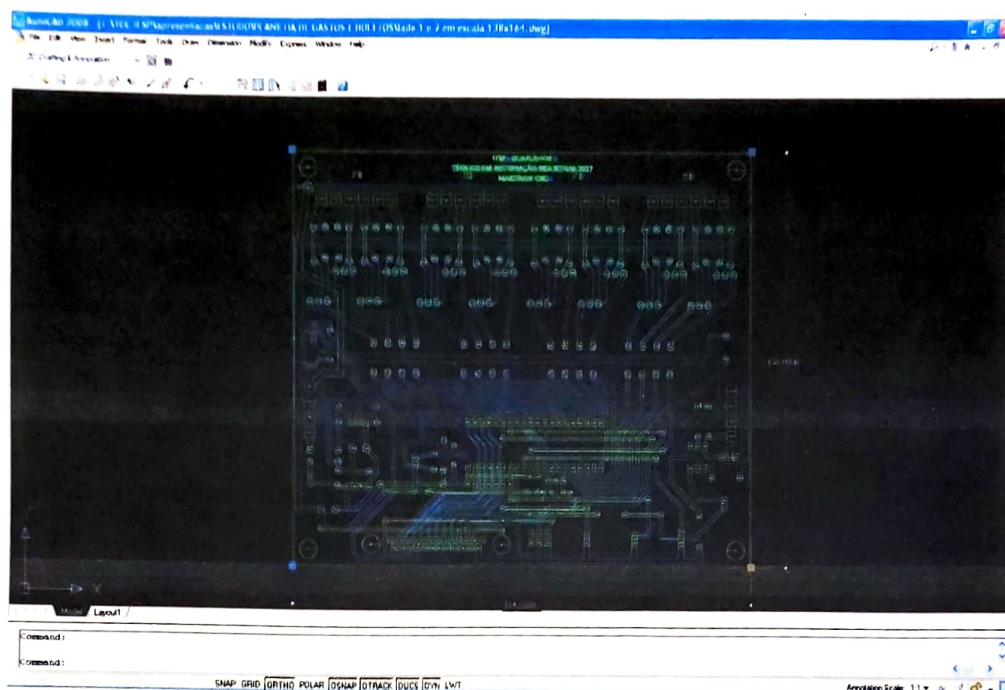
Referência da imagem: Foto da confecção dos eixos Y.

4º Confecção das duas torres X/Y, colocação de bases MDF de retalhos reaproveitados.



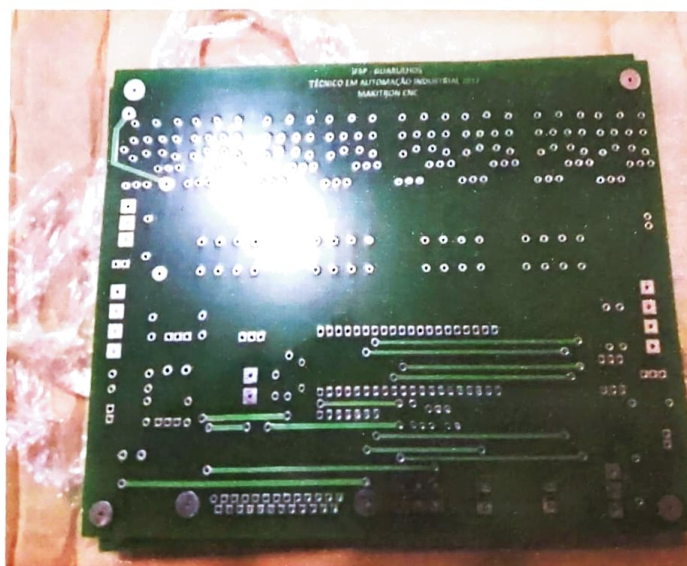
Referência da imagem: Foto da confecção das duas torres X/Y.

2º Exportação das trilhas para DXF, remodelação de acordo com a medida dos componentes, para execução da fabricação do protótipo. Principal referência: Pinagem da porta paralela e do Microcontrolador.



Referência da imagem: Paint screen da tela, exportação das trilhas para DXF AutoCAD 2006.

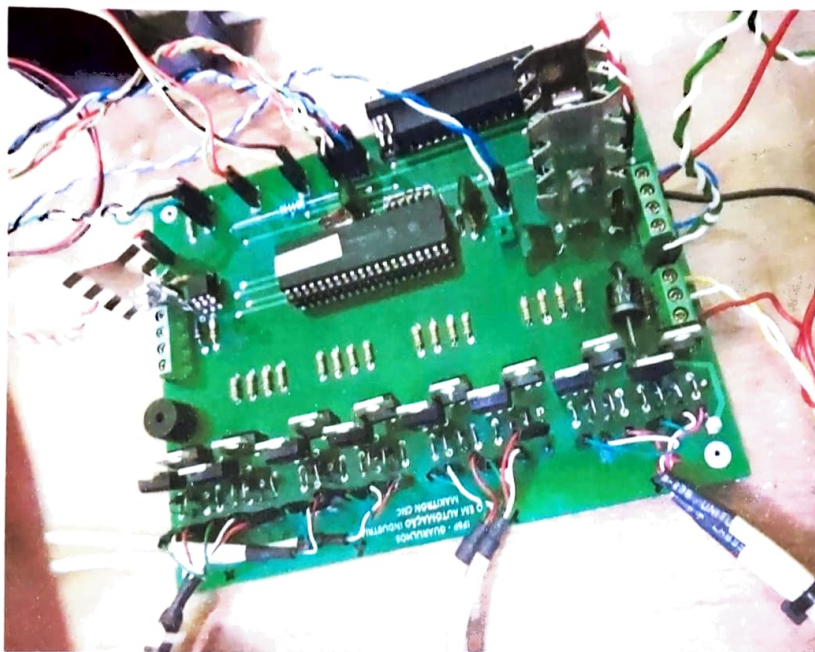
3º Fabricação da placa como protótipo juntamente com a TEC-CI Circuitos Impressos.



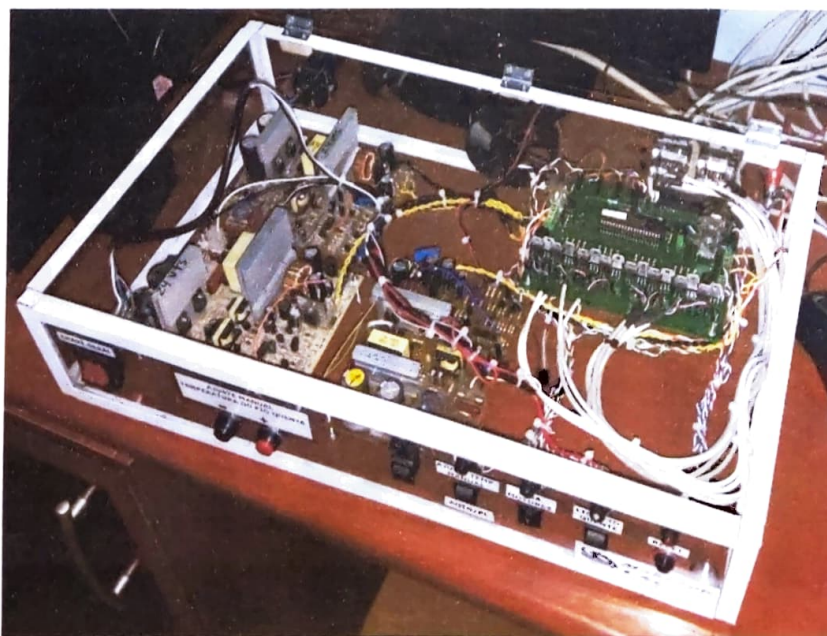
Referência da imagem: Foto da PCI da CNC após fabricação (versão antiga).

OBS: Porém há como fabricar por foto transparência, por se tratar de uma placa de duas faces a certa dificuldade de acertar os furos entre os dois lados.

4º Montagem e teste da PCI juntamente com o gabinete, montado em acrílico.



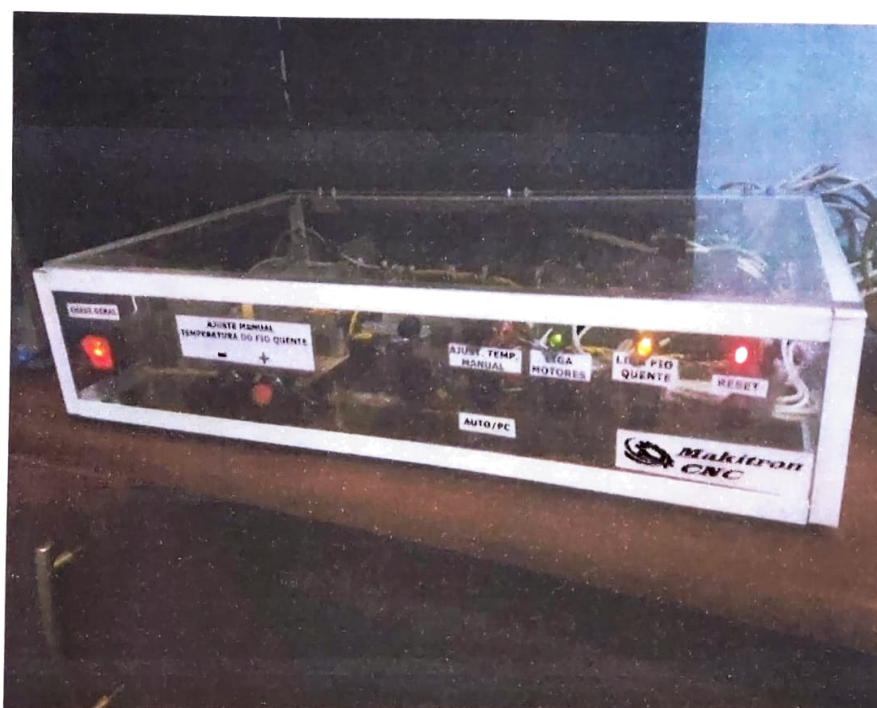
Referência da imagem: Foto da placa montada.



Referência da imagem: Foto interna do gabinete montado.



Referência da imagem: Foto frontal e lateral do gabinete montado.



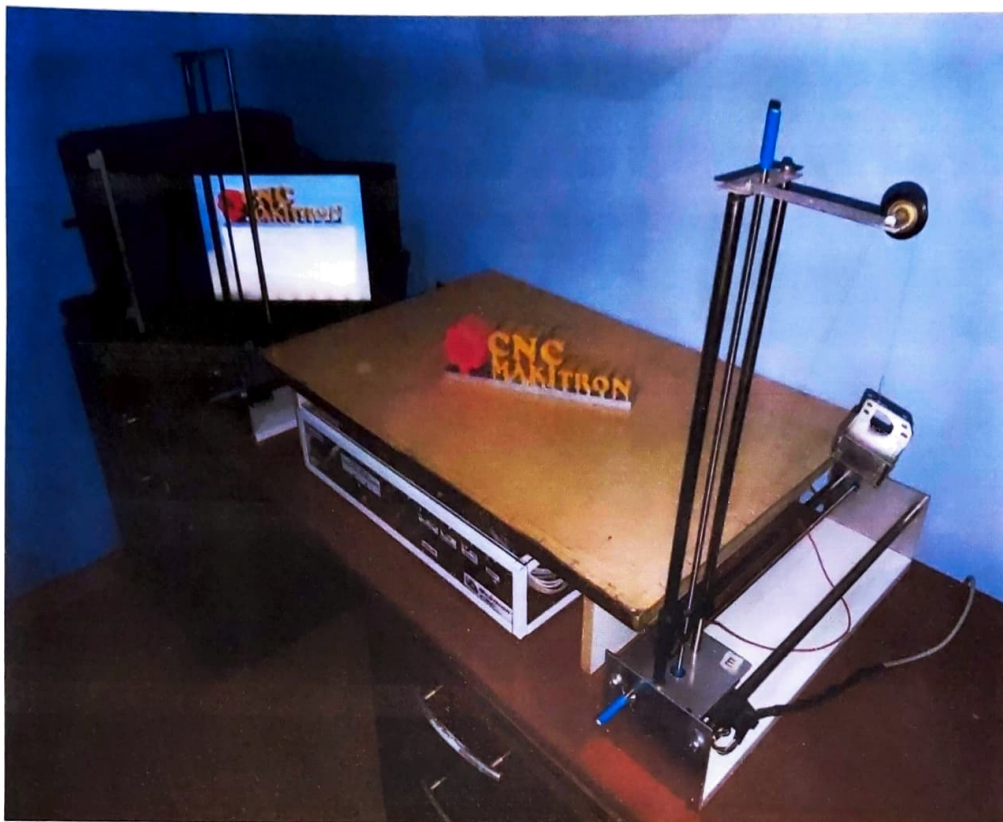
Referência da imagem: Foto do gabinete montado, teste da CNC.

Data: 22/01/2017-22/05/2017

Local de Pesquisa:

Residência do autor/IFSP Campus Guarulhos/Serviço (Horário de almoço).

4. RESULTADO FINAL



Referência da imagem: Foto da CNC Makitron Finalizada.

4.1 Listas de Custo Final

Lista de custo dos materiais Mecânicos e Eletrônicos

LISTA DE MATERIAIS MECÂNICOS (DEPÓSITO DE SUCATA, LOJA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO):			
QUANT.:	DESCRIÇÃO:	PREÇO UNID.	TOTAL

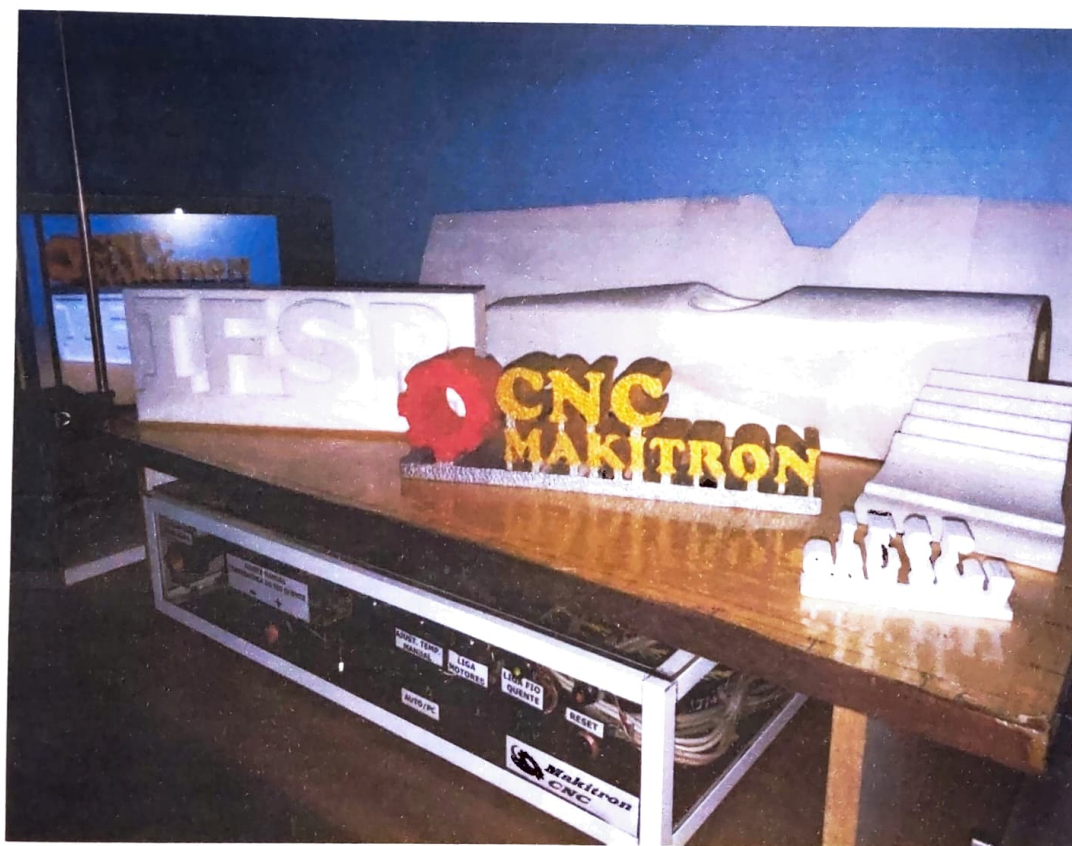
4	CHAPAS DE ALUMINIO 110 X 130 mm, 2mm DE ESPESSURA	R\$ 2,00	R\$ 8,00
2	CHAPAS DE ALUMINIO 96 X 94 mm, 2mm DE ESPESSURA	R\$ 2,00	R\$ 4,00
2	CHAPAS DE ALUMINIO 71 X 94 mm, 2mm DE ESPESSURA	R\$ 2,00	R\$ 4,00
2	CHAPAS DE ALUMINIO 30 X 84 mm, 2mm DE ESPESSURA	R\$ 2,00	R\$ 4,00
4	BARRA LAMINADA MACIÇA M12 490 mm, ROSCA DOS DOIS LADOS M6, IMPRESSORA MATRICIAL RIMA	R\$ 5,00	R\$ 20,00
2	BARRA LAMINADA MACIÇA M9 464 mm, PARAFUSO DOS DOIS LADOS M4, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050	R\$ 5,00	R\$ 10,00
2	BARRA LAMINADA MACIÇA M12 464 mm, PARAFUSO DOS DOIS LADOS M4, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050	R\$ 5,00	R\$ 10,00
2	BARRA FUSO INOX PASSO COMUM M6 530 mm	R\$ 10,00	R\$ 20,00
2	BARRA FUSO INOX PASSO COMUM M6 502 mm	R\$ 10,00	R\$ 20,00
8	PORCAS INOX M6	R\$ 0,20	R\$ 1,60
8	PARAFUSOS INOX M6 CESTAVADO 10mm	R\$ 0,10	R\$ 0,80
4	PARAFUSOS M4 LATÃO 40mm	R\$ 0,05	R\$ 0,20
4	ARUELA FURO M4 LATÃO	R\$ 0,05	R\$ 0,20
8	PARAFUSOS M3 FERRO FUNDIDO ALIEN 40mm	R\$ 0,25	R\$ 2,00
16	PORCAS M6 INOX	R\$ 0,10	R\$ 1,60
2	MOTORES DE PASSO 1KGF 12V 200 PASSOS 1,5 P/S EM-93STH39D172, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050	R\$ 20,00	R\$ 40,00
2	MOTORES DE PASSO 1KGF 12V 200 PASSOS 1,5 P/S EM-93STH39D172 COM SUPORTE, IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050	R\$ 20,00	R\$ 40,00
2	CARROS IMPRESSORA MATRICIAL EPSON FX-1050	R\$ 5,00	R\$ 10,00
2	CARROS IMPRESSORAS MATRICIAIS RIMA	R\$ 5,00	R\$ 10,00
6	PARAFUSO M4 LATÃO	R\$ 0,15	R\$ 0,90
2	CALÇO DE AJUSTE DE FUSO M12	R\$ 0,05	R\$ 0,10
1	CAIXA DE ACRÍLICO COM TAMPA 500 X 300 X 200 mm	R\$ 200,00	R\$ 200,00
1	PACOTE COM 100 FITA HELLERMAN PRETA 4X100mm	R\$ 16,00	R\$ 16,00
1	MESA MILIMETRADA EM MDF 500 X 600 x 15mm+SUPORTE DE 125mm	R\$ 50,00	R\$ 50,00
16	SUPORTE PARA PCI ISOLADO M4 20mm	R\$ 0,25	R\$ 4,00
TOTAL MECÂNICA:			R\$ 477,40

LISTA DE MATERIAIS ELETRÔNICOS (DEPÓSITO DE SUCATA, LOJA DE MATERIAIS DE ELETRÔNICA):			
QUANT.:	DESCRIÇÃO:	PREÇO UND.	TOTAL
10	RESISTOR 10K Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,50
1	RESISTOR 4,7K Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,05
1	RESISTOR 120 Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,05
2	RESISTOR 270 Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,10
16	RESISTOR 1K5 Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,80
2	RESISTOR 2K7 Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,10
2	RESISTOR 24K Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,10
1	RESISTOR 100 Ω +-5% 1W	R\$ 0,50	R\$ 0,50
1	RESISTOR 330 Ω +-5%	R\$ 0,05	R\$ 0,05
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 220uf/35V	R\$ 0,60	R\$ 1,20
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 1000uf/35V	R\$ 1,30	R\$ 2,60
2	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 2200uf/35V	R\$ 3,80	R\$ 7,60
1	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 470uf/16V	R\$ 0,40	R\$ 0,40
1	CAPACITOR ELETROLITICO RADIAL 220uf/16V	R\$ 0,25	R\$ 0,25
6	CAPACITOR ELETROLITICO TYPE MKT 5,08mm 100nF/63V	R\$ 0,30	R\$ 1,80
2	CAPACITOR CERÂMICO 2,54mm 27pF/50V	R\$ 0,10	R\$ 0,20
1	7805 REGULADOR DE TENSÃO 5V	R\$ 1,10	R\$ 1,10
1	7812 REGULADOR DE TENSÃO 12V	R\$ 1,10	R\$ 1,10
1	FOTOACOPLADOR CNY17	R\$ 1,90	R\$ 1,90
1	MICROCONTROLADOR PIC16F877A 40 PINOS 20MHz	R\$ 17,30	R\$ 17,30
1	BUZ11 TRANSISTOR MOS FET CANAL N	R\$ 7,80	R\$ 7,80
16	TIP 122 POTENCIA	R\$ 1,70	R\$ 27,20
18	DIODO 1N4007	R\$ 0,05	R\$ 0,90
1	DIODO 6A10 6A 1000V	R\$ 0,80	R\$ 0,80
1	DIODO 1N4148	R\$ 0,05	R\$ 0,05
1	CONECTOR DB 25 FÊMEA COUDÉ 90° POUR CI	R\$ 2,70	R\$ 2,70
1	BUZZER 12V DM-06 21-6507	R\$ 2,00	R\$ 2,00
1	LED VERMELHO DIFUSO 5mm	R\$ 0,20	R\$ 0,20
1	LED AMARELO DIFUSO 5mm	R\$ 0,20	R\$ 0,20
1	LED BRANCO DIFUSO 5mm	R\$ 0,20	R\$ 0,20
1	LED VERDE DIFUSO 5mm	R\$ 0,20	R\$ 0,20
1	LED AZUL DIFUSO 5mm	R\$ 0,20	R\$ 0,20
4	CHAVE GANGORRA OFF/ON 3 POLOS	R\$ 3,00	R\$ 12,00

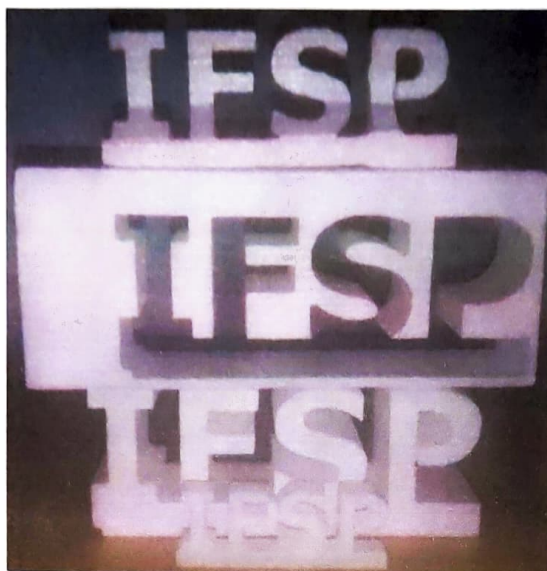
DUPLA			
1	PHUSBOTOM (NA) VERMELHO	R\$ 2,50	R\$ 2,50
1	PHUSBOTOM (NA) PRETO	R\$ 2,50	R\$ 2,50
1	PHUSBOTOM NA AZUL OU PT	R\$ 2,50	R\$ 2,50
1	CRISTAL QUARTZ 16 MHz HC18	R\$ 1,80	R\$ 1,80
2	SUPORTE DE CI 40 PINOS	R\$ 2,90	R\$ 5,80
2	SUPORTE DE CI 6 PINOS	R\$ 0,65	R\$ 1,30
4	CONECTOR DB9 FÊMEA	R\$ 1,20	R\$ 4,80
8	TIRA DE 2M DE CABO MANGA 6 VIAS	R\$ 3,90	R\$ 31,20
4	BORNE DE USO GERAL COM 2 VIAS CBM002 PASSO DE 5.08mm	R\$ 0,70	R\$ 2,80
8	BORNE DE USO GERAL COM 3 VIAS CBM003 PASSO DE 5.08mm	R\$ 1,20	R\$ 9,60
3	FONTES DE PC ATX USADA 5 e 12VCC 6A	R\$ 20,00	R\$ 60,00
1	INTERRUPTOR DE TECLA PLÁSTICA BIPOLAR KCD4-201N 15A 110V	R\$ 3,50	R\$ 3,50
TOTAL ELETRÔNICA:			R\$ 220,45
TOTAL CUSTO DO PROJETO:		R\$ 697,85	

OBS: Valor variável até + ou - R\$ 800,00.

4.2 Peças Produzidas



Referência da imagem: Foto das peças cortadas pela CNC Makitron.



Referência da imagem: Foto de letras cortadas pela CNC Makitron.



Referência da imagem: Foto de peças cônicas cortadas pela CNC Makitron (Peças 3D).



Referência da imagem: Foto do Logo da Máquina cortada pela CNC Makitron.

4.3 Relação de Preços

RELAÇÃO DE PREÇOS		
ITENS	PROJETO	MERCADO
CNC DE CORTAR ISOPOR	+ ou - R\$ 697,85	+ ou - R\$ 2.899 á R\$ 14.980,00 (De acordo com a área de corte)
PLACAS DE ISOPOR EPS 100x50x10 Cm		+ ou - R\$ 3,00 á R\$ 10,00 (De acordo com a qualidade do material)
PLACAS DE ISOPOR DEPRON 100x50x10 Cm		+ ou - R\$ 13,00 á R\$ 20,00 (De acordo com a qualidade do material)
MOLDURAS DE ISOPOR P/M		+ ou - R\$ 2,80 á R\$ 7,00 (De acordo com a qualidade do material ou forma)
MOLDURAS DE GESSO+APLICAÇÃO P/M²		+ ou - R\$ 10,00 á R\$ 23,00 (De acordo com a qualidade do material ou forma)
KIT'S DE AEROMODELOS EM ISOPOR		+ ou - R\$ 20,00 á R\$ 150,00 (De acordo com o modelo)
SUCATAS DE IMPRESSORAS MATRICIAIS		+ ou - R\$ 40 á R\$ 150,00 (De acordo com o estado do material)

Referência de valores: Médias de cotações e valores em lojas físicas.

4.4 Isopor e Sustentabilidade

O isopor de material EPS não é biodegradável, mas é reciclável. Podem ser reciclados, por exemplo, por processadores de sobras de produção e corte de blocos, para serem usadas com grandes vantagens em outros produtos. Por exemplo retalhos dos cortes podem ser vendidos para reciclagem ou remanejados na própria CNC para cortes de peças menores, além de cortar projetos com o máximo de aproveitamento da placa de isopor, cortando simultaneamente várias peças, o mais próximas possível, ou usar da simetria onde um corte gera duas peças que se encaixem.

A reciclagem do EPS pode ser realizada de três formas:

- Mecânica: Transforma o isopor e matéria-prima para a fabricação de novos produtos.

A reciclagem mecânica é a forma mais comum de reaproveitar o material. O processo acontece em três etapas:

1º - O Isopor é recolhido, separado pela coleta seletiva e encaminhado para as cooperativas de reciclagem.

2º - Já limpo e separado, o isopor passa por uma máquina que retira o gás presente em seu interior, formando o material em fardos compactos ou tarugos, que seguirão para a recicladora.

3º - Quando chega ao local da reciclagem, o isopor é triturado, derretido e granulado, voltando a ser uma matéria-prima que poderá ser utilizada na fabricação de diversos produtos, como molduras para quadros, objetos decorativos, rodapés, brinquedos, só não podendo ser utilizado para embalar alimentos.

- Energética: Usa o poliestireno para a recuperação de energia, devido ao seu alto poder calorífico.

Ao ser queimado em usinas térmicas para a geração de energia, o poliestireno se transforma em gás carbônico e vapor d'água, o que representa pouco risco à saúde humana e ao meio ambiente.

- Química: Reutiliza o plástico para a fabricação de óleos e gases.

4.5 Conclusão

Do início ao fim o objetivo foi construir uma máquina CNC didática utilizando peças recicladas.

Com custo inferior às presentes no mercado, ela foi capaz de desempenhar as mesmas funções e com qualidade semelhante a industrial, possibilitando a execução de diversos tipos de cortes e projetos. Sua criação trouxe grandes experiências e conhecimentos para que se aplique uma ideia em um meio empreendedor.

Data: 22/01/2017-22/05/2017

Local de Pesquisa:

Residência do autor/IFSP Campus Guarulhos/Serviço (Horário de almoço).

5. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.teaser.fr/~abrea/cncnet/elec/mm2001/mmx.phtml>
- <http://www.abcm.org.br/anais/cobef/2009/busca/artigos/132005427.pdf>
- <https://www.embarcados.com.br/configuration-bits-do-pic16f877a/>
- <http://www.8linx.com/cnc/cnc.htm>
- <http://www.microgenios.com.br/>
- <http://gm.cnc.free.fr/en/index.html>
- <http://www.tec-ci.com.br>
- http://www.kalupel.com.br/index.php?route=product/category&path=99_102
- <http://www.soisopor.com.br/mobile/index.asp>
- <http://www.spumapaper.com.br/depron-xps-isopor-pluma/placas-xps-depron-2mm/depron-2mm-branca-crua-atacado.htm>
- https://lista.mercadolivre.com.br/cnc-de-cortar-isopor_OrderId_PRICE
- <https://lista.mercadolivre.com.br/aeromodelismo/avioes/kit-aeromodelo-isopor>
- <https://lista.mercadolivre.com.br/moveis-decoracao/moldura-isopor>
- <https://informatica.mercadolivre.com.br/sucatas-de-impressoras-para-retirada-de-pe%C3%A7as>
- <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-isopor/isopor-e-possivel-reciclar/>
- <http://gm.cnc.free.fr/en/download.php>

