

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

LINDOMAR ANDRADES DA SILVA

MAICON JAIR ZANIN

MONTAGEM DE FRESA CNC

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2011

LINDOMAR ANDRADES DA SILVA
MAICONJAIR ZANIN

MONTAGEM DE FRESA CNC

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação do Curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de tecnólogo em manutenção industrial.

Orientador: Prof. Yuri Ferruzzi

MEDIANEIRA
2011



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gerência de Ensino

Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Manutenção Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO
MONTAGEM DE FRESA CNC

Por:

LINDOMAR ANDRADES DA SILVA

MAICON JAIR ZANIN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:30 h do dia 08 de Dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. Os acadêmicos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado com louvor e mérito.

Prof. Msc. Yuri Ferruzzi

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Orientador)

Prof. Msc. Adriano de Andrade Bresolin

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Convidado)

Prof. Msc. Alberto Noboru Miyaidaira

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Convidado)

Prof. Giovano Mayer

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Responsável pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não iram atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de nossas vidas. Portanto, desde já peço desculpa àquelas que não estão presente entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte dos nossos pensamentos e de nossa gratidão.

Reverencio o Professor Paulo Job Brenneisen pela sua orientação e pela dedicação deste trabalho e, por meio dele, nos reportamos a toda a comunidade da Universidade Federal do Paraná (UTFPR) pelo apoio incondicional.

Agradecemos ao Tecnólogo em Manutenção Eletromecânica Lucas do Prado Carnielli, pelo apoio, e auxílio em duvidas de configuração.

Agradecemos aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este projeto.

Gostaríamos de deixar registrado também, o nosso reconhecimento as nossas famílias, pôs acreditamos que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio. E por ultimo, e nem por isso menos importante, agradecemos a nossas esposas pelo carinho, amor e compreensão.

"Não conheço ninguém que conseguiu realizar seu sonho, sem sacrificar feriados e domingos pelo menos uma centena de vezes.

Da mesma forma, se você quiser construir uma relação amiga com seus filhos, terá que se dedicar a isso, superar o cansaço, arrumar tempo para ficar com eles, deixar de lado o orgulho e o comodismo.

Se quiser um casamento gratificante, terá que investir tempo, energia e sentimentos nesse objetivo.

O sucesso é construído à noite!

Durante o dia você faz o que todos fazem.

Mas, para obter um resultado diferente da maioria, você tem que ser especial.

Se fizer igual a todo mundo, obterá os mesmos resultados. Não se compare à maioria, pois, infelizmente ela não é modelo de sucesso.

Se você quiser atingir uma meta especial, terá que estudar no horário em que os outros estão tomando chope com batatas fritas. Terá de planejar, enquanto os outros permanecem à frente da televisão. Terá de trabalhar enquanto os outros tomam sol à beira da piscina. A realização de um sonho depende de dedicação, há muita gente que espera que o sonho se realize por mágica, mas toda mágica é ilusão, e a ilusão não tira ninguém de onde está, em verdade a ilusão é combustível dos perdedores pois...

Quem quer fazer alguma coisa, encontra um MEIO.

Quem não quer fazer nada, encontra uma DESCULPA.

“(SHINYASHIKI, Roberto, 1989)

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto piloto de uma Fresadora controlada por comando numérico computadorizado, será utilizada para fins acadêmicos. São discutidas possíveis aplicações deste equipamento no processo de confecção e trabalho em porta e molduras de madeira, e do processo em circuitos eletrônicos. É abordado também o funcionamento o motor de passo com algumas análises experimentais de sua capacidade e funcionamento. São abordados detalhes de sua construção e operação.

Através de experimentos realizamos análise sobre um aperfeiçoamento na montagem e experimentos de um melhor aproveitamento do motor de passo.

ABSTRACT

This paper presents the pilot of a milling machine controlled by computer numerical control, will be used for academic purposes. It discusses possible applications of this equipment in the process of preparation and work the door and wooden frames, and the process in electronic circuits. It also addressed the functioning of the stepper motor with some experimental analysis of its capacity and functioning. Are discussed details of its construction and operation.

Through experiments conducted analysis on an improvement in assembly and experiments of a better use of the stepper motor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rotor Motor de Passo	22
Figura 2 - Estator do Motor de Passo	23
Figura 3 - Estrutura do Motor de Passo de Relutância Variável	26
Figura 4 - Estrutura do Motor de Passo de Imã Permanente	27
Figura 5 - Estrutura do Motor de Passo Híbrido	27
Figura 6 - Sistema Motor de Passo Unipolar	28
Figura 7 - Sistema Motor de Passo Bipolar	29
Figura 9 - Interface BPC - STD	33
Figura 10 - Conexões da Interface BPC - STD	34
Figura 11 - Diagrama de Blocos da Interface BPC – STD	34
Figura 12 - Configuração da BIOS	36
Figura 13 – Driver para Motor de Passo Unipolar SMC-U-ADV VER 2.10.....	36
Figura 14 – Conexões do Driver para Motor de Passo Unipolar SMC-U-ADV VER 2.10 Fonte: Manual Hobby CNC	38
Figura 15 - Sistema de Jumper para Regular a Corrente.....	38
Figura 16 - Sistema de Jumper para Regular o Passo	39
Figura 17 - Sistema de Gaveta para Movimentação eixo X.....	41
Figura 18 - Sistema de Gaveta para Movimentação eixo Z	42
Figura 19 - Motor de Passo sem Acoplamento	42
Figura 20 - Motor de Passo com Acoplamento.....	43
Figura 21 - Estrutura com os Motores Fixados	43
Figura 22 - Estrutura com a Mesa de MDF Fixada.....	44
Figura 23 – Tacômetro	45
Figura 24 - Medindo a Velocidade com o Tacômetro.....	46
Figura 25 - Execução 1.....	49
Figura 26 - Execução 2.....	49
Figura 27 - Execução 3.....	49
Figura 28 - Execução 5.....	50
Figura 29 - Execução 6.....	50
Figura 30 - Aspirador de pó durante a Execução	50
Figura 31 - Execução 7.....	51
Figura 32 - Trabalho Pronto	51
Figura 33 - Diodo Queimado	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Configuração dos Pinos Porta Paralela	35
Tabela 2 - Numero de Passos por Milímetro.....	39
Tabela 3 - Dados da variação de Tensão X Velocidade.....	47
Tabela 4 - Custo do Projeto.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados do Fabricante sobre o Motor de Passo	45
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tensão X Velocidade.....	47
--------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

CNC	Controle Numérico Computadorizado
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
APT	Automatic Programmed Tool
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAD	Computer Aided Designe
DC	Regime de Alimentação das Cargas de Corrente Continua
AC	Regime de Alimentação das Cargas de Corrente Alternada
GAP	Distancia entre Rotor e Estator
PWM	Modulação por Largura de Pulsos
CLP	Controle Lógico Programável
W	Wat (unidade de medida de potência)
PSI	Libras por Polegada ao Quadrado
RPM	Revoluções por Minuto
mm	Unidade de medida Milímetros
PC	Peça
MT	Metros

LISTA DE SÍMBOLOS

``	Polegada, Unidade de Medida Americana
%	Porcentagem
°	Grau

Sumário

Sumário	14
1. INTRODUÇÃO	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. CONTROLE NUMERICO COMPUTADORIZADO	18
2.2. ELABORAÇÃO DE PROGRAMA PARA CNC	19
2.2.1. Dados geométricos	19
2.2.2. Dados tecnológicos	19
2.2.3. Linguagem de programação automática APT	19
2.2.4. Linguagem EIA/ISO	19
2.2.5. Linguagem interativa.....	20
2.2.6. Produção gráfica via “CAM”	20
2.3. SOFTWARES DE CONTROLE CNC	20
2.4. MOTOR DC.....	21
3. MOTOR DE PASSO	21
3.1. DEFINIÇÕES PARA MOTORES DE PASSO	22
3.1.2. Rotor.....	22
3.1.3. Estator	23
3.2. PARAMETROS IMPORTANTES	23
a. Grau por Passo	23
b. Momento de Frenagem.....	23
c. Momento Torque.....	23
d. Taxa de Andamento	23
e. Momento de Inércia	24
f. Auto-Indutância.....	24
g. Resistências Ôhmicas.....	24
h. Corrente máxima do Estator.....	24
i. "Holding Torque"	24
j. Torque Residual	24
k. Resposta de Passo.....	24
É tempo que o motor gasta para executar o comando.	24
l. Ressonância.....	24
m. Tensão de trabalho	25

3.3.	TIPOS DE MOTORES DE PASSO QUANTO A SUA ESTRUTURA	26
3.3.1.	Relutância Variável	26
3.3.2.	Imã Permanente.....	26
3.3.3.	Híbrido	27
3.4.1.	Motores de Passo Unipolares	28
3.4.2.	Motor de Passo Bipolar	29
3.5.	PONTOS FORTES DOS MOTORES DE PASSO.....	29
3.5.1.	Seguem uma lógica digital	29
3.5.2.	Alta precisão em seu posicionamento:	30
3.5.3.	Precisão no torque aplicado:.....	30
3.5.4.	Excelente resposta a aceleração e desaceleração:	30
3.6.	PONTOS FRACOS DOS MOTORES DE PASSO	30
3.6.1.	Baixo desempenho em altas velocidades:	30
3.6.2.	Requer certo grau de complexidade para ser operado:.....	30
3.6.3.	Ocorrência de ressonância por controle inadequado:.....	31
3.7.	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	31
3.7.1.	Aplicação Recomendada	31
3.7.2.	Aplicação Não - Recomendada	32
4.	SISTEMA ELETRÔNICO.....	33
4.1.	CIRCUITO ELETRÔNICO	33
4.1.1.	Interface BPC – STD.....	33
4.1.1.1.	Características Operacionais	34
4.1.2.	Porta Paralela.....	35
4.1.2.	DRIVER PARA MOTOR DE PASSO UNIPOLAR SMC-U-ADV VER 2.10.....	36
4.1.2.1.	Características Operacionais	37
5.	SOFTWARE TURBOCNC	40
5.1.	CONFIGURAÇÕES	40
5.2.	JOG DA MÁQUINA	40
6.	EXTRUTURA FÍSICA	41
6.1.	TUPIA UTILIZADA PARA USINAGEM.....	44
6.2.	TESTE MOTOR DE PASSO	44
6.2.1.	Variação da Velocidade x Tensão aplicada no Motor de Passo	45
6.3.	TESTE FRESA.....	48
6.4.	RESULTADOS OBTIDOS.....	48

6.5. RESTRIÇÕES E CUIDADOS	51
7. CUSTOS.....	52
8. PROBLEMAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	53
8.1. QUEIMA DAS PLACAS DE COMANDO DOS MOTORES.....	53
9. CONCLUSÃO	55
10. REFERENCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho é parte do desenvolvimento de máquina CNC didática e de pequenos trabalhos de acabamentos em madeira e circuitos eletrônicos. Neste trabalho de TCC propõe-se a construção de uma máquina Fresadora CNC didática. A concepção é baseada nas Fresadoras CNC oferecidas pelo mercado brasileiro. O projeto da Fresadora está dividido em três etapas: projeto mecânico, controle por software e a parte de registro de todos os dados em forma de trabalho de diplomação.

A primeira etapa visa à escolha do material da estrutura e fixação, e escolha dos motores de passo. A segunda etapa a operação com o software visa o controle de velocidade e direção dos motores de passo, além de uma interface gráfica para interação com o usuário e computador. A terceira etapa é o registro de todos os dados em forma de TCC. Toda a construção da máquina foi realizada no Laboratório de Usinagem na UTFPR. O trabalho tem um foco de explicação do comportamento do motor de passo, principais características, tensão e velocidade de trabalho. Para validação, os alunos da disciplina de Tecnologia em Manutenção Industrial utilizando esse trabalho como diplomação do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONTROLE NUMÉRICO COMPUTADORIZADO

CNC são as iniciais de *Computer Numeric Control*, ou em português Controle Numérico Computadorizado. Nos primórdios de 1900 Herman Hollerith desenvolveu um sistema de armazenamento de dados para cartões perfurados para o departamento de recenseamento dos EUA. Em 1912, Scheyer solicitou a patente da máquina de cortar algodão aos EUA o qual tinha como objetivo "prover os meios para ou controlar movimento em qualquer direção ou espaço em um ou vários planos para movimentos angulares por meio de uma gravação preparada previamente em uma folha perfurada de papel ou outro material". A tecnologia CNC teve seu surgimento na experiência de uma pequena empresa fabricante de hélices e rotores de helicópteros, "*Parsons Corporation*" que em 1946 havia experimentado colocar uma forma rudimentar de controle por números em uma máquina de usinagem convencional, ligando esta máquina a um computador que era alimentado por informações via cartões perfurados. A Força Aérea Americana ao reconhecer um possível grande avanço na fabricação de aviões e material bélico contratou a Parsons e patrocinou estudos e desenvolvimento do controle numérico, e assim planejaram e executaram as adaptações de controle numérico para uma máquina ferramenta convencional da Cincinnati (fabricante na época de máquinas ferramenta convencionais e atualmente um dos maiores fabricantes de Máquinas CNC), e deste modo criaram o protótipo de uma máquina CN que foi demonstrado em 1953 no 'MIT' instituto de tecnologia de Massachusetts.

Em 1957 nos Estados Unidos, inicia-se a construção de 100 fresadoras, controladas numericamente para fabricar peças para empresas ligadas à construção de aeronaves voltadas a Força Aérea Americana. Na década de 60 e 70, os programas eram pesados a máquina através de cartões perfurados. Na década de 80 começa a utilização da fita magnética gravadas eletronicamente, e hoje se utiliza disquetes pen-drive, cartões de memória flash ou até mesmo rede local. Todos os dias vêm novas possibilidades de utilizar o sistema CNC para controlar os equipamentos, onde tem a necessidade de precisão a agilidade no trabalho.

2.2. ELABORAÇÃO DE PROGRAMA PARA CNC

No sistema CNC pode-se introduzir o programa, executar e alterar na própria forma de executar seus dados. O programa CNC é composto por dois tipos de dados: geométrico e tecnológico.

2.2.1. Dados geométricos

Os dados geométricos são responsáveis pelo movimento geométrico da ferramenta, determinando: posições a serem alcançadas; direção e sentido do movimento; seqüência de movimentos (na seqüência que são apresentados os dados); os endereços normalmente utilizados são: X, Y, Z.

2.2.2. Dados tecnológicos

Os dados tecnológicos são responsáveis pelas condições de usinagem envolvidas no processo, tais como: a ferramenta desejada com rotação e sentido de rotação corretos; avanços e rotações compatíveis com o material usinado.

2.2.3. Linguagem de programação automática APT

Com o surgimento do CNC, no início dos anos 50, a primeira linguagem de programação utilizada foi a APT (*Automatic Programmed Tool*). Atualmente só é utilizado como ferramenta auxiliar na programação de peças com geometrias muito complexas, principalmente para máquinas de quatro e cinco eixos. A linguagem APT é uma linguagem de fácil interpretar.

2.2.4. Linguagem EIA/ISO

Padronização de códigos, também conhecida como códigos G. É na atualidade a mais utilizada universalmente, tanto na programação manual, como na programação gráfica, onde é utilizado o CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Os códigos EIA/ISO foram criados antes mesmo do aparecimento das máquinas CNC, eles eram usados nos escritórios em máquinas de escrever automáticas que utilizavam cartões perfurados.

2.2.5. Linguagem interativa

Programação por blocos parametrizados possui blocos prontos e não usa códigos. Ex. linguagem MAZATROL aplicando às máquinas MAZAK.

2.2.6. Produção gráfica via “CAM”

Não é mais uma linguagem de programação e sim uma forma de programar em que o programador deverá possuir os conhecimentos de: processos de usinagem; materiais; ferramentas e dispositivos para usinagem; informática para manipulação de arquivos; máquinas (avanços, rotações e parâmetros); domínio de um software de CAD (*Computer Aided Designe*), e um de CAM. Descrevendo de uma maneira simplificada, apenas para fácil entendimento, o programador entra com o desenho da peça, que pode ser feito no próprio CAM ou em desenhos recebidos do CAD, define matéria - prima (tipo e dimensões), ferramentas e demais parâmetros de corte, escolhe o pós-processador de acordo com a máquina que fará a usinagem e o software de CAM se encarregará de gerar o programa, utilizando os códigos da padronização EIA/ISO.

2.3. SOFTWARES DE CONTROLE CNC

Existem diversos softwares de controle CNC, seus controles são de dois a nove eixos, acionam serviços auxiliares tais como: retificas controle de velocidade, entre outros. Os softwares mais comuns na plataforma Windows são: MACH2, MACH3, KCAM, todos estes softwares são pagos, e o TurboCNC que roda em DOS que é de licença freeware. A maioria dos softwares tem comunicação por porta paralela DB25.

2.4. MOTOR DC

O funcionamento básico do motor DC está fundamentado na Força de Lenz aplicada em uma carga em movimento dentro de um campo magnético ($F = qvB$). Consideremos uma espira de corrente inserida num campo magnético criado por um ímã permanente, em que há uma corrente criada por uma bateria (fonte DC). De uma forma simplificada, a simples passagem desta corrente faz com que apareçam duas forças de sentidos contrários, aplicadas uma em cada lado da espira. Estas forças criam um torque que, obviamente, faz a espira girar, transformando a energia elétrica da corrente em energia cinética num eixo acoplado às espiras. A direção da rotação depende da polaridade da bateria e da direção das linhas decampo magnético criadas pelo ímã.

Um motor real é composto de conjuntos múltiplos de espiras, dispostas de tal forma que as forças que agem em cada espira sejam somadas e produzam um torque significativo para uma possível aplicação.

Os motores DC são utilizados, por exemplo, em aplicações como o posicionamento de um braço de robô. Mas eles apresentam uma grande desvantagem. Para que um computador dê um comando para que o braço se mova para uma determinada posição com precisão, é necessário um complicado circuito externo provido de sensores de posição, que informe ao computador que o braço já está na posição determinada (*feedback*).

É justamente para que se resolva este problema que foi desenvolvido o chamado MOTOR DE PASSO.

3. MOTOR DE PASSO

O motor de passo é um transdutor que converte energia elétrica em movimento controlado através de pulsos, o que possibilita o controle por passo, onde passo é o menor deslocamento angular.

Com o passar dos anos houve um aumento na popularidade deste motor, principalmente pelo seu tamanho e custo reduzidos e também a total adaptação por controle digitais.

Outra vantagem do motor de passos em relação aos outros motores é a estabilidade.

Quando precisa-se obter uma rotação específica de um certo grau, calcularemos o número de rotação por pulsos o que nos possibilita uma boa precisão no movimento.

Os antigos motores passavam do ponto e, para voltar, precisavam da realimentação negativa. Por não girar por passos a inércia destes é maior e assim são mais instáveis.

3.1. DEFINIÇÕES PARA MOTORES DE PASSO

Antes de explicar os tipos de motores e o funcionamento em si, definiremos algumas outras expressões a fim de tornar o texto mais claro.

3.1.2. Rotor

É denominado rotor o conjunto eixo-imã que rodam solidariamente na parte móvel do motor conforme figura 1.



Figura 1 - Rotor Motor de Passo

Fonte: Ricardo de Alexandro de Andrade Queiroz

3.1.3. Estator

Define-se como estator a trave fixa onde as bobinas são enroladas conforme figura 2.



Figura 2 - Estator do Motor de Passo
Fonte: Ricardo de Alexandro de Andrade Queiroz

3.2. PARAMETROS IMPORTANTES

a. Grau por Passo

O grau por passo é o movimento que ele fará recebendo um pulso, é a característica mais importante ao se escolher o motor, o número de graus por passo está intimamente vinculado com o número de passos por volta. Os valores mais comuns para esta característica, também referida como resolution, são 0.72, 1.8, 3.6, 7.5, 15 e até 90 graus.

b. Momento de Frenagem

Momento máximo com o rotor bloqueado, sem perda de passos.

c. Momento Torque

Efeito rotativo de uma força, medindo a partir do produto da mesma pela distância perpendicular até o ponto que ela atua partindo de sua linha de ação.

d. Taxa de Andamento

Regime de operação atingido após uma aceleração suave.

e. Momento de Inércia

Medida da resistência mecânica oferecida por um corpo à aceleração angular.

f. Auto-Indutância

Determina a magnitude da corrente média em regimes pesados de operação, de acordo com o tipo de enrolamento do estator: relaciona o fluxo magnético com as correntes que o produzem.

g. Resistências Ôhmicas

Determina a magnitude da corrente do estator com o rotor parado.

h. Corrente máxima do Estator

Determinada pela bitola do fio empregado nos enrolamentos.

i. "Holding Torque"

É a mínima potência para fazer o motor ser acionado .

j. Torque Residual

É a resultante de todos os fluxos magnético presente nos pólos do estator.

k. Resposta de Passo

É tempo que o motor gasta para executar o comando.

l. Ressonância

Como todo material, o motor de passos tem sua frequência natural. Quando o motor gira com uma frequência igual a sua, ele começa a oscilar e a perder passos.

m. Tensão de trabalho

Normalmente impresso na própria chassi do motor, a tensão em que trabalha o motor é fundamental na obtenção do torque do componente. Tensões acima do estipulado pelo fabricante em seu datasheet costumam aumentar a velocidade e torque do motor pois, podera trabalhar com frequência mais elevada sem perder referencia (perda de passo), que a tensão elevada compensa. Ocorre o mesmo principio de um motor de tensão alternada ligado ao inversor de frequência quando se aumenta a frequência para aumentar a velocidade abaixa seu torque, seria a mesma coisa com o motor de passo, mas para compensar esta perda aumenta-se a velocidade que a nominal indicado pelo fabricante no motor utilizado no experimento é de 3,6VCC e 3,5A por fase.

Para não haver a queima do motor é necessario utilização de um sistema que controle a corrente para não passar da corrente nominal do motor. No caso pode-se utilizar resistores dimensionados para fazer a regulagem da corrente.

3.3. TIPOS DE MOTORES DE PASSO QUANTO A SUA ESTRUTURA

3.3.1. Relutância Variável

Este tipo de motor conforme figura 3 consiste de um rotor de ferro doce, com múltiplos dentes e um estator laminado com enrolamentos. Por não possuir ímã, quando energizado apresenta torque estático nulo. Quando os enrolamentos do estator são energizados com corrente DC os pólos ficam magnetizados. A rotação ocorre quando os dentes do estator são atraídos para os pólos do estator energizado, devido à força que aparece, para que o sistema tenha o circuito com menor relutância. Tendo assim baixa inércia de rotor não pode ser utilizado como carga inercial grande.

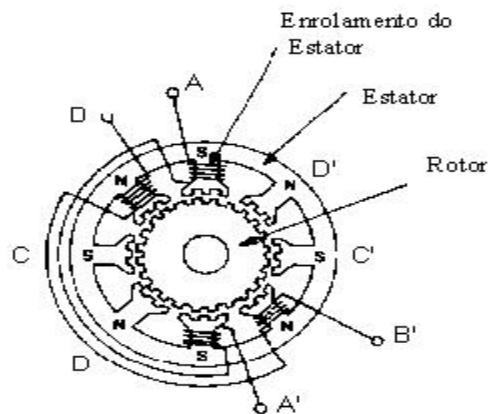


Figura 8

Figura 3 - Estrutura do Motor de Passo de Relutância Variável
Fonte: Ricardo de Alexandro de Andrade Queiroz

3.3.2. Ímã Permanente

Motores de ímã permanente conforme figura 4 têm baixo custo e baixa resolução, com passos típicos de 7, 5o a 15o (48 - 24 passos/revolução). O rotor é construído com ímãs permanentes (material alnico ou ferrite e é magnetizado radialmente), e não possuem dentes devido a isto o torque estático não é nulo. Os pólos magnetizados do rotor provêm uma maior Intensidade de fluxo magnético e por isto o motor de ímã permanente exibe uma melhor característica de torque, quando comparado ao de relutância variável.

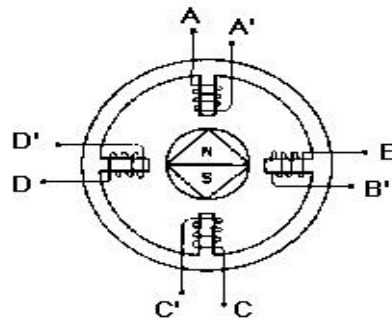


Figura 7

Figura 4 - Estrutura do Motor de Passo de Ímã Permanente
 Fonte: Ricardo de Alexandre de Andrade Queiroz

3.3.3. Híbrido

O motor de passo híbrido conforme figura 5 provém melhor desempenho com respeito à resolução de passo, torque e velocidade. Apresenta grande precisão (3%), boa relação torque/tamanho e ângulos pequenos (0,9 e 1,8 graus). O motor híbrido combina as melhores características dos motores de ímã permanente e motor de relutância variável. O rotor é de ímã permanente ao redor do seu eixo e magnetizado axialmente, é multi-dentado como no motor de relutância variável. O dente do rotor provém um melhor caminho que ajuda a guiar o fluxo magnético para locais preferidos no GAP de ar (espaço que existe entre o rotor e estator). Para que o rotor avance um passo é necessário que a polaridade magnética de um dente do estator se alinha com a polaridade magnética oposta de um dente do rotor.

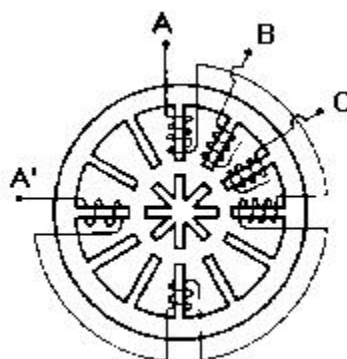


Figura 6

Figura 5 - Estrutura do Motor de Passo Híbrido
 Fonte: Ricardo de Alexandre de Andrade Queiroz

3.4. FORMA DE OPERAÇÃO DO MOTOR DE PASSO

Normalmente os motores de passo são projetados com enrolamento de estator polifásico o que não foge muito dos demais motores. O número de pólos é determinado pelo passo angular (rotação do eixo durante um passo, isto é, $360^\circ / \text{número de passos por rotação}$) desejado por pulsos de entrada (pulso que recebe para se movimentar, a cada pulso de entrada recebido se avança um passo). Os motores de passo têm alimentação externa.

Conforme os pulsos na entrada do circuito de alimentação, este oferece correntes aos enrolamentos certos para fornecer o deslocamento desejado.

3.4.1. Motores de Passo Unipolares

Um motor de passo unipolar conforme figura 6 tem dois enrolamentos por fase, um para cada sentido da corrente. são caracterizados por possuírem um center-tape entre o enrolamento de suas bobinas. Desde que neste arranjo um pólo magnético possa ser invertido sem comutar o sentido da corrente, o circuito da comutação pode ser feito de forma muito simples (por exemplo, um único transistor) para cada enrolamento.

A resistência entre o fio comum e o fio de excitação da bobina é sempre metade do que entre os fios de excitação da bobina. Isto é, devido ao fato de que há realmente duas vezes o comprimento da bobina entre as extremidades e somente meio comprimento do centro (o fio comum) à extremidade. Os motores de passo unipolares com seis ou oito fios podem ser conduzidos usando excitadores bipolares deixando os comuns de fase desconectadas, e conduzindo os dois enrolamentos de cada fase junto.

É igualmente possível usar um excitador bipolar para conduzir somente um enrolamento de cada fase, deixando a metade dos enrolamentos não utilizada.

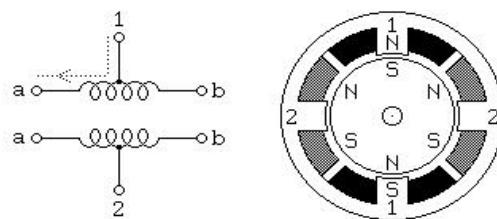


Figura 6 - Sistema Motor de Passo Unipolar
Fonte: Ricardo de Alexandro de Andrade Queiroz

3.4.2. Motor de Passo Bipolar

Os motores bipolares conforme figura 7 têm um único enrolamento por fase. A corrente em um enrolamento precisa ser invertida a fim de inverter um pólo magnético, assim o circuito de condução é um pouco mais complicado, usando um arranjo de ponte H. Há duas ligações por fase, nenhuma está em comum. Os efeitos de estática da fricção que usam uma ponte são observados em determinadas topologias de movimentação. Como os enrolamentos são mais bem utilizados, são mais poderosos do que um motor unipolar do mesmo peso.

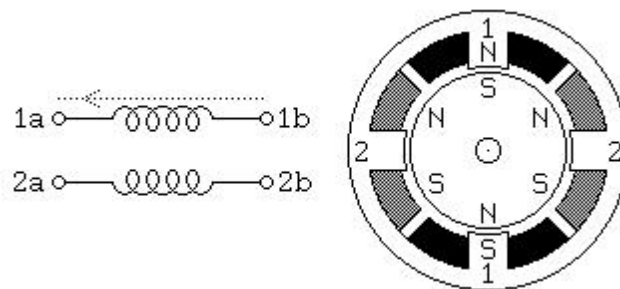


Figura 7 - Sistema Motor de Passo Bipolar
Fonte: Ricardo de Alexandro de Andrade Queiroz

3.5. PONTOS FORTES DOS MOTORES DE PASSO

Os motores de passo possuem como vantagem em relação aos outros tipos de motores disponíveis os seguintes pontos.

3.5.1. Seguem uma lógica digital

Diz-se que o motor de passo segue uma lógica digital, pois seu acionamento é feito através de pulsos elétricos que ativam sequencialmente suas bobinas, fazendo o rotor se alinharem com as mesmas e assim provocando um deslocamento do mesmo.

3.5.2. Alta precisão em seu posicionamento:

O posicionamento do motor de passo é preciso uma vez que o rotor sempre se movimentará em ângulos bem determinados, chamados “passos” cujo erro de posicionamento é pequeno (em geral 5%).

3.5.3. Precisão no torque aplicado:

As variações no torque aplicado por um motor de passo são pequenas, tendo em vista seu funcionamento.

3.5.4. Excelente resposta a aceleração e desaceleração:

O movimento que um motor de passo produz é resultado das ativações em seqüência de suas bobinas. A resposta para tais solicitações de aceleração e desaceleração é rápida, pois o rotor se alinha rapidamente com a(s) bobina(s) que se encontra(m) energizada(s).

3.6. PONTOS FRACOS DOS MOTORES DE PASSO

Em relação com outros tipos de motores pode-se destacar os seguintes fatos como desvantagens no uso de motores de passo:

3.6.1. Baixo desempenho em altas velocidades:

O aumento de rotações no motor de passo (sua aceleração) é gerado pela variação no tempo entre o acionamento de uma bobina e a seguinte. Entretanto é necessário um rápido chaveamento do estator para outra de tal forma que se forma um ciclo para movimentação do eixo a velocidade seja mantida, o que muitas vezes é complexo e pouco eficiente quando se trabalha com frequências mais elevadas.

3.6.2. Requer certo grau de complexidade para ser operado:

Pelo fato de usar uma lógica digital não basta apenas ligar o motor de passo a uma fonte de energia que o mesmo começara a girar sem parar. Sua complexidade reside no fato

de ser necessário um aparato para controlá-lo ativando seqüencialmente suas bobinas. O “custo computacional” e a complexidade do dispositivo de controle crescem à medida que o número de passos aumenta, uma vez que mais passos requerem um maior o número de terminais (fios) a serem ativados e controlados.

3.6.3. Ocorrência de ressonância por controle inadequado:

Como todos os objetos que existem, o motor de passo também tem uma freqüência de ressonância. Caso as revoluções do mesmo se dêem nesta freqüência, este pode começar a oscilar, aquecer e perder passos. Este problema pode ser contornado mudando-se o modo de operação do motor: utilizando-se meio-passo ou o passo completo “full-step” com as bobinas energizadas duas a duas.

3.7. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A seguir uma breve apresentação de aplicações recomendada e não recomendada.

3.7.1. Aplicação Recomendada

O motor de passo é recomendado no uso em equipamentos que exigem um posicionamento preciso de erro pequeno e não cumulativo. Podemos citar tais exemplos como scanners, impressoras, bem como certos dispositivos robóticos que não requerem “retorno” do posicionamento. Também podemos citar exemplos que requerem rápida aceleração e desaceleração, mais uma vez inferindo aos motores de impressoras e dispositivos robóticos que efetuam movimentos rápidos e precisos, tais qual um motor de passo pode oferecer.

3.7.2. Aplicação Não - Recomendada

O motor de passo não é recomendado em casos em que o dispositivo trabalhe em altas velocidades uma vez que devido à inércia do rotor as bobinas podem não ser capazes de atrair o mesmo para uma determinada posição fazendo com o que o motor “perca passos”. Também não se recomenda o uso do motor de passo em aplicações que exigem um torque grande uma vez que o torque do motor é dado pela atração entre o rotor e a bobina energizada. Isso vai ser limitado pelo motor e sua construção física de projeto. Uma vez que a carga exceda a força desta interação entre a bobina e rotor o motor perderá passos e sairá de controle.

4. SISTEMA ELETRÔNICO

4.1. CIRCUITO ELETRÔNICO

A interface ficará responsável por receber as informações do computador, que será protegido por opto-acopladores, após serem devidamente tratadas, são amplificadas e enviadas aos drives, para o acionamento da máquina, possibilitando o controle de velocidade, direção, habilitação e o posicionamento de referencia de cada eixo.

4.1.1. Interface BPC – STD

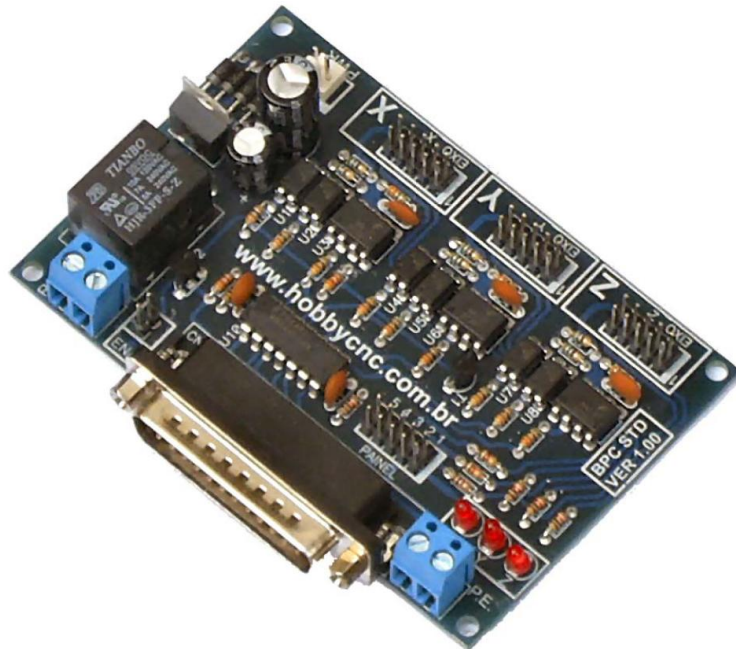


Figura 8 - Interface BPC - STD
Fonte: Manual Hobby CNC

A interface BPC tem entradas digitais opto-isoladas para controle de motores de passo com os sinais STEP/DIR/ENA uma para controle de rele e uma para parada de emergência conforme figura 9.

4.1.1.1. Características Operacionais

Tensão de alimentação 9 a 12 VAC, com isolamento óptico dos sinais PC/Drivers, pode comandar três drivers, cada motor pode receber três tipos de sinais, passo/direção/inibe (STEP/DIR/ENA), contem entrada para sistema emergência e rele para acionamento de uma carga ate 10A conforme figura 10 e 11.

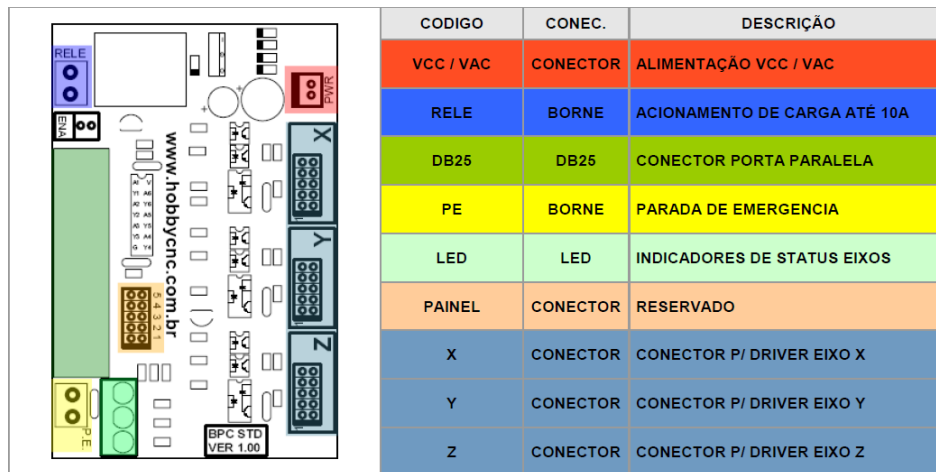


Figura 9 - Conexões da Interface BPC - STD
Fonte: Manual Hobby CNC

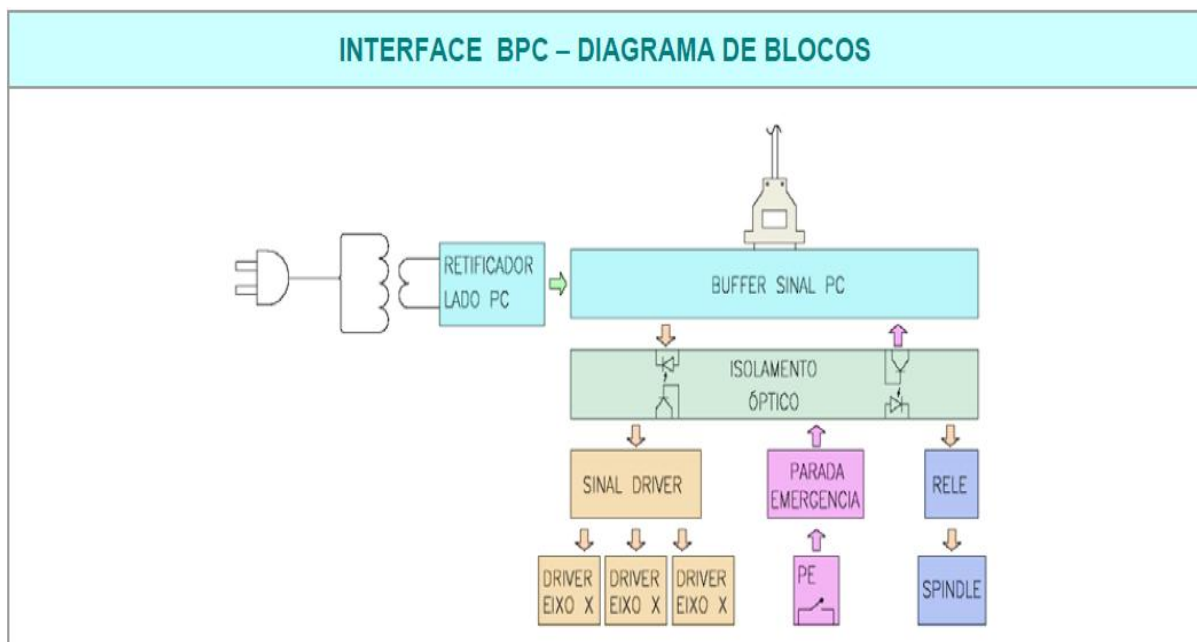


Figura 10 - Diagrama de Blocos da Interface BPC – STD
Fonte: Manual Hobby CNC

4.1.2. Porta Paralela

A configuração correta da porta paralela conforme tabela 1 e figura 12 é fundamental para utilização com programas CNC, para uso com programas CNC a porta deve estar configurada no modo UNIDIRECIONAL este modo aparece na BIOS do PC como MODE SPP ou em alguns casos MODE NORMAL. Somente nesta configuração os programas CNC poderão enviar sinais em tempo real para os drivers de motor de passo. Esta configuração é realizada na Bios do PC antes de iniciar o sistema operacional. O uso de outros modos poderá causar problemas operacionais sérios como perda de passo, movimentos erráticos e ate mesmo danificar a porta paralela do computador, pois em outro modo de operação os pinos de sinais são diferentes da tabela seguinte, a tabela abaixo é somente válida se utilizando a porta paralela no modo UNIDIRECIONAL.

TABELA DE CONFIGURAÇÃO DOS PINOS					
DIAGRAMA – MODO SPP ou NORMAL		PINO	SINAL	DADO	FUNÇÃO
	1	OUT	STROB	RELE	
	2	OUT	D0	DIR X	
	3	OUT	D1	STEP X	
	4	OUT	D2	DIR Y	
	5	OUT	D3	STEP Y	
	6	OUT	D4	DIR Z	
	7	OUT	D5	STEP Z	
	8	OUT	D6	NÃO UTILIZADO	
	9	OUT	D7	NÃO UTILIZADO	
	10	IN	ACK	NÃO UTILIZADO	
	11	IN	BUSY	NÃO UTILIZADO	
	12	IN	PAPEREND	NÃO UTILIZADO	
	13	IN	SLCT OUT	PARADA EMERGENCIA	
	14	OUT	AUTOFEED	HABILITA X,Y,Z	
	15	IN	ERROR	NÃO UTILIZADO	
	16	OUT	INIT	NÃO UTILIZADO	
	17	OUT	SLCT IN	NÃO UTILIZADO	
	18	GND	GND	GND - COMUM	
	19	GND	GND	GND - COMUM	
	20	GND	GND	GND - COMUM	
	21	GND	GND	GND - COMUM	
	22	GND	GND	GND - COMUM	
	23	GND	GND	GND - COMUM	
	24	GND	GND	GND - COMUM	
	25	GND	GND	GND - COMUM	

Tabela 1 - Configuração dos Pinos Porta Paralela
Fonte: Manual Hobby CNC



Figura 11 - Configuração da BIOS
Fonte: Manual Hobby CNC

4.1.2. DRIVER PARA MOTOR DE PASSO UNIPOLAR SMC-U-ADV VER 2.10

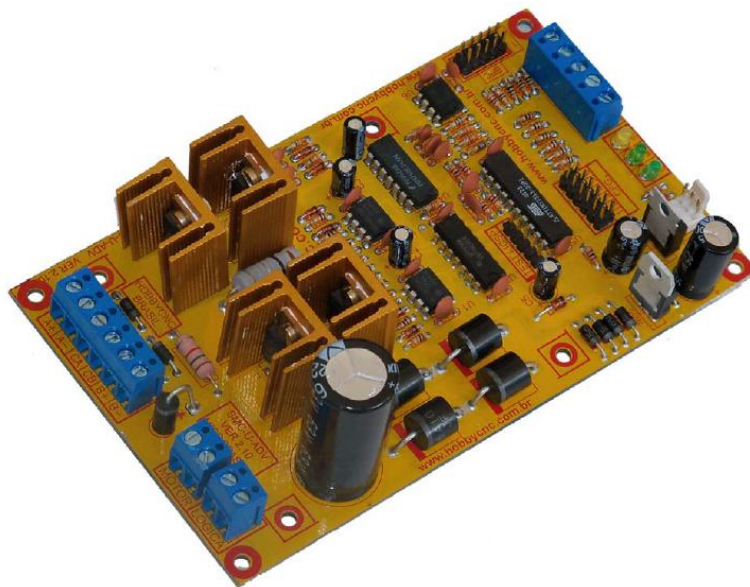


Figura 12 – Driver para Motor de Passo Unipolar SMC-U-ADV VER 2.10
Fonte: Manual Hobby CNC

A interface SMC-U-ADV conforme figura 13 é um drive micro-controlado para motores de passo, com gerenciamento de corrente via PWM (CHOPPER) que permite a alimentação do motor com tensões maiores, o que leva um alto desempenho em altas frequências, outro recurso muito importante é o sistema automático de detecção de

inatividade, quando o motor fica parado por um período de aproximadamente até 4 segundos a controladora reduz a corrente que está fluindo para o motor, assim reduz o aquecimento do motor e da etapa de potência sem nenhum comprometimento do desempenho do sistema.

A função deste drive é converter sinais elétricos de saídas rápidas de CLP's, PC's, etc. em sinais sincronizados e amplificados para motores de passo o que permite controle de velocidade, sentido de rotação do motor e parada com grande precisão, nesta opção o firmware da interface trata os sinais de passo e direção vindos da porta paralela do computador ou CLP's ou outro gerador de pulsos qualquer, em sinais de acionamento das fases para o motor.

É possível através de o computador controlar a velocidade sentido de rotação e passo com grande precisão.

Com aplicação em montagem de máquinas CNC, automação de equipamentos, robôs cartesianos, manipuladores de objetos e máquinas de qualquer tipo com motor de passo. A configuração de corrente e resolução de passo é via Jumpers, compatível com grande quantidade de programas disponíveis, tais como TurboCNC, KCAM, Mach2, Mach3, EMC2.

4.1.2.1. Características Operacionais

Topologia UNIPOLAR, conforme figura 14, 15 e 16 para motores a 6 fios, potência máxima de 20 W por fase, corrente máxima de 4A por fase indicados para motores de até 40 Kgf/cm², controle de corrente PWM (chopper baixo ruído), redução da corrente quando inativo (50% após 4 segundos), resolução 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/5, 1/10, 1/20, 1/40 micropassos, configuração por Jumpers, entrada de sinais digitais de controle passo/direção/habilita, compatível com vários programas, saída 12VCC para alimentação de cooler, furação padrão para fixação de cooler, tensão de alimentação 45VCA + 12VCA, circuito retificado por filtro integrado, dimensões L 87 mm x C 145 mm x A 40 mm.

CONEXÕES		
CODIGO	CONEC.	DESCRIÇÃO
MOTOR	BORNE	ALIMENTAÇÃO 60 VCC / 45 VAC
LOGICA	BORNE	ALIMENTAÇÃO 15 VCC / 12 VAC
A+	BORNE	FASE A DO MOTOR
A-	BORNE	FASE A' DO MOTOR
CA	BORNE	COMUM DO MOTOR FASE A
CB	BORNE	COMUM DO MOTOR FASE B
B+	BORNE	FASE B DO MOTOR
B-	BORNE	FASE B' DO MOTOR
STP	BORNE	ENTRADA SINAL STEP
DIR	BORNE	ENTRADA SINAL DIR
ENA	BORNE	ENTRADA SINAL ENA
GND	BORNE	COMUM
+5VCC	BORNE	SAIDA 5VCC REGULADO
CFG	JUMPER	CONFIGURAÇÃO
FAN	CNT	CONEXÃO DE COOLER
LGC/MTR	LED	ALIMENTAÇÃO DA LOGICA / MOTOR
STA	LED	INDICADOR DE STATUS
TEST	CONECTOR	TESTE/PROGRAMAÇÃO EM FABRICA
BCP	CONECTOR	CONEXAO COM INTERFACE BPC

Figura 13 – Conexões do Driver para Motor de Passo Unipolar SMC-U-ADV VER 2.10
 Fonte: Manual Hobby CNC

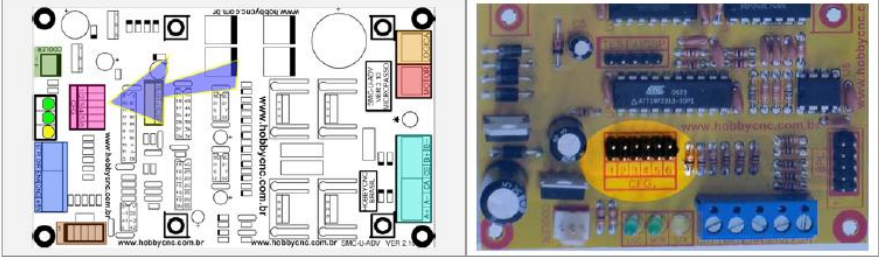
























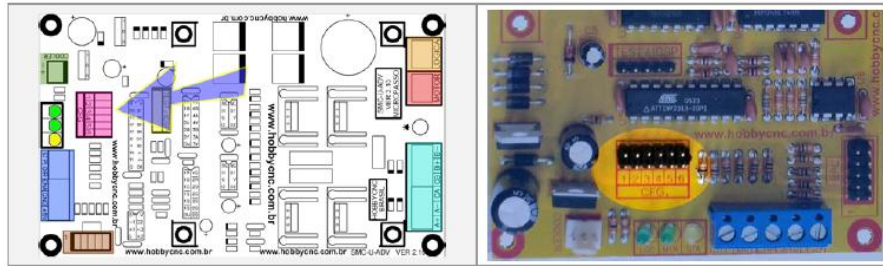
																
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>1,2 AMPER</td> <td></td> <td>2,5 AMPER</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,5 AMPER</td> <td></td> <td>3,0 AMPER</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,8 AMPER</td> <td></td> <td>3,5 AMPER</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,0 AMPER</td> <td></td> <td>4,0 AMPER</td> </tr> </table>		1,2 AMPER		2,5 AMPER		1,5 AMPER		3,0 AMPER		1,8 AMPER		3,5 AMPER		2,0 AMPER		4,0 AMPER
	1,2 AMPER		2,5 AMPER													
	1,5 AMPER		3,0 AMPER													
	1,8 AMPER		3,5 AMPER													
	2,0 AMPER		4,0 AMPER													

Figura 14 - Sistema de Jumper para Regular a Corrente
 Fonte: Manual Hobby CNC



	1/40 PASSO 8000 PASSOS GIRO		1/16 PASSO 3200 PASSOS GIRO
	1/20 PASSO 4000 PASSOS GIRO		1/8 PASSO 1600 PASSOS GIRO
	1/10 PASSO 2000 PASSOS GIRO		1/4 PASSO 800 PASSOS GIRO
	1/5 PASSO 1000 PASSOS GIRO		1/2 PASSO 400 PASSOS GIRO

Figura 15 - Sistema de Jumper para Regular o Passo
Fonte: Manual Hobby CNC

Numero de passos por volta conforme tabela 2.

PASSOS POR GIRO MOTOR DE 1,8°		PASSOS POR MILÍMETRO				
		FUSO PASSO 2 mm	FUSO PASSO 3 mm	FUSO PASSO 4 mm	FUSO PASSO 5 mm	FUSO PASSO 10 mm
1/2 PASSO	400	200,000000	133,333333	100,000000	80,000000	40,000000
1/4 PASSO	800	400,000000	266,666667	200,000000	160,000000	80,000000
1/8 PASSO	1600	800,000000	533,333333	400,000000	320,000000	160,000000
1/16 PASSO	3200	1600,000000	1066,666667	800,000000	640,000000	320,000000
1/5 PASSO	1600	800,000000	533,333333	400,000000	320,000000	160,000000
1/10 PASSO	2000	1000,000000	666,666667	500,000000	400,000000	200,000000
1/20 PASSO	4000	2000,000000	1333,333333	1000,000000	800,000000	400,000000
1/40 PASSO	8000	4000,000000	2666,666667	2000,000000	1600,000000	800,000000

Tabela 2 - Numero de Passos por Milímetro
Fonte: Manual Hobby CNC

5. SOFTWARE TURBOCNC

No desenvolvimento e testes do projeto foi utilizado o software TurboCNC versão 4.01 em português. Esse programa tem como requisito execução no ambiente DOS, que exige um computador com sistema operacional Windows 98. Apesar de rodar em DOS sua interface é entendível e amigável.

Na tela inicial todas as informações necessárias para o funcionamento e operação da máquina estão dispostas de forma simplificada, no canto direito superior, existe uma caixa de texto com as informações de posição relativa e velocidade dos eixos, na parte superior existe a barra de menus para outras configurações.

A mais importante delas é a “configurar” apresenta informações mais detalhadas sobre a configuração dos eixos, e motores. Na parte inferior existem os comandos principais, como iniciar processo de usinagem movimentação manual dos eixos entre outros.

5.1.CONFIGURAÇÕES

As configurações são feitas através do menu “configurar”, onde antes de acionar a máquina, deve-se observar atentamente todas as configurações, com atenção especial as configurações de passos por unidade que corresponde à escala de movimentos mecânicos da máquina, caso o valor esteja errado as dimensões da peça usinada não corresponderão com o projeto.

Neste menu, é possível configurar cada eixo, com seu tipo de acionamento de cada motor, também é necessário configurar o passo da rosca do fuso, e a velocidade da máquina, sendo esta velocidade ajustada por tentativa de erro. Aumenta-se a velocidade e a aceleração até que o motor fique vibrando. Reduz 30% dos valores encontrados para efeito de segurança. Isto é feito individualmente por motor já que cada motor tem suas “particularidades” nada é igual mesmo que em uma produção em série.

5.2.JOG DA MÁQUINA

No modo Jog as teclas tem funções pré-definidas para movimentação dos eixos, é utilizado para zerar ferramentas antes do ciclo de usinagem, testar se todos os eixos estão funcionando. Não é feito usinagem neste modo com linguagem de programação somente se

foi controlando por tempo nas teclas que pressiona. Todas as posições da máquina esta disponível neste modo.

6. EXTRUTURA FISÍCA

A estrutura mecânica é composta de 3 eixos lineares, uma mesa, um pórtico para suporte da Tupia, a qual é responsável pela usinagem das peças. A estrutura é feita em viga “U”, tubo quadrado. Os guias com rolamentos para ter menos atrito possível facilitando o deslizamento, e manutenção se necessário. Os fusos em barra roscada de 1/2”, 12 fios por polegada apresentam problemas de alinhamento que são compensados pelo torque do motor.

O eixo X tem um curso de 850 mm, o eixo Y tem um curso de 650 mm e o eixo Z um curso de 120 mm. Os movimentos da máquina serão produzidos através dos motores de passo acoplados aos fusos, onde a porca fica presa na gaveta do carro de cada eixo conforme figura 17.



Figura 16 - Sistema de Gaveta para Movimentação eixo X

Este sistema de gaveta auxilia na inibição do desalinhamento que as barras roscada têm de fabrica conforme figura 18.

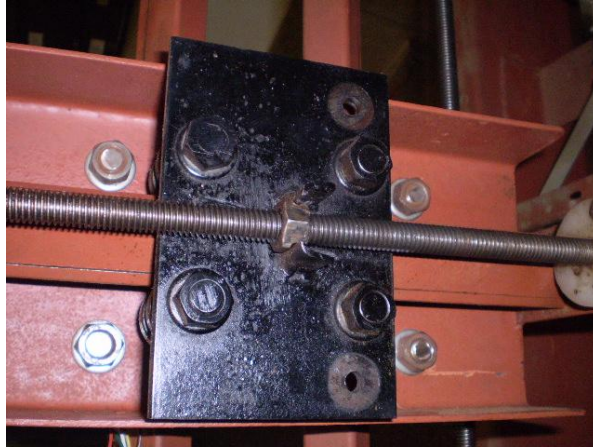


Figura 17 - Sistema de Gaveta para Movimentação eixo Z

Com esse sistema de acoplamento que se absorve a divergência de desalinhamento. Feito com mangueira de 1/2" com duas almas de nylon trançadas, capacidade de pressão de 1200 psi (80bar), sendo uma mangueira muito resistente. Fixação da mangueira com abraçadeiras no fuso e no eixo do motor conforme figura 19, 20 e 21.

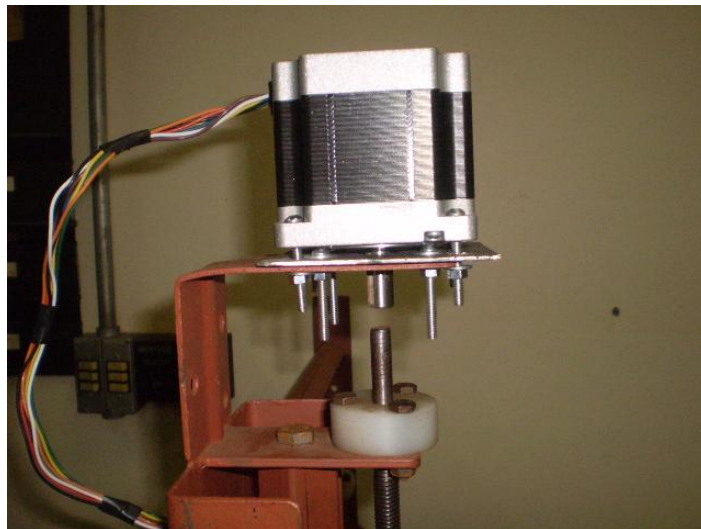


Figura 18 - Motor de Passo sem Acoplamento

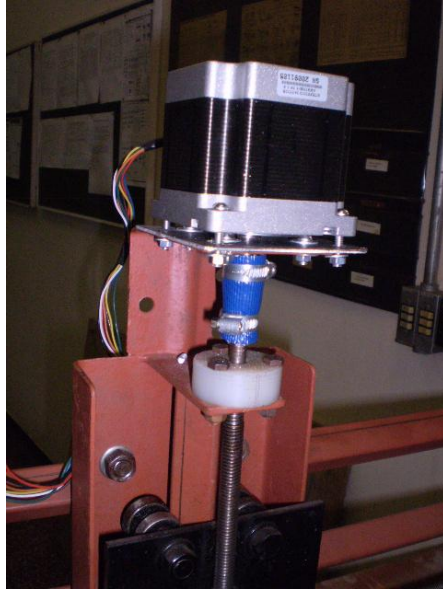


Figura 19 - Motor de Passo com Acoplamento



Figura 20 - Estrutura com os Motores Fixados

Conforme figura 22 estrutura pronta com chapa de MDF fixada



Figura 21 - Estrutura com a Mesa de MDF Fixada

6.1. TUPIA UTILIZADA PARA USINAGEM

Utiliza-se para usinagem uma tupa, sua velocidade de corte pode variar de 500 à 3500 RPM, foi escolhida devido ao seu custo, facilidade na fixação e ao numero de ferramentas de cortes disponíveis no mercado para fixar a retifica no eixo Z foi feito o suporte com uma chapa de 3/8`` de aço 1020, e barra chata de 3/8``X 2`` de aço 1020. Esta tupa pode utilizar ate ferramentas com haste de fixação com 12 mm.

6.2. TESTE MOTOR DE PASSO

Após a montagem da estrutura acoplou-se os motores de passo nos eixos para fazer os testes de posicionamento.

Os motores de passos não possuem velocidade alta com isso foi utilizado uma tensão de 43 VCA na entrada da ponte retificadora, saindo para o motor cerca de 59.21VCC lembrando que sua tensão nominal é de 3.36VCC recomendado pelo fabricante .Com a tensão maior podo-se utilizar uma freqüência maior sem perda de referencia .pois o tempo entre os pulsos diminui linearmente. Sendo assim se ganha velocidade aumentando a tensão para poder trabalhar com uma freqüência maior.

Tendo sua tensão aumentada em 16,44 vezes, sua temperatura de trabalho ficou em media 50°C, depois de três horas de trabalho consecutiva sendo que seu temperatura maxima é de 80°C conforme quadro 1 com isso o motor de passo se torna em equipamento “maleavel” podendo ser utilizado em varias aplicações.

Tal procedimento resulta na diminuição da vida útil do mesmo, pois estara fugindo totalmente fora das características construtivas do seu projeto de fabricação. Não posso afirmar qual o grau de depreciação vai ocorrer no motor.

Angulo de passo	Número de fios	Classe de Isolação	Temperatura máx. operação	Conexão	Holding Torque (Kgf.cm)	Tensão / fase(V)	Corrente / fase(A)	Resistência / fase(ohms)	Indutância / fase(mH)
1,8°	8	B	80°C	série	49	6,7	2,2A	1,6	7
				paralela		3,36	4,2	0,8	1,7
				unipolar	42	3,36	3,5A	1,6	3,5

Quadro 1 – Dados do Fabricante sobre o Motor de Passo
Fonte: Manual Hobby CNC

6.2.1. Variação da Velocidade x Tensão aplicada no Motor de Passo

Feito levantamento variando a tensão de 0VCA ate 43VCA para analisar o comportamento da velocidade do motor de passo nas seguintes condições mostradas na tabela abaixo. Valores medidos com equipamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sua serie de fabricação é S528485, fabricante HOMISconforme figura 23 e 24.



Figura 22 – Tacômetro



Figura 23 - Medindo a Velocidade com o Tacômetro

RPM	TENSÃO
146,7	43
136,7	40
128,2	37,5
119,6	35
111,1	32,5
102,5	30
91,2	27,5
88,6	25
76,9	22,5
68,7	20
60,9	17,5
51,3	15
43,1	12,5
34,2	10
25,6	7,5
17,1	5
8,5	2,5
3,4	1
0	0

Tabela 3 - Dados da variação de Tensão X Velocidade

Com esses resultados obtidos foi gerado o grafico para melhor visualização do comportamento.

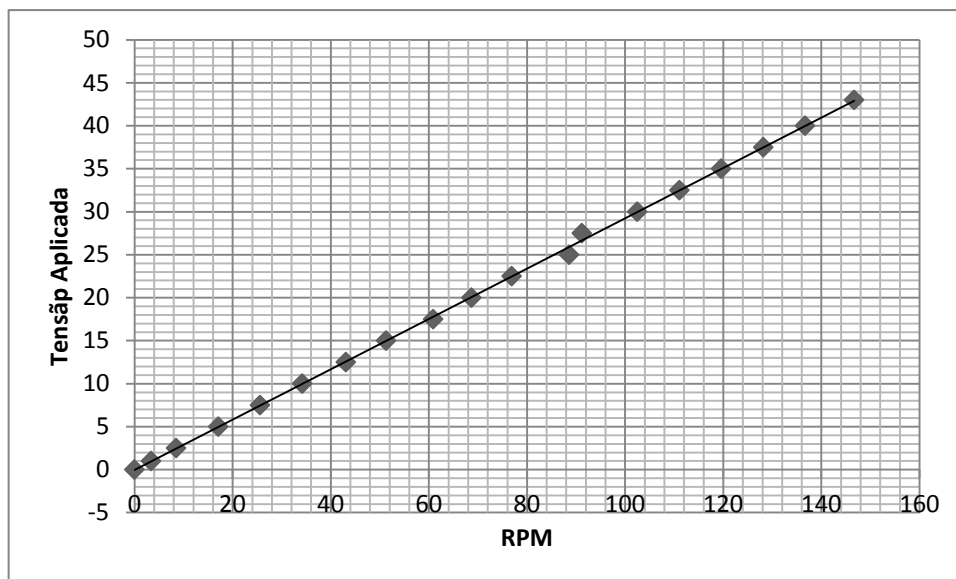


Gráfico 1 - Tensão X Velocidade

Nota-se que a variação de tensão segue a mesma tendência sem sofrer nenhuma curva, totalmente linear.

6.3. TESTE FRESA

Definida as condições de trabalho dos motores e a montagem completa da Fresadora, iniciou o processo de testes. Esse processo visa verificar o correto deslocamento dos motores, as velocidades, as limitações e a precisão.

Várias formas geométricas foram usinadas até que se conseguiu o perfeito sincronismo (compensação da folga entre o fuso e a porca) entre os movimentos dos motores, com o deslocamento dos eixos.

6.4. RESULTADOS OBTIDOS

Devido à estrutura ser toda em metal obteve desalinhamento no eixo X e eixo Y, que devido o motor utilizado ter força de $42\text{Kg}/\text{cm}^2$ consegue superar esse desalinhamento sem perder referência “passo”

Devido ao fato de ser uma máquina dinâmica, a CNC construída pode ser utilizada para diferentes tipos de trabalho: plotagem, usinagem em 3 dimensões, usinagem em duas dimensões, usinagem de placas de circuito impresso, gravações em diversos materiais, trabalhos de furação, cortes lineares nivelamento de superfícies, dentre muitos outros possíveis. Para executar qualquer trabalho com a máquina é necessário gerar o código G compatível com o software de controle. As etapas para gerar o código G de controle são:

- Criar a geometria através de um software CAD;
- Executar a geometria em um software CAM, o qual a partir da geometria criada gera as trajetórias que a ferramenta terá que executar. O CAM irá gerar um código neutro, que deverá passar por um pós-processador, que poderá variar de acordo com o tipo de código que cada software de controle utiliza.

Imagem da figura 25 a figura 32 do trabalho realizado.

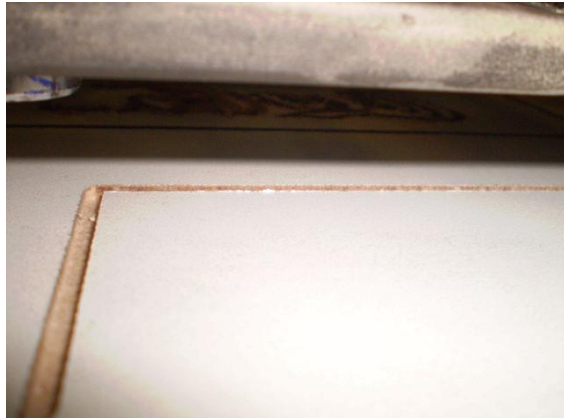


Figura 24 - Execução 1



Figura 25 - Execução 2



Figura 26 - Execução 3



Figura 27 - Execução 5

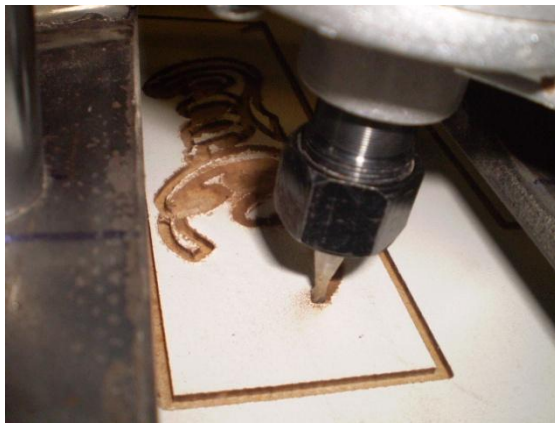


Figura 28 - Execução 6

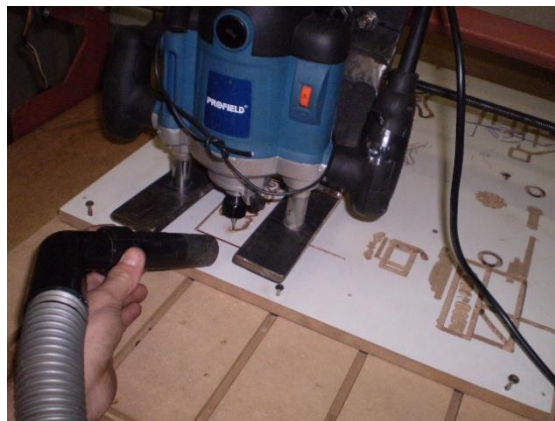


Figura 29 - Aspirador de pó durante a Execução



Figura 30 - Execução 7



Figura 31 - Trabalho Pronto

6.5. RESTRIÇÕES E CUIDADOS

Devido à rigidez da máquina pode-se trabalhar com a velocidade máxima que os motores agüentar, que neste caso é de 146 RPM com um avanço de 2.11667mm por RPM totalizando 294.92mm por minuto de avanço.

Seu avanço mínimo é calculado através da seguinte conta o motor trabalha com 1.8° por pulso, cada volta tem 360°, sendo assim necessários 200 pulsos para uma volta, a placa esta configurada para trabalhar em meio pulso sendo então necessários 400 pulsos por volta, como o avanço é de 2.11667mm por volta e cada volta são necessários 400 pulsos ela tem um avanço de 0.005291675mm ou 5.29 centésimos que é o menor avanço da máquina.

Sua precisão ficou em 10 décimos, pois entre a barra roscada e a porca existe uma folga de fábrica. Para conseguir uma precisão maior teria que ser utilizado fuso de esfera, não foi utilizado pelo custo de sua aquisição.

7. CUSTOS

Todos os materiais utilizados para construção da Fresa CNC foram adquiridos por conta própria estão listados na tabela 4.

Materiais	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Chapa de MDF 18mm	PC	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Rolamento 6201 ZZ	PC	24	R\$ 3,00	R\$ 72,00
Parafuso cônico 5/16"	PC	65	R\$ 0,40	R\$ 26,00
Canaleta 50x50mm	PC	1	R\$ 15,50	R\$ 15,50
Tupia	PC	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Kit Ferramentas para tupia	PC	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Kit Placas, Motor de Passo, Trafo	PC	1	R\$ 1.850,00	R\$ 1.850,00
Placas	PC	3	R\$ 210,00	R\$ 630,00
Painel	PC	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Cooler	PC	2	R\$ 65,00	R\$ 130,00
Chave Tic-Tac	PC	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Fresa 1mm	PC	3	R\$ 45,00	R\$ 135,00
Barras Rosca 1/2"	PC	3	R\$ 7,50	R\$ 22,50
Porca de 1/2"	PC	3	R\$ 0,15	R\$ 0,45
Borne 2,5mm	PC	25	R\$ 1,10	R\$ 27,50
Cabo 0,75mm	MT	15	R\$ 1,10	R\$ 16,50
Cabo 1,5mm	MT	10	R\$ 1,50	R\$ 15,00
Cabo 8x1mm	MT	15	R\$ 9,50	R\$ 142,50
Conector DB9	PC	6	R\$ 9,60	R\$ 57,60
Conector DB25	PC	2	R\$ 12,30	R\$ 24,60
Barra Quadrada 20x20	PC	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Viga U 5"	PC	1	R\$ 85,00	R\$ 85,00
Nylon 50mm	MT	0,5	R\$ 50,00	R\$ 25,00
No-break	PC	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Filtro de Ar	PC	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Madeira para fazer a mesa	PC	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Barra Chata 1/2x2"	PC	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Valor Total				R\$ 4.580,15

Tabela 4 - Custo do Projeto

8. PROBLEMAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Na realização deste trabalho de conclusão de curso foram encontradas algumas dificuldades que surgiram no desenvolver da construção da Fresa CNC, dificuldades estas que se caracterizam inicialmente pelo nível de conhecimento em circuitos PWM, a dificuldade na utilização de ferramentas específicas, e principalmente prazo curto. Apesar disto o ganho na aprendizagem foi grande, pois com os problemas presentes tivemos que pesquisar suas causas buscando soluções para os mesmos. Como por exemplo, que em um circuito eletrônico para acioná-lo tem que ter uma rede de alimentação estabilizada

Após oito meses de pesquisa e trabalho a Fresadora CNC foi concluída com um ponto de defeito, sem a placa do eixo Z que queimou dias antes da apresentação, mesmo assim atendendo todas nossas expectativas.

8.1. QUEIMA DAS PLACAS DE COMANDO DOS MOTORES

Durante os testes feitos para posicionamento, velocidade, precisão ocorreu à queima das três placas de comando. Foi feita análise sobre elas qual era o componente que havia se danificado, foi localizado o diodo IN4007 que estourou completamente conforme figura 33.



Figura 32 - Diodo Queimado

Três placas de controle apresentaram problemas durante o trabalho, foram danificados os diodos da ponte retificadora no circuito de controle.

Ao chegar às placas novas veio uma com defeito de fabrica, foi reenviado para o fabricante, pois estava na garantia, quando retornou foi instalado e realizado teste e execução de programas.

Foi mandado novamente para a garantia porem não chegou a tempo para poder fazer a apresentação. Com isso casualmente será apresentado com o eixo X e eixo Y em funcionamento da Fresadora CNC.

9. CONCLUSÃO

Esse projeto demonstrou serem muito flexível e útil, podendo ser aplicado em pequenas empresas, escolas técnicas e universidades, a fim de aprendizado, pois se trata de uma máquina de baixo custo com manutenção, utilizam tecnologias livres de programação, tudo isso colabora com o aprendizado do aluno.

O trabalho teve como obstáculo queima de três placas por sobretensão de uma única vez, e a queima da placa do eixo Z, o aumentando o trabalho e o custo para adquirir novos produtos, custo derivado dos próprios recursos dos alunos.

Tendo em vista sempre aperfeiçoamento isso nos levou a sugerir mudanças no projeto em trabalhos futuros.

Foram adaptados buchas de deslizamento para uma melhor maior precisão e menor desgaste.

Na montagem da estrutura e fixação, e escolha dos motores de passo, não tivemos problemas. Na etapa de operação com o software visa o controle de velocidade e direção dos motores de passo, teve-se problema com a obtenção de um computador que tivesse saída serial e trabalhasse em ambiente DOS, pois o software Turbo.

10.REFERENCIAS

- Comando Numérico Computadorizado.** Disponível em:
<http://pt.scribd.com/doc/52185224/3/Estruturas-e-Caracteristicas-do-Programa-CNC>
 acessado em 25/04/2010 às 20h10min
- Motor de passo.** Disponível em:
<http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>
 acessado em 28/04/2011 às 20h10min
- Folga de AR.** Disponível em:
http://www.proz.com/kudoz/english_to_portuguese/engineering_general/4220630-air_gap.html, acessado em 28/04/2011 às 21h33min
- O que são Motores de Passo.** Disponível em:
<http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/8863/motordepasso.htm>, acessado em 29/04/2011 as 15h09min
- Estudo do Motor de Passo e seu Controle Digital.** Disponível em:
<http://www2.eletronica.org/artigos/outros/estudo-do-motor-de-passo-e-seu-controledigital>,
 acessado em 29/04/2011 as18h39min
- Motor de Passo Controlado por Computador.** Disponível em:
<http://www2.eletronica.org/projetos/motor-de-passo-controlado-pelo-computador>, acessado em 29/04/2011 às 22h33min
- Curso On-LineC/C++/Porta Paralela.** Disponível em
 ; <http://www.rogercom.com/pparalela/IntroMotorPasso.htm>, acessado em 30/04/2011 às 11h21min
- Mecatrônica.** Disponível em:
[http://www.ime.eb.br/pinho/micro/trabalhos/Mecatrônica TP1.pdf](http://www.ime.eb.br/pinho/micro/trabalhos/Mecatrônica%20TP1.pdf), acessado em 30/04/2011 às 19h15min
- Tutorial Motor de Passo.** Disponível em:
[http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/Tutorial%20Programacao%20-](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/Tutorial%20Programacao%20)

