

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**DANIEL PORTELA JORGE**

**ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA PLAINA MECÂNICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2014**

**DANIEL PORTELA JORGE**

## **ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA PLAINA MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, do Departamento DAELE, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Okida

**PONTA GROSSA**

**2014**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA PLAINA MECÂNICA**

por

**DANIEL PORTELA JORGE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 10 de Dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Sérgio Okida, Dr.  
Prof. Orientador

---

Prof. Júlio Cesar Guimarães, Me.  
Membro titular

---

Prof. Elói Agostini Júnior, Dr.  
Membro titular

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Sérgio Okida, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

JORGE, Daniel Portela. **Atualização tecnológica de plaina mecânica**. 2014. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

As metalúrgicas em geral necessitam de melhorias trazidas através de novas tecnologias. Diante disso, este trabalho busca apresentar a atualização de uma plaina limadora, que se encontra no setor de usinagem de uma metalúrgica de Ponta Grossa – PR utilizando a tecnologia de comando numérico. São descritos neste trabalho os tipos de dispositivos utilizados na atualização da plaina e suas características técnicas. Busca-se também apresentar as melhorias que esta tecnologia trouxe para a empresa, tanto nos aspectos de qualidade e produtividade, quanto nos aspectos econômicos. Essa pesquisa pode ser classificada como exploratória e explicativa, pois, proporcionará ao tecnólogo em automação uma familiarização com o motor de passo e seus circuitos de controle.

**Palavras-chave:** Plaina. Comando Numérico. Automação. Motor de Passo. Tecnologia.

## ABSTRACT

JORGE, Daniel Portela. Technological updating of a jack-planer. 2014. 57 p. Final Paper (Technology in Industrial Automation) - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Metallurgical generally require improvements brought by new technologies. Thus, this study aims to present the update of a jack-planer, which is in the machining sector of a metallurgical in Ponta Grossa - PR using the CN technology. This paper described the types of devices used in the updating of the plane and its technical characteristics. The aim is also to present the improvements that this technology has brought to the industry, both in aspects of quality and productivity, as the economic aspects. This research can be classified as exploratory and explanatory therefore provide to the automation technologist a familiarization with the stepper motor and its control circuits.

**Keywords:** Planer. Numerical Control. Automation. Stepper Motor. Technology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Plaina Limadora .....	10
Figura 2 – Motor de relutância variável .....	17
Figura 3 – Motor de imã permanente .....	17
Figura 4 – Motor híbrido .....	18
Figura 5 – Vista expandida de um motor de passo híbrido .....	18
Figura 6 – Ligação de motor unipolar com oito fios .....	19
Figura 7 – Ligação de motor bipolar série e paralelo respectivamente .....	20
Figura 8 – Estágios do modo de funcionamento Wave Drive .....	20
Figura 9 – Estágios do modo de funcionamento Passo Completo .....	21
Figura 10 – Estágios do modo de funcionamento Meio Passo .....	22
Figura 11 – Correntes de fase no modo de Micro-Passo .....	22
Figura 12 – Diagrama em blocos do projeto .....	24
Figura 13 – Drive 7080I .....	26
Figura 14 – Esquema de ligação do resistor pull up .....	27
Figura 15 – Esquema de ligação (JOG) .....	28
Figura 16 – Esquema de ligação (Saídas) .....	29
Figura 17 – Fonte de tensão PSK3 70 à 80V-7A\560W .....	30
Figura 18 – Fonte de alimentação FC1205A .....	30
Figura 19 – <i>Hub 444</i> .....	31
Figura 20 – Tela de programação ( <i>Software SINETHUB</i> ) .....	32
Figura 21 – Quadro de funções ( <i>Software SINETHUB</i> ) .....	32
Figura 22 – Tela de simulação (IHM) .....	36
Figura 23 – Cremalheira .....	38
Fotografia 1 - Plaina Limadora .....	11
Fotografia 2 – Plaina Automatizada .....	23
Fotografia 3 – Sensores indutivos NPN .....	34
Fotografia 4 – Painel de controle .....	35
Fotografia 5 - IHM .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de custo (Máquinas Convencionais) .....	39
Tabela 2 - Dados de custo (Máquina Automatizada) .....	40
Tabela 3 – Desempenho da Plaina CN x Máquinas Convencionais .....	41



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	12
1.1.1 Delimitação do Tema .....	12
1.2 PROBLEMA .....	12
1.3 PREMISSA .....	12
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.4.1 Objetivo Geral .....	13
1.4.2 Objetivos Específicos .....	13
1.5 JUSTIFICATIVA.....	13
1.6 MÉTODOS DE PESQUISA.....	14
<b>2 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>15</b>
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
2.1.1 Controle Numérico (CN).....	15
2.1.2 Motores de Passo .....	15
2.1.2.1 Motores de relutância variável .....	16
2.1.2.2 Motores de ímã permanente .....	17
2.1.2.3 Motores híbridos .....	18
2.2 TIPO DE POLOS .....	19
2.2.1 Unipolar.....	19
2.2.2 Bipolar .....	19
2.3 MODO DE FUNCIONAMENTO .....	20
2.3.1 Wave Drive.....	20
2.3.2 Passo Completo.....	21
2.3.3 Meio Passo .....	21
2.3.4 Micropasso .....	22
2.4 AUTOMAÇÃO DA PLAINA .....	23
2.4.1 Motores Utilizados no Projeto.....	25
2.4.1.1 Características técnicas do motor de passo .....	25
2.5 DESCRIÇÃO DO DRIVE 7080I .....	26
2.5.1 Entradas .....	27
2.5.2 Saídas.....	29
2.5.3 Resolução .....	29
2.6 FONTE DE ALIMENTAÇÃO .....	30
2.7 HUB 444 .....	31
2.8 SOFTWARE DE CONTROLE E GERAÇÃO DO PROGRAMA PARA MOVIMENTAÇÃO DOS MOTORES .....	31
2.9 SENSORES .....	33
2.9.1 Sensor indutivo – NPN.....	33
2.10 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DA PLAINA CN.....	34

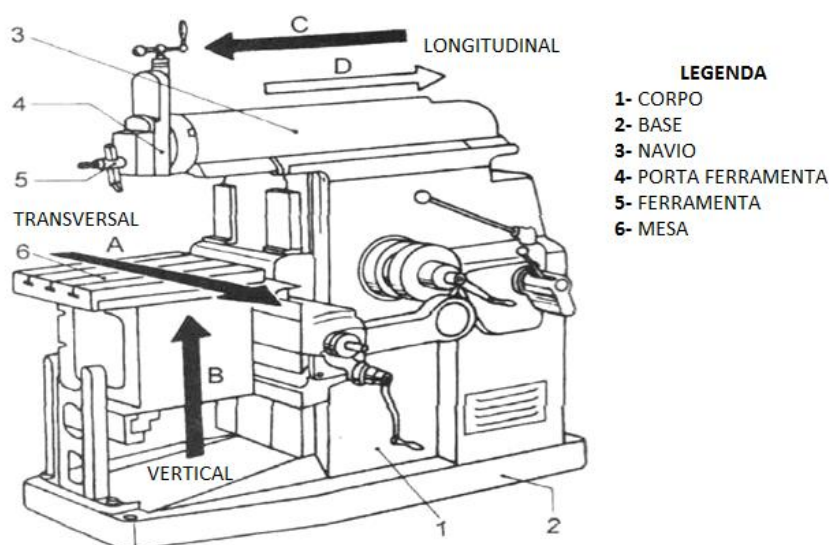
2.10.1 Função de Cada Tela.....	36
2.10.1.1 Jog contínuo .....	36
2.10.1.2 Jog incremental .....	37
2.10.1.3 Programa 1 – dentes .....	37
2.10.1.4 Programa facear .....	38
2.11 RESULTADOS DA AUTOMAÇÃO DA PLAINA CN.....	38
2.12 PESQUISA DE CAMPO .....	40
<b>3 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE A – Dados Técnicos do Motor (KML093F07) .....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE B – Dados Técnicos do Motor (AK85H/6-1.8) .....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE C – Esquema de Ligação Bipolar Série e Paralelo (KML093F07)...</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE D – Esquema de Ligação Unipolar (KML093F07).....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICE E – Motor de Passo (AK85H/6-1.8).....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE F – Ligação Unipolar do Motor (AK85H/6-1.8) .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a grande concorrência no mercado de trabalho as empresas estão recorrendo a máquinas com novas tecnologias que ofereçam mais qualidade e produtividade, gerando assim uma maior competitividade no mercado. Com a automação das máquinas utilizando o comando numérico é possível aumentar a produtividade com qualidade e também diminuir o problemas de falhas humanas.

Mediante esta perspectiva, este trabalho busca apresentar a automação em uma plaina limadora, que se encontra no setor de usinagem de uma metalúrgica em Ponta Grossa PR, utilizando a tecnologia mencionada acima.

A plaina limadora (figura 1) é uma máquina que realiza operações de esquadrejamento, canais, estrias, rebaxos e chanfros. Ela originalmente é constituída de uma mesa para fixação das peças, esta apresenta movimentos no sentido transversal e vertical através de fusos ligados a manivelas. Existe, na parte superior da plaina, um conjunto chamado navio que se movimenta no sentido longitudinal contra a peça fixada na mesa. Na frente do navio está a denominada porta ferramenta onde é fixada a ferramenta de corte para usinagem das peças. A movimentação deste conjunto ocorre no sentido vertical aproximando ou afastando a ferramenta da peça.



**Figura 1 – Plaina Limadora**  
**Fonte: SENAI, 1999**

Para manuseio desta máquina é necessário um operador para fazer a movimentação da mesa e da porta ferramenta através das manivelas ligadas aos fusos.

Uma das principais peças fabricada nesta plaina é chamada de cremalheira. O processo de produção desta peça necessita do esforço físico do operador que, por motivo dos movimentos contínuos e repetitivos poderá com o tempo sofrer lesões.

Existem na empresa uma plaina vertical, quatro plainas de mesa e oito plainas limadoras, totalizando treze plainas. Inicialmente, foi automatizada uma plaina limadora (Fotografia 1).



**Fotografia 1 - Plaina Limadora**  
**Fonte: Autoria própria**

Após os testes com a plaina automatizada serão analisados os possíveis ganhos e benefícios que a máquina oferecerá para que futuramente novas atualizações sejam projetadas em outras plainas.

## 1.1 TEMA DA PESQUISA

Automação de uma plaina mecânica.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

O presente trabalho propõe a automação do sistema de movimentação de uma plaina mecânica que se encontra em uma metalúrgica de Ponta Grossa-PR.

## 1.2 PROBLEMA

- Pelo motivo de haver a necessidade de um operador para realizar todos os movimentos da máquina, o mesmo pode sofrer lesões por movimentos repetitivos;
- Defeitos nas peças ocasionados pelo mau procedimento de operação da máquina;
- Atualmente a operação manual da máquina pode ocasionar riscos de acidentes de trabalho. No entanto, com a automação da mesma serão reduzidos esses riscos.

## 1.3 PREMISSA

Acredita-se que, através do desenvolvimento deste projeto, será proporcionado maior segurança para o operador, a produção irá aumentar e o custo das peças irá diminuir, possibilitando uma melhor negociação no preço do produto final.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema automático de movimentação de uma plaina mecânica, onde será implementada uma mesa extra e motores de passos para controle de movimento vertical e horizontal.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Fazer um levantamento bibliográfico;
- Escolher os motores de passo em função da disponibilidade dos mesmos na empresa para reduzir custos;
- Escolher uma forma de controle dos motores de passo que satisfaça as necessidades do projeto;
- Levantamento dos dispositivos a serem utilizados;
- Utilizar equipamentos que não estão gerando lucro para empresa por motivo de não estarem sendo usados;
- Aumentar a produtividade do setor;
- Aumentar a segurança de trabalho do operador da plaina mecânica.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Através da execução deste projeto, a plaina irá oferecer algumas vantagens, sendo elas:

- Maior produtividade;
- Segurança e melhores condições de trabalho para o operador;
- Disponibilizará um operador para trabalhar em outra plaina enquanto a máquina deste projeto fará o trabalho automaticamente;
- Aumentará a precisão e a qualidade no produto final;
- Redução dos custos de produção.

## 1.6 MÉTODOS DE PESQUISA

O projeto, em um primeiro momento, será desenvolvido em forma de pesquisa teórica, que busca fazer um resumo do assunto. A pesquisa pode ser classificada como exploratória e explicativa, pois proporcionará ao tecnólogo em automação uma familiarização com o motor de passo e seus circuitos de controle.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1.1 Controle Numérico (CN)

Na evolução histórica das máquinas operatrizes de usinagem, alguns dos objetivos sempre foram aumentar a produção e a qualidade do produto final e diminuir os desgastes físicos na operação das máquinas. Tais objetivos foram alcançados a partir do desenvolvimento dos computadores, que possibilitou a criação de um controle de máquinas chamado de comando numérico.

A primeira tentativa organizada de aplicação do controle numérico foi numa fresadora de três eixos, em 1949, no Laboratório de Servo Mecanismo do Instituto de Tecnologia de Massachusetts.

Pode-se definir comando numérico como:

[...] um equipamento eletrônico capaz de receber informações por meio de entrada própria, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando à máquina operatriz, de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na sequência programada. (MACHADO, 1990, p. 21).

#### 2.1.2 Motores de Passo

Os motores de passo são dispositivos que transformam pulsos elétricos em movimento mecânico. O pequeno incremento angular que o eixo do motor realiza é chamado de “passo”. O sentido de rotação do eixo do motor de passo é dado através da sequência de pulsos, e a velocidade está relacionada à frequência de pulsos recebidos do *drive* e o tamanho do ângulo incremental (FITZGERALD; JUNIOR; KUSKO, 1975).

Esses motores apresentam vantagens e desvantagens em relação aos motores convencionais.

As vantagens são as seguintes:

- O posicionamento e a repetibilidade do rotor possuem grande precisão;



- A velocidade de giro do rotor é proporcional à frequência de pulsos elétricos fornecidos pelo drive, possibilitando um controle de velocidade do motor;
- Mediante baixas rotações, o motor apresenta torque elevado.

Quanto às desvantagens, pode-se dizer que são:

- Ressonâncias que ocorrem em certas rotações, ou seja, vibrações mecânicas que atrapalham o sistema.
- Baixo torque e controle de velocidade, mediante altas rotações.

Existem três tipos de motores de passo, sendo eles:

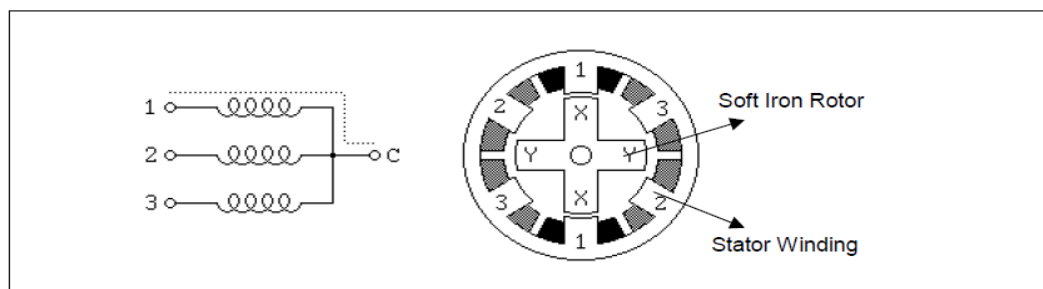
- Relutância Variável;
- Imã permanente;
- Híbridos.

#### 2.1.2.1 Motores de relutância variável

De acordo com Grant (2005, p. 3), “os motores de relutância variável não possuem imã permanente, o rotor realiza movimentos sem interferências de retenção, e cria rotação inteiramente com as forças eletromagnéticas”.

Esses motores possuem um estator laminado e um rotor constituído de aço doce, o qual apresenta uma alta permeabilidade magnética. Esse tipo de motor não fica magnetizado a todo instante, sendo assim, o torque é nulo quando não há energia nas bobinas do estator.

A figura 2 apresenta uma ilustração básica da estrutura dos motores de relutância variável. Como se pode notar, existe um terminal comum aos enrolamentos, esse terminal normalmente é conectado ao polo positivo da fonte de alimentação, enquanto os outros terminais são acionados sequencialmente, fazendo com que o rotor se desloque com o intuito de alinhar os campos magnéticos gerados internamente por cada enrolamento. Sua vantagem é poder apresentar um tamanho reduzido comparado ao motor de passo de imã permanente.

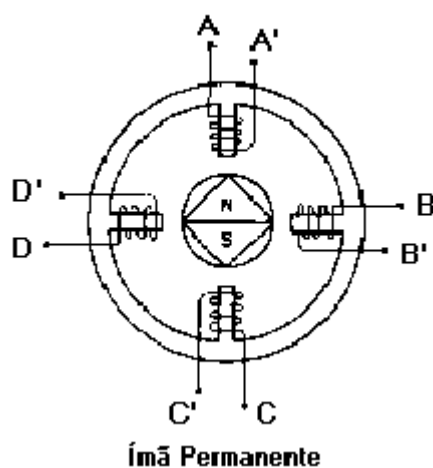


**Figura 2 - Motor de relutância variável**  
**Fonte: YEDAMALE (2002)**

### 2.1.2.2 Motores de imã permanente

Os motores de imãs permanentes têm um baixo custo e apresentam uma resolução baixa (48 – 24 PASSOS / REVOLUÇÃO). Além disso, como o próprio nome já indica, eles contêm um rotor que é um imã permanente e um estator de aço silício laminado onde estão instaladas as bobinas que receberão os pulsos.

Segundo Marcelino (2009, p. 8), “o motor é magnetizável através da alternância dos polos norte e sul situados em linhas paralelas ao eixo do motor”. Sua vantagem é apresentar torque mais elevado, quando comparado ao motor de passo de relutância variável.



**Figura 3 - Motor de imã permanente**  
**Fonte: Queiroz (2010)**

### 2.1.2.3 Motores híbridos

Esses tipos de motores são a combinação do motor de relutância variável e de ímã permanente. Segundo Brites (2008, p. 7), “o rotor deste motor é multi-dentado assim como no motor de relutância variável, e contém um ímã permanente ao redor de seu eixo”. Esses “dentes” provêm melhor caminho que ajuda a guiar o fluxo magnético. O ângulo de passo deste motor são menores que os outros dois tipos de motores podendo variar de 0,9 à 3,6 graus. As vantagens encontradas nos motores híbridos são maior torque, velocidade e maior precisão de posicionamento. As figuras abaixo mostram a construção dos motores híbridos.

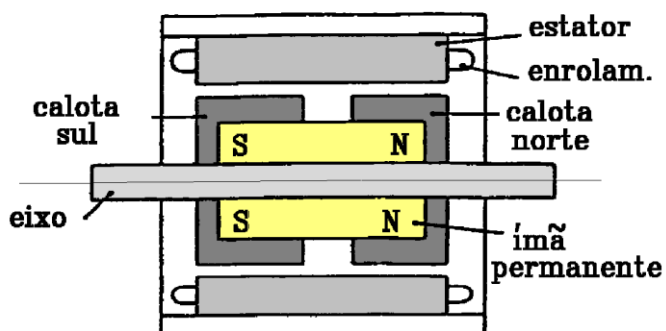


Figura 4 - Motor híbrido

Fonte: <<http://iris.sel.eesc.usp.br/sel337/mpasso.pdf>>

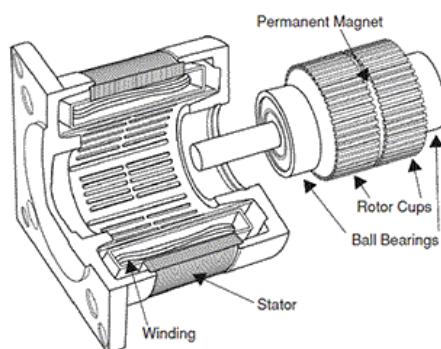


Figura 5 - Vista expandida de um motor de passo híbrido

Fonte: <[http://www.academia.edu/3271962/Motor de Passo Híbrido](http://www.academia.edu/3271962/Motor%20de%20Passo%20Hibrido)>

## 2.2 TIPO DE POLOS

Os motores de passo apresentam dois tipos de polo sendo eles descritos abaixo:

### 2.2.1 Unipolar

Os motores unipolares apresentam duas bobinas por fase, uma para cada sentido da corrente. O princípio de funcionamento é dado pelo alinhamento entre o campo gerado pelo estator, juntamente com o campo de sinal oposto do rotor. O rotor, por sua vez, possui vários polos, o que possibilita diferentes formas de acionamento do motor.

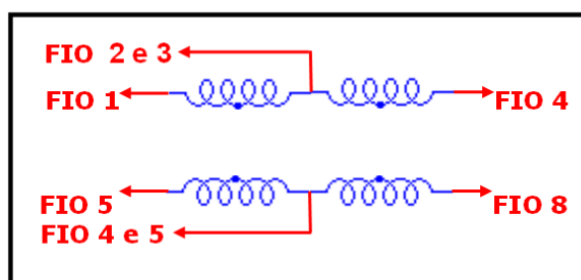


Figura 6 - Ligação de motor unipolar com oito fios  
Fonte: BRAZ (2013)

### 2.2.2 Bipolar

Os motores bipolares apresentam uma única bobina por fase. Para movimentar um motor de passo bipolar é necessário, em determinados momentos inverter o sentido da passagem da corrente nos enrolamentos. Por esse motivo, o circuito de acionamento do motor torna-se mais complexo quando comparado com outros tipos de motores de passo.

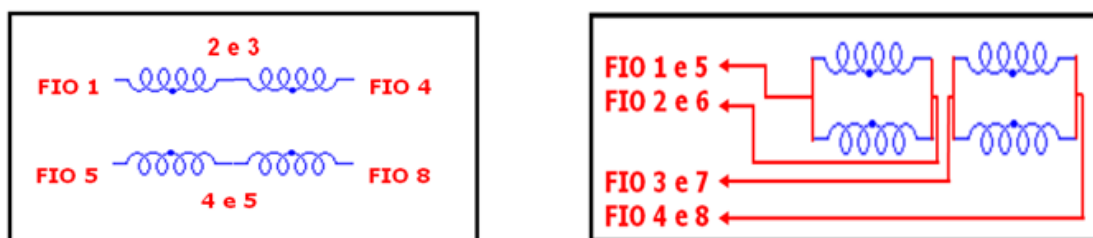


Figura 7 - Ligação de motor bipolar série e paralelo respectivamente  
Fonte: BRAZ (2013)

### 2.3 MODO DE FUNCIONAMENTO

Conforme os enrolamentos dos motores de passo são energizados é possível obter características diferentes em seu funcionamento. Existem quatro tipos básicos de acionamento de motores de passo, sendo eles:

- *Wave Drive*;
- Passo completo;
- Meio passo;
- Micropasso.

#### 2.3.1 Wave Drive

Este tipo de acionamento é o mais simples. Os enrolamentos do motor de passo são energizados sequencialmente como podemos verificar na figura abaixo.

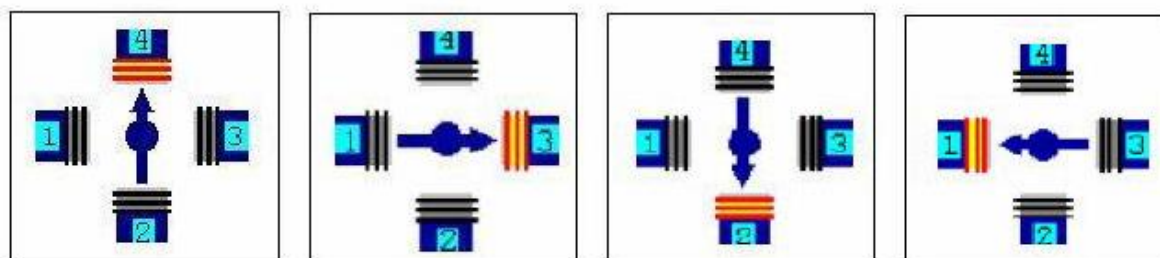


Figura 8 – Estágios do modo de funcionamento Wave Drive  
Fonte: MARCELINO (2009)

Neste acionamento a quantidade de potência exigida para a movimentação do motor de passo é menor do que nos outros tipos de funcionamento, porém pode haver problemas de ressonância em baixas velocidades do motor e baixa flexibilidade em relação à variação de velocidade e carga aplicada no motor. (MARCELINO, 2009, p.12)

### 2.3.2 Passo Completo

Neste tipo de funcionamento são acionados dois enrolamentos simultaneamente, fazendo com que o rotor do motor de passo fique entre dois campos magnéticos, gerados pelos enrolamentos energizados. A figura 9 mostra a sequencialização deste tipo de acionamento.

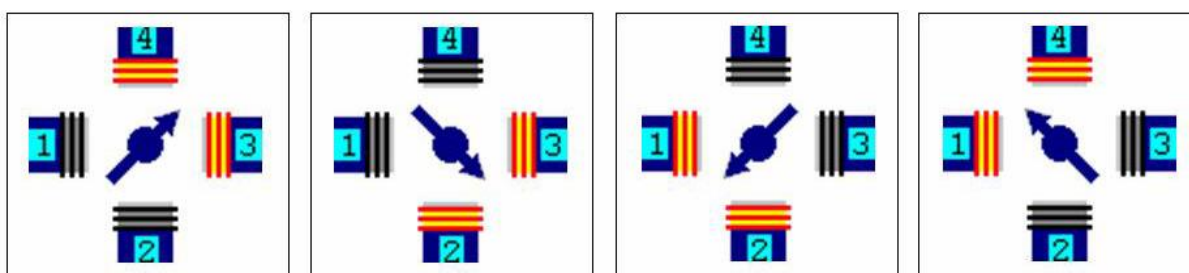


Figura 9 - Estágios do modo de funcionamento Passo Completo  
Fonte: MARCELINO (2009)

Os números de passos são os mesmos que o *wave drive* para este tipo de funcionamento, porém, o torque é maior pelo motivo de acionar duas fases ao mesmo tempo, no entanto é exigido o dobro de potência da fonte, e a velocidade apresenta poucos problemas com ressonância (MARCELINO, 2009).

### 2.3.3 Meio Passo

Este tipo de operação é a combinação dos dois primeiros sistemas de acionamento, *wave drive* e passo completo citados acima. Neste modo é energizado um enrolamento no primeiro instante e depois dois enrolamentos simultaneamente e assim por diante. A figura 10 mostra este tipo de funcionamento.

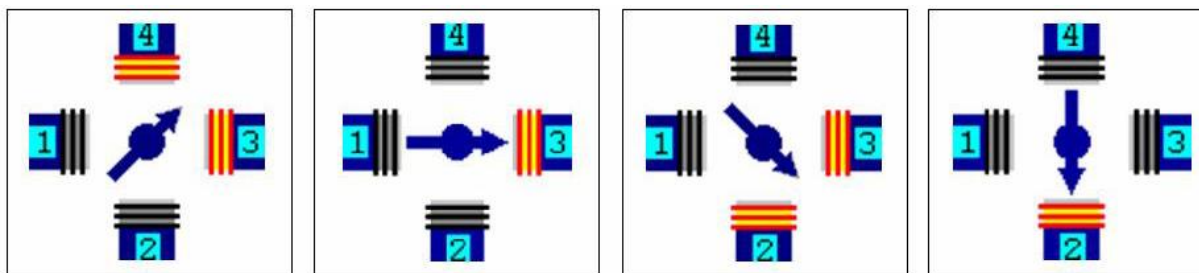


Figura 10 - Estágios do modo de funcionamento Meio Passo  
Fonte: MARCELINO (2009)

O número de passo neste acionamento é duplicado resultando em uma resolução menor. Por exemplo, em um motor de 200 passos por revolução sua resolução é  $1,8^\circ$  por passo, utilizando do funcionamento do meio passo é possível obter uma resolução de  $0,9^\circ$  por passo aumentando assim a precisão no posicionamento do motor de passo (DUQUE, 2010).

#### 2.3.4 Micropasso

Diferentemente dos outros modos de funcionamento que reproduzem uma onda quadrada no processo de alimentação das bobinas, o micropasso reproduz uma onda sinusoidal, sendo assim, a corrente entre os enrolamentos ocorre de modo progressivo, aumentando a suavidade de movimentação em baixas rotações e diminuindo a possibilidade de ressonância (DUQUE, 2010).

Conforme mostra a figura abaixo, podemos observar no funcionamento do micropasso, pequenos incrementos de corrente.

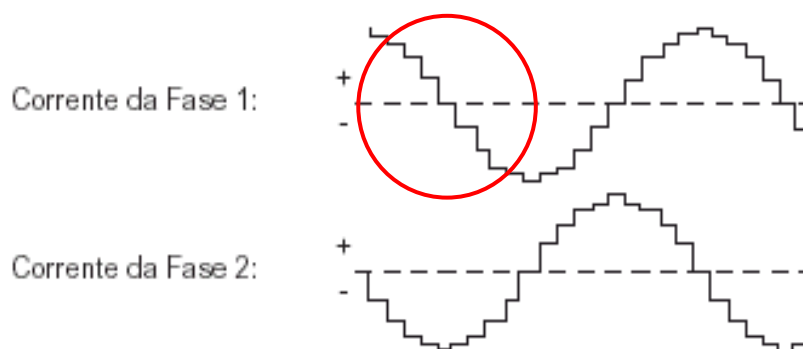
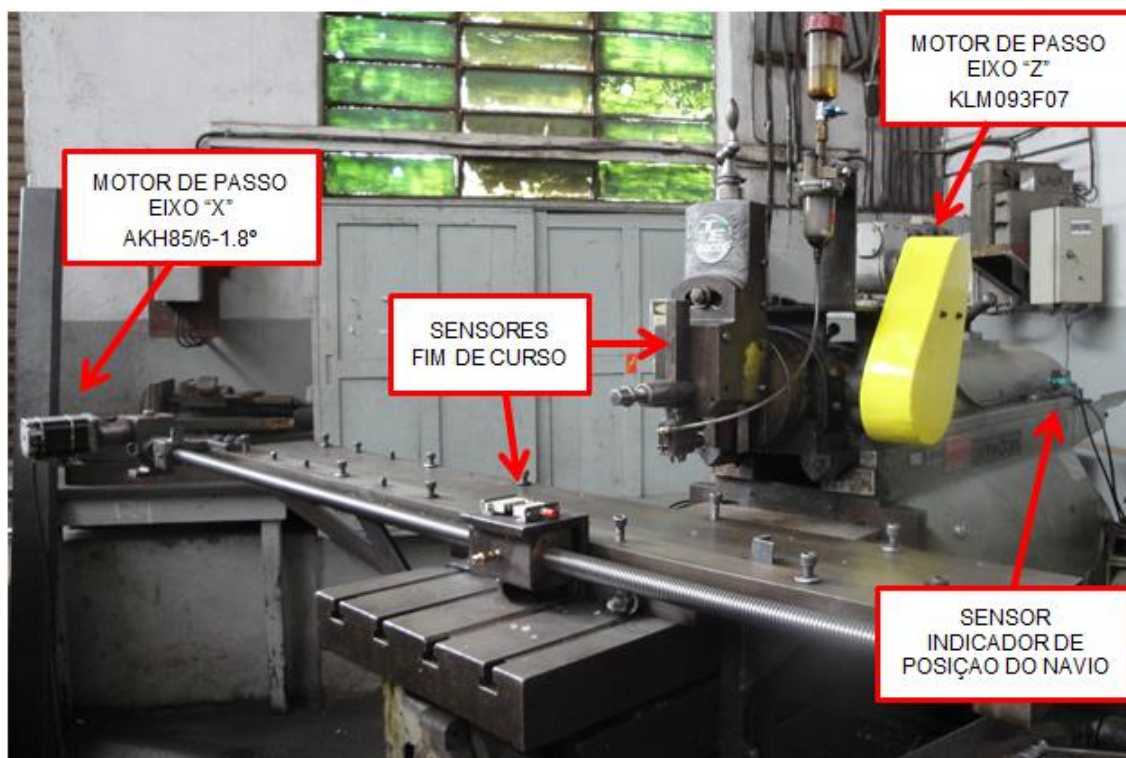


Figura 11 - Correntes de fase no modo de Micro-Passo  
Fonte: SOUZA, 2006

No micropasso, se duas fases estiverem com correntes na mesma proporção, o eixo do rotor ficará em uma posição intermediária entre as bobinas, porém se a corrente for diferente nas fases, a posição do rotor será deslocada para o polo mais forte.

## 2.4 AUTOMAÇÃO DA PLAINA



**Fotografia 2 – Plaina Automatizada**  
**Fonte: Autoria Própria**

A implantação de uma mesa sobreposta sobre a existente possibilita o movimento no sentido transversal, através de um motor de passo ligado a um fuso. Também foi inserido outro motor de passo que controla o movimento vertical do dispositivo porta ferramenta. Ambos têm o controle de posição dos fusos, com mais precisão e não necessitando de esforço físico do operador para movimentação dos conjuntos. Na Fotografia 2, apresenta-se uma visão geral da automação da plaina.



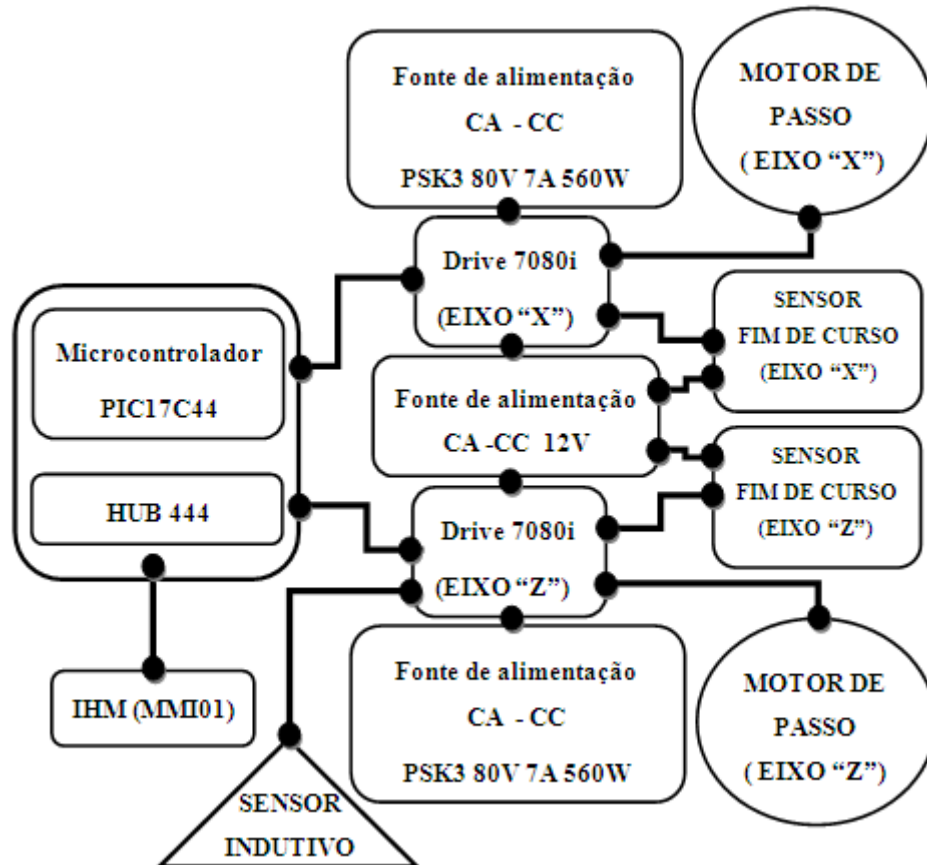


Figura 12 - Diagrama em blocos do projeto  
Fonte: Autoria própria

O projeto é constituído de:

- Uma fonte de alimentação de 80V que proporcionará a energia requerida pelo circuito;
- Uma fonte de 12V para alimentar as entradas do *drive*;
- Dois *drives* que controlarão os motores;
- Dois motores de passo para a movimentação da mesa e do dispositivo porta ferramenta;
- Um HUB para interligar as informações com os *drives* que controlam os motores de passo;
- Uma IHM para visualização e alteração de parâmetros para diferentes dimensões de peças a serem usinadas;
- Um sensor indutivo para controle da posição do navio da plaina e mais três sensores indicando o fim de curso dos fusos.

### 2.4.1 Motores Utilizados no Projeto

Neste projeto foram escolhidos dois motores de passo unipolares de oito fios que possibilitam as configurações de ligações unipolar, bipolar série e bipolar paralelo.

Foram escolhidos motores com maior número de passos para que se pudesse alcançar o objetivo de um centésimo de precisão por passo. Outro fator importante é que o motor apresentasse maior torque e velocidade, pois seria essencial que o motor fosse capaz de girar os eixos da mesa e do cabeçote porta ferramenta. Foram realizados testes com um torquímetro para verificar a força necessária para rotacionar os eixos, visto que ambos necessitavam de aproximadamente um quilograma de força.

A seguir serão descritas algumas explicações sobre as informações técnicas de cada motor para melhor entendimento dos mesmos.

#### 2.4.1.1 Características técnicas do motor de passo

##### a) Mínimo Torque Estático

Torque máximo a que um motor estando energizado possa ser submetido, para um carregamento sem que ocorra o movimento de rotação.

##### b) Ângulo do Passo (*Step* Ângulo)

Menor deslocamento que o rotor executa (SILVA, 2011).

##### c) Resistência Ôhmica

“Magnitude da corrente de estator com o rotor parado” (TEIXEIRA, 2001, p.25).

##### d) Inércia do Rotor

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

e) *Holding Torque* (Torque de Bloqueio)

É o máximo torque produzido pelo motor quando ainda imóvel (CONDIT, 2004).

f) Indutância

Capacidade de armazenar energia sob a forma de um campo magnético quando está ocorrendo a passagem da corrente elétrica por um dos enrolamentos do motor (FELIPE, 2011).

## 2.5 DESCRIÇÃO DO DRIVE 7080I

O 7080I é um *drive* para motor de passo com grande aplicação no controle de movimentação, podendo comandar até oito eixos. Ele contém oito entradas programáveis, três saídas opticamente isoladas, um controlador integrado e um amplificador. Para um melhor entendimento, todos os estágios serão descritos a seguir, de maneira mais explicativa.



Figura 13 - Drive 7080I

Fonte: <http://www.applied-motion.com/products/stepper-drives/7080i>

### 2.5.1 Entradas

Do borne 1 ao borne 6 existem entradas com filtros RC, compostos de um resistor de  $1000\ \Omega$  e um capacitor de  $100\ \text{pF}$ . Há também outro resistor de  $10000\ \Omega$  que é chamado de *pull up*. Este tem como função evitar a flutuação do sinal na entrada do *drive*, ou seja, a variação de tensão, impossibilitando que a “entrada” reconheça se está em nível lógico alto ou baixo. Com o uso deste resistor, se nenhum dispositivo for conectado a entrada, a mesma apresenta-se em estado lógico alto, porém, ao inserir um botão na entrada de um destes bornes e o mesmo for pressionado, ela passa para o estado lógico baixo. A figura abaixo apresenta a configuração de ligação do resistor *pull up*.

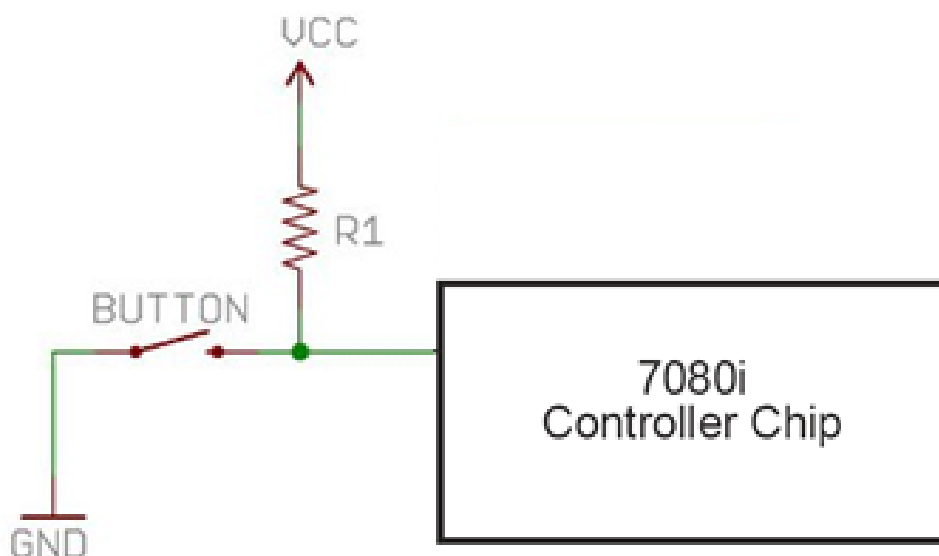


Figura 14 - Esquema de ligação do resistor pull up

Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pull-up-resistors/what-is-a-pull-up-resistor>

**Observação:** Os bornes 5 (CW) e 6 (CCW) são entradas programadas para inserir chaves para movimentação e direção dos motores, conforme indica a figura abaixo.

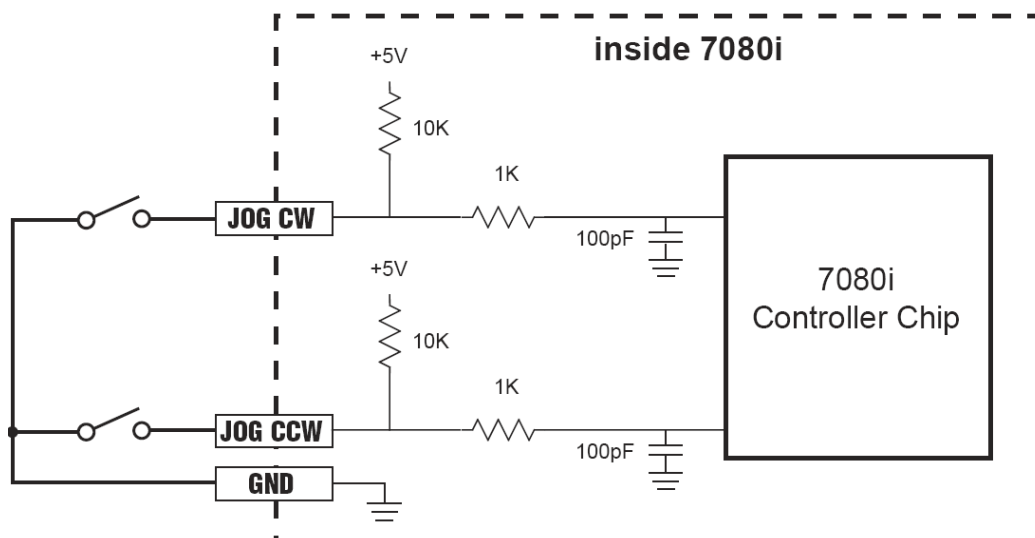


Figura 15 - Esquema de ligação (JOG)

Fonte: <http://www.applied-motion.com/products/stepper-drives/7080i>

Os bornes CW LIM e CCW LIM são entradas para conectar chaves fim de curso, que limitam a movimentação dos eixos em um determinado percurso. Essas entradas são opticamente isoladas possibilitando trabalhar com tensões de 5 a 24 volts DC e também permite que tenham longos fios com menores riscos de ruídos no *drive*. Se optar por operar o circuito com 24 volts é necessário inserir um resistor de 1000 ohms, em série com cada chave fim de curso, porém para 5 a 12 Volts CC nenhuma resistência é necessária, o que simplifica a ligação. Pode-se observar isso através da figura abaixo.

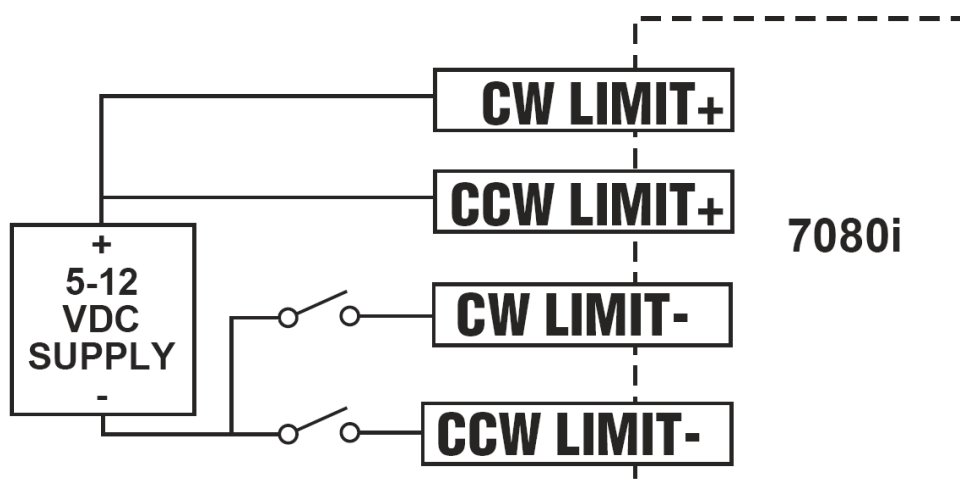
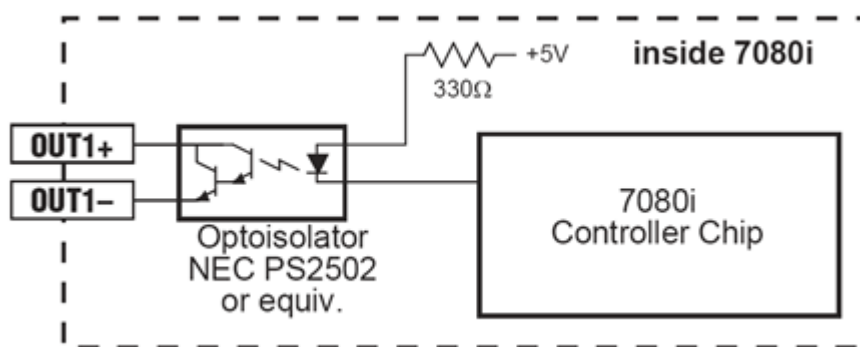


Figura 16 - Esquema de ligação (Fim de Curso)

Fonte: <http://www.applied-motion.com/products/stepper-drives/7080i>

### 2.5.2 Saídas

Há três saídas opticamente isoladas, ou seja, sem nenhuma conexão elétrica entre o *drive* indexador e os terminais de saída. O sinal é transmitido através da emissão de luz do diodo *led*, conforme mostra a figura abaixo.



**Figura 16 - Esquema de ligação (Saídas)**  
 Fonte: <http://www.applied-motion.com/products/stepper-drives/7080i>

Pode-se observar um transistor NPN que satura quando a saída está em nível baixo e abre quando a saída está em nível alto, desde que seja respeitada uma corrente de coletor máxima, caso contrário, o transistor irá operar em região ativa. Ao ligar o drive 7080I, todas as saídas estão em nível alto, sendo assim, o transistor está aberto. A tensão máxima que a saída suporta é 24 Volts e a corrente é 100 mA.

### 2.5.3 Resolução

O 7080I apresenta a capacidade de controlar a corrente entre as fases e subdividir os passos eletronicamente, aumentando a precisão no movimento do eixo que o drive está comandando.

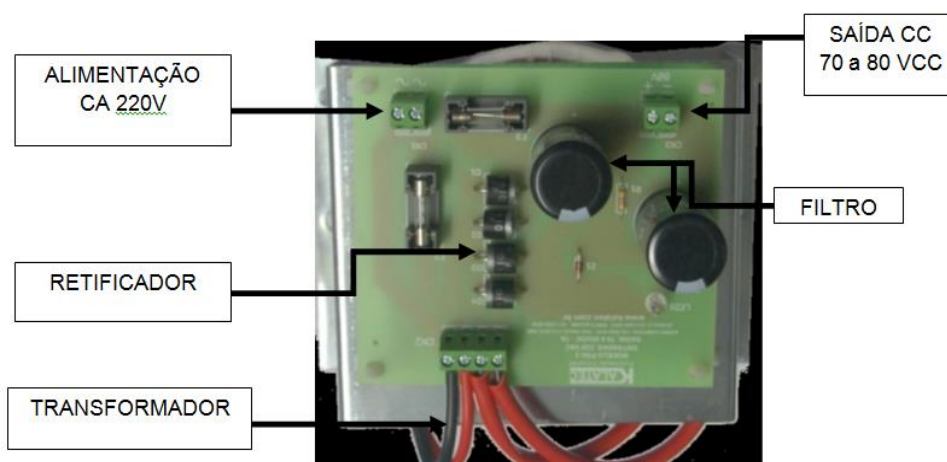
Há treze resoluções possíveis para o comando de motores de até 200 passos por revolução, sendo elas, 2000, 5000, 10000, 12800, 18000, 20000, 21600, 25000, 25400, 25600, 36000, 50000, 50800.

A resolução utilizada para o controle de acionamento dos motores de passo foi de 25400 pulsos por revolução, com o intuito de ganhar em precisão e suavidade na movimentação dos eixos.

## 2.6 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

As fontes, as quais foram utilizadas neste projeto, são divididas em três partes, sendo estas, transformador, retificador e filtro. Estas fontes fornecem energia para alimentação dos motores de passo. As características delas são: Alimentação 220V, tensão de saída 72V, corrente nominal 7A, potência 560W.

A figura 7 mostra a fonte utilizada no projeto.



**Figura 17 - Fonte de tensão PSK3 70 à 80V-7A\560W**

Fonte: <http://www.kalatec.com.br/index.php/produtos/acessorios/fonte-de-alimentacao.html>

Há também uma fonte de alimentação para as entradas do *drive* e alimentação dos sensores indutivos, com as seguintes características técnicas: Alimentação 220V, tensão de saída 12V, corrente nominal 5A, potência 60W.



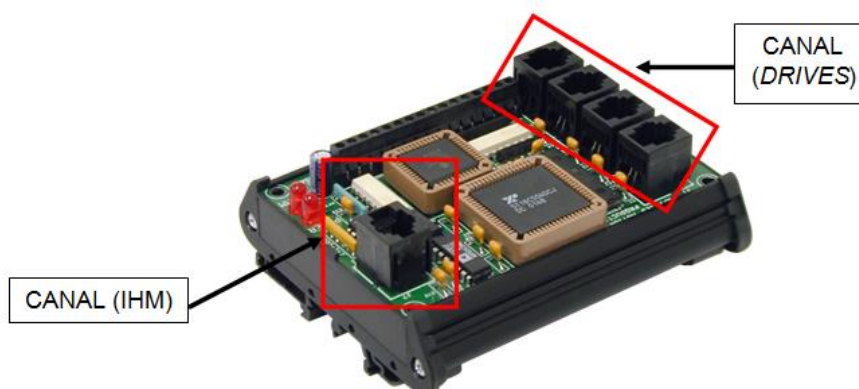
**Figura 18 - Fonte de alimentação FC1205A**

Fonte: <http://fontectv.com.br/index.php?cmd=products/FC1205A>

## 2.7 HUB 444

O *hub* é um equipamento que recebe sinais de estações e transmite para todos os equipamentos que estiverem interligados em suas portas. O *Hub 444* deste projeto possibilita a ligação de até quatro *drives* de controle de motores de passo. Sua alimentação é feita através dos *drives* poupando a necessidade de uma fonte de alimentação separada. Junto à placa do *Hub* há um microcontrolador (PIC 17C44) que permite a programação através do *software* livre (*SINETHUB*) para a movimentação dos motores de passo.

Através do *hub* também poderá ser conectado uma IHM que auxiliará o operador visualizar e parametrizar a máquina conforme a necessidade da produção das peças.



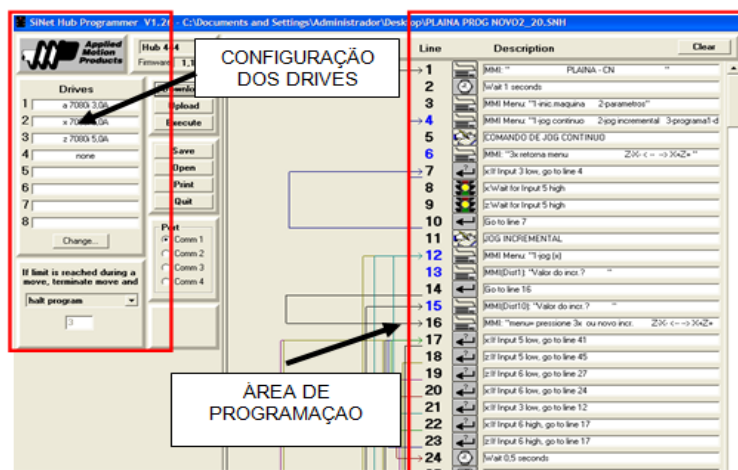
**Figura 19 - Hub 444**

Fonte: <http://www.applied-motion.com/products/accessories/sinet-hub-444-din>

## 2.8 SOFTWARE DE CONTROLE E GERAÇÃO DO PROGRAMA PARA MOVIMENTAÇÃO DOS MOTORES

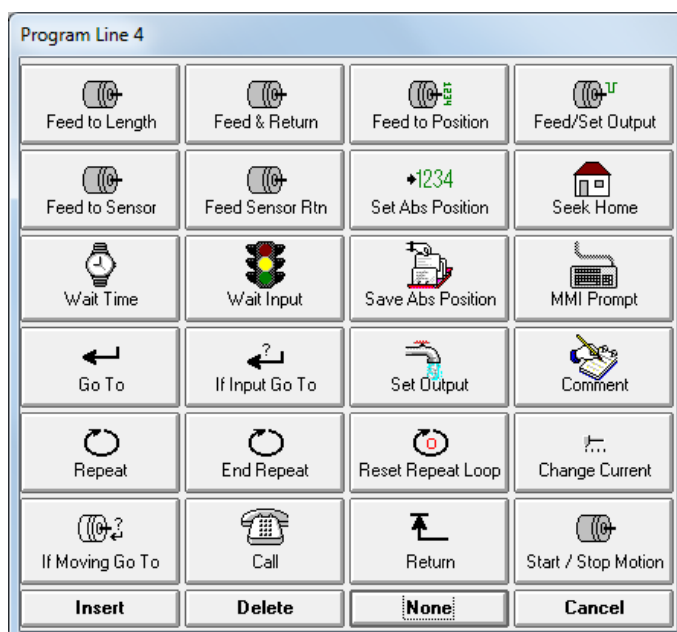
Neste projeto foi utilizado o *software* livre *SINETHUB – APLLIED MOTION PRODUCTS* para a programação das telas e configurações dos *drives* 7080I que controlam a movimentação dos motores de passo. A tela inicial do *software* apresenta duzentas linhas livres para a programação e oito locais para configuração dos *drives*.





**Figura 20 – Tela de programação (Software SINETHUB)**  
**Fonte: Software SINETHUB**

Através deste *software*, todos os comandos da máquina foram programados conforme a necessidade de operação da mesma. Existem vinte e quatro blocos com atribuições diferentes para a programação das funções da máquina como, por exemplo, “movimentação dos eixos”, “criação de tela”, “acionamento de saídas do *drive*”, “temporizador”, “salvar posição”, “contador”, “tomada de decisão”, “go to”, “*looping*”, entre outros.



**Figura 21 – Quadro de funções (Software SINETHUB)**  
**Fonte: Software SINETHUB**

## 2.9 SENSORES

São dispositivos que respondem a estímulos e converte-os em um sinal elétrico compatível com o circuito a ele acoplado.

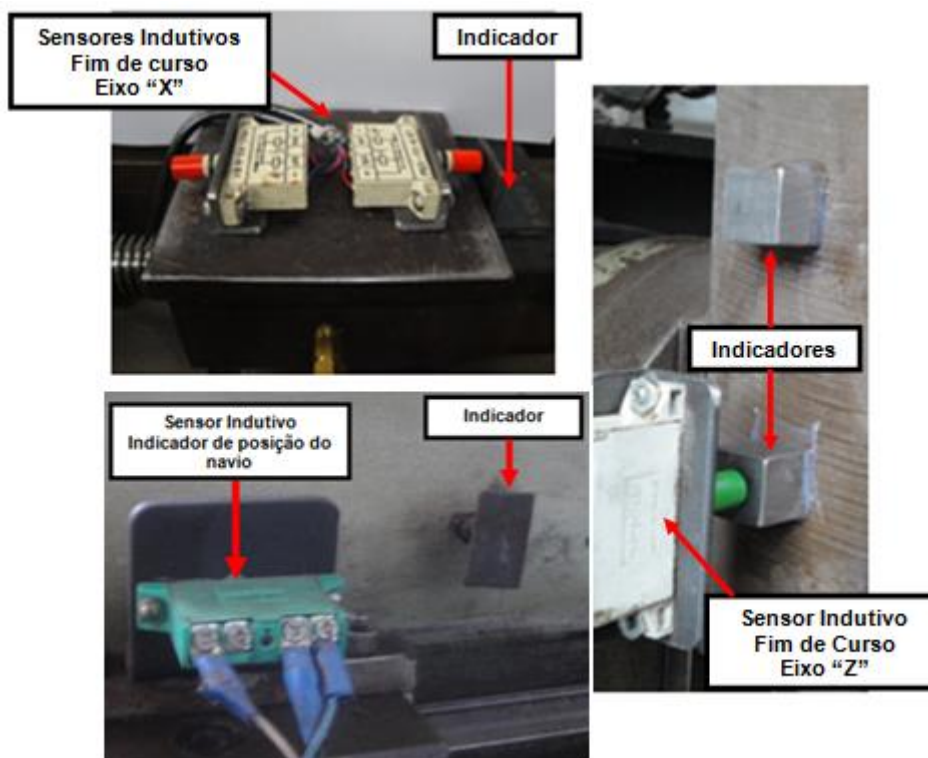
Os sensores podem ser analógicos ou digitais dependendo da grandeza física medida e o sinal elétrico emitido na saída do sensor. “Se esse sinal puder tomar qualquer valor dentro de certos limites ao longo do tempo, esse sensor é chamado analógico e se adquirir só dois valores, ou seja, nível lógico alto ou baixo, ele é chamado de digital.” (PAZOS, 2002, p. 135)

Existem diversos tipos de sensores como, por exemplo, sensores de temperatura, presença, barreira, reflexão, indutivos, capacitivos, posição, força, luz, pressão, entre outros.

Neste projeto serão utilizados quatro sensores indutivos NPN, sendo que um indicará a posição do navio da plaina e os outros três indicarão os fins de curso da mesa e do porta ferramenta.

### 2.9.1 Sensor indutivo – NPN

“O dispositivo consiste numa bobina alimentada por um sinal de rádio frequência” (PAZOS, 2002, p.155). Os sensores indutivos são capazes de detectar a existência de materiais ferromagnéticos sem que haja contato direto com o sensor. O processo ocorre quando este material entra na região de medição do dispositivo sensível mudando a relutância do circuito magnético e assim a corrente que circula na bobina. Um circuito de *trigger* ao detectar essa variação, gera um sinal de saída em estado lógico alto ou baixo que é utilizado como indicador de um processo. O tipo de sensor indutivo utilizado na automação da plaina é um sensor NPN, ou seja, o sinal de saída chaveado pelo transistor é o GND da fonte, diferente dos sensores PNP que o sinal chaveado é o VCC da fonte. (SENSE, 2002).



**Fotografia 3 – Sensores indutivos NPN**  
 Fonte: Autoria própria

## 2.10 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DA PLAINA CN

Para instruir o operador da plaina CN foi feito um manual, que lhe possibilita verificar todas as funções da máquina.

De acordo com o manual, a plaina CN apresenta dois eixos movimentados através de motores de passo e para acioná-los, utilizam-se alavancas com retorno por molas, essas alavancas estão identificadas com plaquetas JOG X e JOG Z. Existe também um botão identificado como entrada 3X para acionamento de algumas funções como de retorno para o *menu* principal e interrupção de um processo de usinagem.

A alavanca do JOG Z movimenta o cabeçote da ferramenta no sentido vertical. Este movimento possibilita a aproximação ou o afastamento da ferramenta, em relação à peça a ser usinada.

A alavanca do JOG X movimenta a mesa no sentido horizontal. Este movimento faz com que a peça seja deslocada, permitindo que a ferramenta trabalhe sobre toda a extensão da peça.



**Fotografia 4 – Painel de controle**  
**Fonte: Autoria própria**

No painel de controle também existe uma IHM, mostrando todas as funções que a plaina CN pode executar.



**Fotografia 5 - IHM**  
**Fonte: Autoria própria**

Para a execução dos recursos da máquina, existem quatro processos que podem ser acessados. Para cada tela, existem números na lateral esquerda, indicando qual dessas telas será utilizada.



Figura 22 – Tela de simulação (IHM)  
Fonte: Autoria própria

## 2.10.1 Função de Cada Tela

### 2.10.1.1 Jog contínuo

Este processo nos proporciona a movimentação dos eixos sem que haja precisão de onde irá parar. Por causa das peças não terem dimensões padrões faz-se necessário que haja a movimentação manual para poder referenciar o ponto inicial do processo de usinagem de cada peça. Esta referência ocorre tanto no eixo que movimenta a mesa, quanto no que movimenta o cabeçote porta ferramenta. Porém, podemos utilizar deste processo para aproximação, mas não para contato com a peça. Porque nesta função não há controle de medida a cada acionamento de Jog.

### 2.10.1.2 Jog incremental

O objetivo desta função é a mesma do Jog contínuo, porém através deste comando podemos escolher o quanto iremos movimentar os eixos a cada acionamento da alavanca de Jog. Sendo assim, quando a ferramenta encontra-se muito próxima da peça, se utilizarmos o processo do Jog contínuo, não é possível ter a precisão de parar o acionamento no momento exato em que a ferramenta tocar a peça. Mas, se utilizarmos o processo de Jog incremental, a cada acionamento da alavanca de Jog é possível determinar à medida que deseja-se movimentar.

### 2.10.1.3 Programa 1 – dentes

Este programa possibilita a confecção dos dentes da cremalheira. Seus parâmetros de configurações são os seguintes:

- Passo do dente

Distância padrão de um dente ao outro.

- Profundidade por passada

Quantidade de material retirado por golpes da ferramenta contra a peça a ser usinada.

- Número de passes Eixo (z) – 1ª etapa

Número de vezes que será repetido o parâmetro anterior, ou seja, quantos golpes a ferramenta irar executar contra a peça a ser usinada.

- Número de passes Eixo (z) – 2ª etapa

Este processo é idêntico ao parâmetro anterior, porém na primeira etapa conta-se duas vezes a quantidade de material a ser retirado e na segunda etapa conta-se somente uma vez.

- Número de dentes

Quantidade de dentes que serão usinados para que a cremalheira seja confeccionada.

- Distância de segurança

Afastamento de segurança da ferramenta para não ocorrer colisão dela com a peça, no momento do deslocamento de um dente para o outro.

#### 2.10.1.4 Programa facear

Este programa é utilizado para esquadrear peças, ou seja, usinar peças que estão com formato irregular deixando-as com as superfícies retas.

Este programa apresenta dois parâmetros de configuração, conforme descritos abaixo.

- Comprimento do passo

Quantidade de material que será retirado a cada golpe da ferramenta contra a peça.

- Número de passadas

Quantidade de vezes que será executado o parâmetro anterior.

## 2.11 RESULTADOS DA AUTOMAÇÃO DA PLAINA CN

A principal peça a qual a plaina CN foi projetada a fabricar são as cremalheiras. Para melhor aproveitamento do espaço da máquina, as cremalheiras são feitas em lotes de três peças.



**Figura 23 - Cremalheira**  
Fonte: <http://mportoes.com.br/manutencao>

Através de um levantamento com o setor de custo da empresa é possível mostrar os resultados alcançados pela automação da plaina limadora.

As informações fornecidas pelo setor de custo da empresa mostram o valor da hora-máquina e o tempo de execução dos processos de usinagem para a fabricação das cremalheiras.

Antigamente, para produzir estas peças era necessário passar por duas máquinas, sendo uma delas, plaina de mesa para o processo de faceamento e outra uma fresadora para o processo de confecção dos dentes. Atualmente com a automação, a plaina CN faz ambos os processos.

Tais levantamentos de dados possibilitaram a montagem das tabelas abaixo.

<b>LEVANTAMENTO DO CUSTO DA PRODUÇÃO DOS DENTES DA CREMALHEIRA (Máquinas convencionais)</b>						
<b>MÁQUINA</b>	<b>PROCESSO DE USINAGEM</b>	<b>HORA MÁQUINA</b>	<b>TEMPO DE PRODUÇÃO (HORA)</b>	<b>QUANTIDADE DE PEÇA</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>TOTAL</b>
PLAINA DE MESA	FACEAMENTO	R\$ 84,00	1	3	R\$ 84,00	R\$ 252,00
MANDRILHADODRA	USINAGEM (DENTES)	R\$ 110,00	18	3	R\$ 1980,00	R\$ 5940,00
<b>TOTAL DE CUSTO DO PROCESSO CONVENCIONAL</b>					R\$ 2064,00	R\$ 6192,00

**Tabela 1 – Dados de custo (Máquinas Convencionais)**  
Fonte: Autoria própria



<b>LEVANTAMENTO DO CUSTO DA PRODUÇÃO DOS DENTES DA CREMALHEIRA (Máquina Automatizada)</b>						
<b>MÁQUINA</b>	<b>PROCESSO DE USINAGEM</b>	<b>HORA MÁQUINA</b>	<b>TEMPO DE PRODUÇÃO (HORA)</b>	<b>QUANTIDADE DE PEÇA</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>TOTAL</b>
PLAINA CN	FACEAMENTO	R\$ 84,00	2	3	R\$ 168,00	R\$ 504,00
PLAINA CN	USINAGEM (DENTES)	R\$ 110,00	11	3	R\$ 924,00	R\$ 2772,00
<b>TOTAL DE CUSTO DO PROCESSO AUTOMATIZADO</b>					<b>R\$ 1092,00</b>	<b>R\$ 3276,00</b>

**Tabela 2 - Dados de custo (Máquina Automatizada)**  
**Fonte: Autoria própria**

Conforme os resultados indicados na tabela acima, o percentual da redução de custo caracteriza-se em cinquenta e três por cento.

## 2.12 PESQUISA DE CAMPO

Foi feita uma pesquisa para verificar como se deu o desempenho da plaina CN nos momentos de teste em relação às máquinas convencionais. Esta pesquisa foi feita com os operadores das máquinas plaina e fresa, que são as máquinas onde podem ser feitos os dentes da cremalheira.

Plaina CN x Máquinas convencionais.			
	MELHOR	IGUAL	INFERIOR
PRODUTIVIDADE	X		
QUALIDADE DAS PEÇAS	X		
VELOCIDADE DE CONFECÇÃO	X		
CONFIABILIDADE	X		
FLEXIBILIDADE			X
MENOR ESFORÇO FÍSICO	X		
MENOR CUSTO DE FERRAMENTAS	X		
SEGURANÇA	X		

**Tabela 3 – Desempenho da Plaina CN x Máquinas Convencionais**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3 CONCLUSÃO

Com a automação feita na plaina limadora convencional foram constatados tanto pontos positivos quanto negativos.

Um dos pontos negativos diz respeito à velocidade de deslocamento da mesa e do porta ferramenta, pois mesmo havendo uma melhoria em relação a plaina convencional, ainda existem equipamentos com maior velocidade e potência que poderiam aumentar este deslocamento. No entanto, a empresa não disponibilizou tais dispositivos, visando implantá-los futuramente.

Outro ponto negativo corresponde à falta de controle da quantidade de material retirado a cada golpe da ferramenta contra a peça a ser usinada, pois antes da plaina ser automatizada o operador conseguia controlar este avanço conforme o corte da ferramenta permitia que avançasse sem que houvesse vibrações. Atualmente existem somente duas possibilidades de avanço para retirada de material. Por este motivo, para sanar este problema, necessita-se que o ferramenteiro ajuste a ferramenta de maneira correta para que não ocorram tais vibrações indesejáveis durante o processo, mesmo que haja diferença na dureza do material usinado.

No que diz respeito aos pontos positivos, pode-se dizer que, com a Plaina CN houve uma redução do tempo de confecção das peças, aumentando, conseqüentemente, a produtividade e portanto o estoque de peças. Até mesmo, o custo de confecção e venda da peça diminuiu em decorrência dessa redução de tempo.

Além disso, assim que os operadores finalizam o processo de referência da plaina, passando a iniciar o processo de usinagem, eles têm a possibilidade de executar tarefas em outras máquinas, deixando a plaina CN trabalhar sozinha.

Também houve uma disponibilidade das demais máquinas, que antes eram utilizadas para esquadrear e usinar os dentes das cremalheiras, pois hoje elas podem ser usadas na confecção de outras peças, já que a plaina CN realiza ambos os processos.

Outro elemento positivo diz respeito às pesquisas feitas com os operadores. Elas mostram que todos os entrevistados consideraram os resultados satisfatórios com relação à diminuição do esforço físico.

Quanto à mão de obra, pode-se dizer que antes da automação da plaina não era possível designar qualquer funcionário para operá-la, visto que era necessário saber reconhecer a graduação dos anéis acoplados aos eixos, que tinha como função referenciar a posição durante a movimentação. A cada repetição do processo aumentava a possibilidade de erros por parte do operador, devido à limitação humana.

Já com a automação da plaina, não é preciso ter a prática de reconhecimento desses anéis. Deve-se digitar, somente uma vez, a medida necessária para que os eixos se movimentem, diminuindo assim a possibilidade de erro no momento de repetição do processo que é feito através do próprio programa.

Também, foram feitos testes em cremalheiras de diferentes dimensões, constatando uma melhoria na qualidade e na precisão do produto final.

Diante disso, pode-se concluir que o projeto da plaina foi realizado com êxito e que houve relevância em automatizar a máquina, pois mesmo havendo fatores negativos, estes são extraordinariamente superados pelos aspectos positivos alcançados.

## REFERÊNCIAS

- BRAZ, J. Motores de passo. 2013. Disponível em: <[http://eletrofisica1.blogspot.com.br/2013/05/motor-de-passo\\_19.html](http://eletrofisica1.blogspot.com.br/2013/05/motor-de-passo_19.html)>. Acessado em 19 mai. 2014.
- CONDIT, R., **Stepper Motor Fundamentals**, Application Note AN907, Microchip Technology Inc., 2004.
- DUQUE, P. G. F. R. **Desenvolvimento e construção de um sistema de posicionamento X/Z, com motores passo a passo**. Lisboa, 2010. Disponível em: <[http://run.unl.pt/bitstream/10362/4872/1/Duque\\_2010.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/4872/1/Duque_2010.pdf)>. Acessado em: 20 jan. 2014.
- FILIPE, L. Indutância. 2011. Disponível em: <[http://www.artigosnoticias.com/artigos/fisica/65/o\\_que\\_e\\_a\\_indutanciar.html](http://www.artigosnoticias.com/artigos/fisica/65/o_que_e_a_indutanciar.html)>. Acessado em: 05 jun. 2014.
- FITZGERALD, A. E.; JÚNIOR, C. K.; KUSKO, A. **Máquinas elétricas: conversão eletromecânica da energia, processos, dispositivos e sistemas**. Pernambuco: McGraw-Hill, 1975.
- GRANT, M., **Quick Start for Beginners to Drive a Stepper Motor**, Application Note AN 2974, Freescale semiconductor, 2005.
- GONGORA, V. de L. (org.); FARIA, D. R. (org.); LEITE, A. G. **Inovação e tecnologia**. Londrina: SENAI, 2014. Disponível em: <[http://www.sistemafiep.org.br/bibliotecadigital/uploadAddress/SENLo\\_Inovacao\\_e\\_tecnologia%5B56580%5D.pdf#page=9](http://www.sistemafiep.org.br/bibliotecadigital/uploadAddress/SENLo_Inovacao_e_tecnologia%5B56580%5D.pdf#page=9)>. Acessado em: 20 nov. 2014.
- QUEIROZ, R. A. de A. **Motores de passo**. Salvador, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgel.ufsj.edu.br/uaisoccer/downloads/1272062510.pdf>>. Acessado em: 23 jul. 2014.
- MACHADO, A. **Comando numérico aplicado às máquinas-ferramentas**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- MARCELINO, M. A. **Motor de passo**. Guaratinguetá, 2009.
- PALMA, G. R. da. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Érica, 1994.

PAZOS, F. **Automação de sistemas & robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.

SENAI. **Mecânica Processos de Fabricação**. 1999. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAO-IAF/aposila-senai-processos-fabricacao>>. Acessado em:

SILVA, L. A. da. **Montagem da fresa CNC**. Medianeira, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/538/1/MD\\_COMIN\\_2011\\_2\\_05.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/538/1/MD_COMIN_2011_2_05.pdf)>. Acessado em: 15 nov. 2013.

SOUZA, P. J. A. de S. **Motor de passo**. Minas Gerais, 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAFWcAK/motor-passo>>. Acessado em: 05 Jun. 2014.

TEIXEIRA, E. N. **A0A0 Um protótipo de robô autônomo**. Uberlândia, 2001. Disponível em: <<http://www.computacao.unitri.edu.br/downloads/monografia/94181129387605.pdf>>. Acessado em: 17 mar. 2014.

YEDAMALE, P., CHATTOPADHYAY, S., **Stepper Motor Microstepping With PIC18C452**, Application note AN822, Microchip Technology Inc., 2002. Disponível em: <<http://www.ppgel.ufsj.edu.br/uaisoccer/downloads/1272062510.pdf>>. Acessado em: 04 set. 2014.

**APÊNDICE A – Dados técnicos do motor (KML093F07)**

MODELO	LIGAÇÃO DO MOTOR 1= SÉRIE 2=PARALELO 3=UNIPOLAR	COMPIMENTO "L" (mm)	MÍNIMO TORQUE ESTÁTICO (N.m)	FIOS	STEP (ÂNGULO)	VOLTS	AMPS	OHMS	mH	ROTOR INÉRCIA (g.cm <sup>2</sup> )	MOTOR PESO (Kg)
KML093F07	1	126	9,0	8	1,8	5,3	3,4	1,94	22	4000	3,9
	2		2,7			6,8	0,49	5,5			
	3		6,4			3,8	4,8	0,97	5,5		

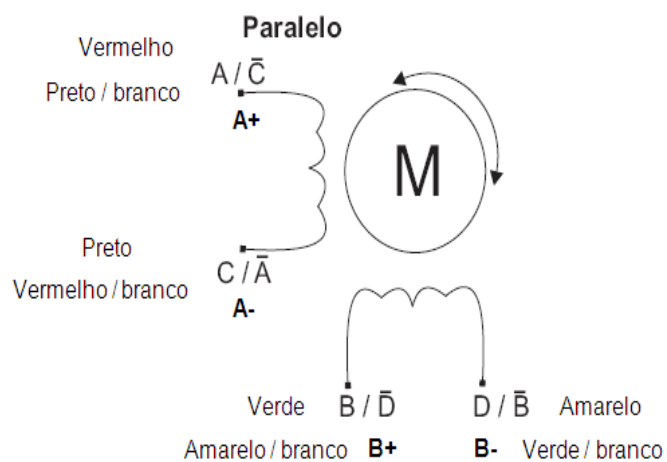
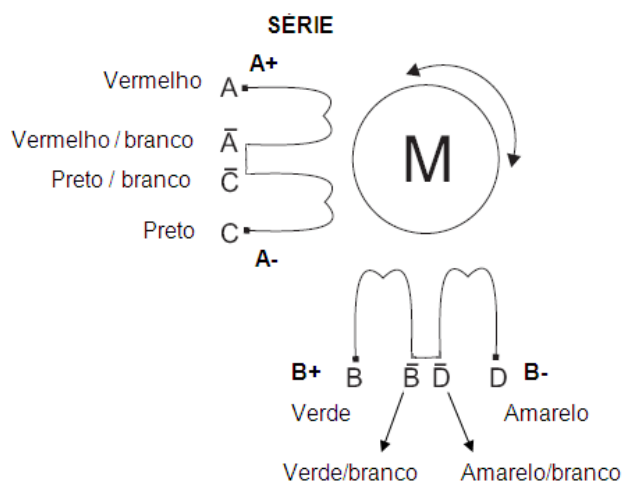


**APÊNDICE B – Dados técnicos do motor (AK85H/6-1.8)**

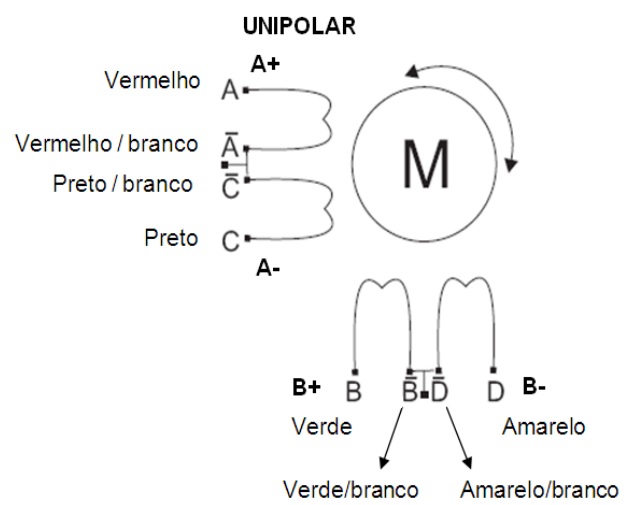
<b>ITEM</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>
Ângulo do passo	1.8°
Número de passos	200
Números de fases	2
Tensão nominal	8 Vdc
Corrente	3.0A/Fase
Resistência	2,67 Ohms/Fase
Indutância	13,8 mH/Fase
Classe de isolamento	B
Holdig torque	100 Kgf.cm
Temperatura máxima de operação	80°C
Inércia do rotor	2,5 Kg.cm <sup>2</sup>
Número de fios	8
Peso	5 Kg

**APÊNDICE C – Esquema de ligação bipolar série e paralelo (KML093F07)**

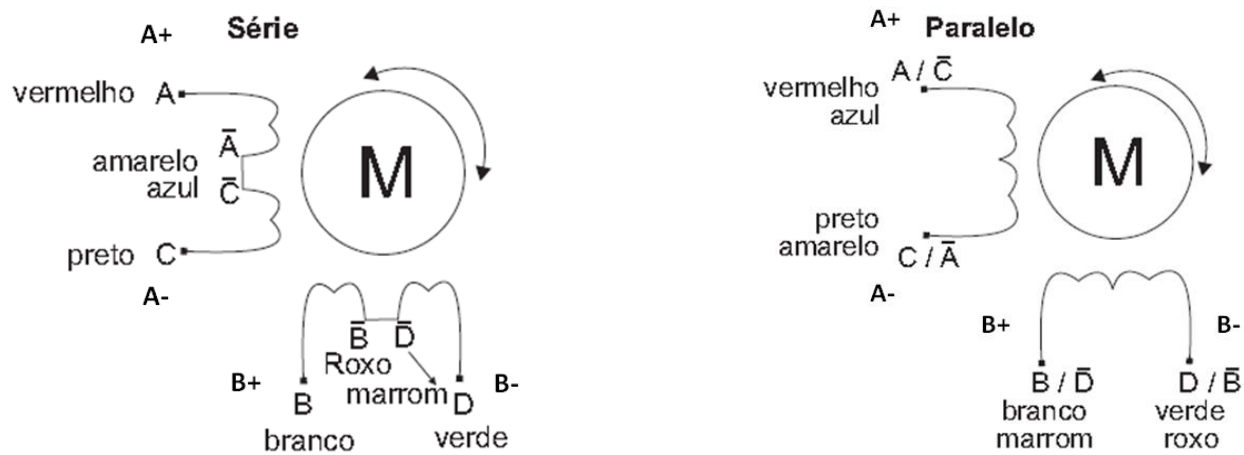
## MOTOR DE PASSO (KML093F07)



**APÊNDICE D – ESQUEMA DE LIGAÇÃO UNIPOLAR (KML093F07)**



## **APÊNDICE E – MOTOR DE PASSO (AK85H/6-1.8)**



Esquema de ligação bipolar série e paralelo (AK85H/6-1.8)



**APÊNDICE F – Ligação unipolar do motor (AK85H/6-1.8)**

