



FABRICAÇÃO MECÂNICA, MONTAGEM E AJUSTE DO PROTÓTIPO DIDÁTICO DE UMA MÁQUINA DE CORTE PLASMA CNC.

Henrique Stanger¹

Anderson Daleffe²

Eduardo Possamai Tinelli³

Magali da Rosa⁴

Resumo: Este artigo trata-se da automação de uma máquina de corte plasma manual utilizada na indústria metalúrgica; através desta melhoria o protótipo conseguirá por meio da programação CNC, juntamente com o *software Mach 3*, cortar chapas em dimensões e medidas desejadas de diversos tipos, tamanhos e formas geométricas. A partir das exigências do mercado e da competitividade por preços, reduzir o tempo por peça no processo de corte se tornou necessário, tendo em vista também melhor acabamento e produção em série. Para a execução do projeto foi necessário a utilização de elementos mecânicos de alta precisão destinados a transmissão de movimento, tais como: motor de passo, polia e correia sincronizada, fuso de esferas com castanha, patins e guias lineares. O protótipo possui três eixos simultâneos, dando condições de deslocamento com avanço programado. Determinou-se uma espessura limite de chapa a ser cortada de “6,35 mm”, excedendo essa espessura, foi observada variação no corte e imprecisão no acabamento. Este protótipo foi desenvolvido no laboratório prototipagem 3D, situado na Instituição Satc. A fabricação deste auxiliará as aulas práticas realizadas neste laboratório, viabilizando aos alunos da instituição o contato direto com a máquina e a instrução correta de como poder operar este tipo de equipamento. De forma geral essa melhoria se mostrou eficaz, contribuindo positivamente para o processo de corte plasma manual, tornando-o mais preciso, possibilitando uma redução no custo de fabricação.

Palavras-chave: Automação, Corte plasma e CNC.

1. INTRODUÇÃO

O processo de corte plasma foi desenvolvido a partir dos anos 50 para cortar metais condutores. Hoje é o processo com maior crescimento na indústria, como excelente ferramenta para o corte de metais, em virtude da velocidade, precisão

¹ Graduando em Tecnologia e Manutenção Industrial, UNISATC. E-mail: henrique_stanger10@hotmail.com

² Professor UNISATC. E-mail: andersondaleffe@satc.edu.br

³ Professor UNISATC. E-mail: eduardoptinelli@hotmail.com

⁴ Professora UNISATC. E-mail: magali35.rosa@gmail.com



do corte e a sua grande produção de peças em série. Este processo utiliza um bico (tocha) com um orifício para restringir o ar comprimido em alta temperatura, até que possa ser utilizado para cortar secções de metais. O arco plasma derrete o metal, e a alta velocidade do ar comprimido remove o material derretido [1].

O corte plasma possui movimento de rotação que permitem movimentação em três eixos lineares, denominando estes de coordenadas X, Y e Z, dependendo de quais, ou quantos, eixos a máquina obtém. Todas estas ações são comandadas por códigos de usinagem, escritos em código G (linguagem de programação textual), criado pela norma ISO-1056 de 1975, que são interpretados pelo CNC (comando numérico computadorizado) por meio da programação onde atuam nos elementos de movimentação [2].

A implantação de uma máquina de corte plasma CNC é de alto custo, a partir das exigências do mercado e da competitividade por preços, reduzir o tempo por peça no processo de corte se tornou necessário, para tanto: melhor acabamento, produção em série e a redução do custo de implantação [1,2,3].

A cada ano a procura por máquinas de corte plasma CNC tem se tornado maior devido aos seus inúmeros benefícios, tais como: menor tempo de fabricação de peças tanto em série como por unidade, sua facilidade de operação, baixo custo de implantação comparado a outras máquinas de corte CNC, precisão elevada, bom acabamento e a sua alta produtividade [3].

O objetivo dessa pesquisa foi dimensionar um protótipo didático de uma máquina corte plasma CNC que produza peças seriadas, podendo dar suporte aos acadêmicos que visam obter informações no que se refere a corte plasma CNC. Com base em informações disponíveis em bibliografias específicas sobre componentes de transmissão, foram pesquisados elementos comerciais que atendessem as especificações do dimensionamento, outras informações também foram obtidas com os fabricantes dos elementos ativos no projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção será apresentada a fundamentação teórica para uma melhor compreensão do assunto. Onde esta trará uma explicação técnica e teórica dos principais componentes presentes na fabricação do corte plasma CNC.

2.1 PLASMA

O plasma ocorre quando uma quantidade substancial de calor é adicionada ao gás. A ionização dos gases gera a criação de elétrons livres e de íons positivos junto com os átomos de gás. Quando isso ocorre, o gás torna-se eletricamente condutor, com a característica de transportar corrente, tornando-se assim o plasma. A Fig. 1 traz a representação das etapas que levam para ocorrer o plasma [1].

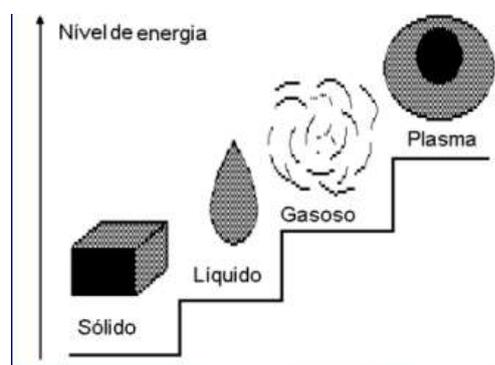


Figura 1: Etapas para a formação do plasma [1].

Em 1950, um processo chamado TIG (gás inerte de tungstênio de soldagem) estava sendo implantado como um método de alta qualidade para soldar metais nobres. Durante o desenvolvimento descobriram que se reduzissem o diâmetro do bocal por onde saía a tocha de gás para soldagem, o arco era comprimido, aumentando a velocidade e a temperatura do gás. O gás ionizado, ao sair pelo bocal, em vez de soldar, cortava metais [4]. A Fig. 2 representa o funcionamento do bico ou tocha.

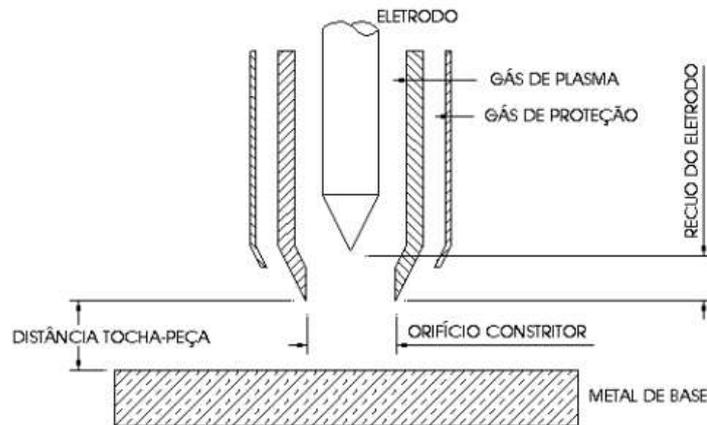


Figura2: Representa um bico ou tocha [4].

O ar comprimido substitui gases industriais de alto custo, como hidrogênio e hélio, proporcionando um corte mais econômico. O oxigênio presente no ar fornece uma energia adicional que aumenta a velocidade de corte em 25% [1,4].

2.2CORTE PLASMA CNC (COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO)

O corte a plasma manual surgiu na década de 1950, e com o passar do tempo novas tecnologias se incorporaram com a finalidade de melhorar o resultado final. Uma destas tecnologias é o corte plasma CNC que é um tipo de corte comandado pela programação CNC, desta forma o processo se tornou mais eficaz, produzindo melhores peças [5].

Comando Numérico Computadorizado é aquele em que as funções e os movimentos de uma máquina ou ferramenta são controlados sem intervenção do operador, realizando as operações contidas em um programa com dados alfanuméricos codificados [6].

O CNC pode controlar os movimentos da ferramenta ou peça de trabalho, os parâmetros de entrada, por exemplo, a velocidade de avanço, a profundidade de corte, e outras funções, tais como, o giro do *spindle* (eixo árvore, onde é fixada a ferramenta de corte) e fluido refrigerante [7]. A Fig. 3 ilustra uma máquina de corte plasma CNC.



Figura 3: Corte plasma CNC [8].

2.3 BICO OU TOCHA

O gás de corte flui pelo centro que contém o eletrodo negativo, um toque da tocha no metal produz um arco elétrico que ioniza o gás, formando o plasma. Desde que ele é condutor a corrente elétrica e o fluxo do gás mantêm o processo. Um gás protetor é injetado em torno da área de corte para prevenir oxidação e proporcionar certa regulagem da largura do corte. A alta temperatura do plasma funde o metal, produzindo o corte [4]. A Fig. 4 traz a representação interna do funcionamento de uma tocha plasma.

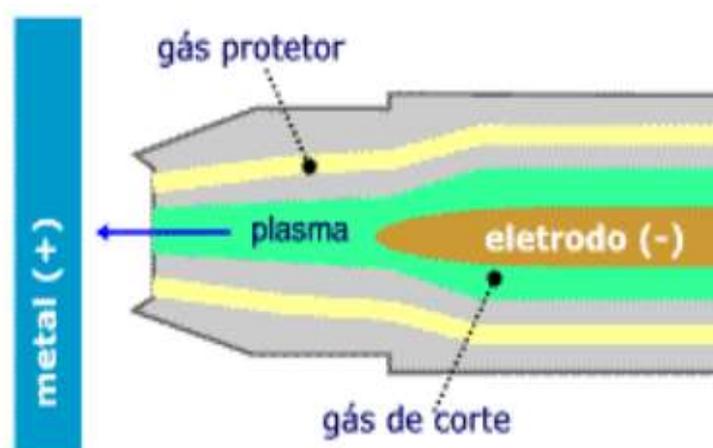


Figura.4 Funcionamento interno de uma tocha plasma[4].

2.4 SOFTWARE MACH3

MACH 3 é um *software* projetado para controlar máquinas como fresadoras, tornos, cortadores de plasma e *routers*, através de comandos



computadorizados. Esse *software* possui dois ou três eixos de movimento que geralmente estão em ângulo reto entre si (X, Y e Z) [8].

O *software Mach3* possui algumas características [9]:

- Eixos Lineares X, Y e Z.
- Passos por Unidade (*Steps p/ Unit*): 156.6 *steps/mm*.
- Velocidade Máxima (Milímetros p/ Minuto): 300 mm/min.
- Aceleração (Milímetros p/ Segundo): 2000 mm/sec.

O *MACH3* aciona motores de passo ou servomotores através de *drives* que utilizam o padrão de comando *step* e *dir* (passo e direção), este *software* também executa o código G, sendo este utilizado em máquinas CNC, possibilitando configurações de velocidade, sentido e posição para a mesma [10].

2.5 FUSO DE ESFERAS COM CASTANHA

Um fuso é essencialmente uma barra cilíndrica roscada. O princípio de funcionamento de um parafuso sendo roscado numa porca permite uma simples analogia do funcionamento dos eixos de uma máquina CNC. De fato, quando um parafuso é roscado surge uma conversão de movimentos. O movimento rotacional do parafuso gera um movimento de translação linear na porca [11].

A aplicação mais comum ocorre por meio de um fuso mancalizado nas extremidades, onde este por sua vez recebe movimento de giro de um motor, e por contato direto com esferas de aço que se alojam entre a castanha e o fuso proporciona o deslocamento de uma castanha ou porca, onde se encontra fixa a carga a ser movimentada, ou seja, o suporte com a tocha. As esferas metálicas são guiadas e realimentadas por canais de recirculação na castanha ou porca, dando linearidade e suavidade ao movimento [12]. A Fig. 5 representa o funcionamento de um fuso de esferas com castanha.

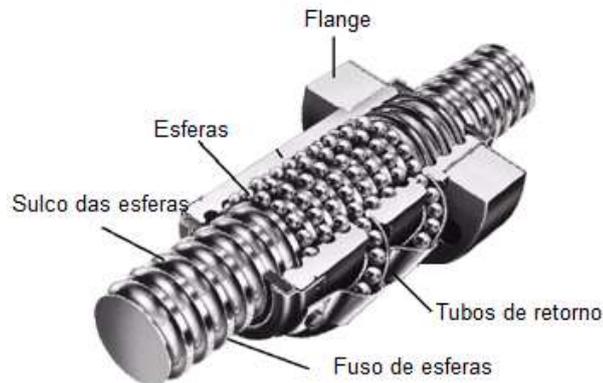


Figura 5: Funcionamento de um fuso de esfera com castanha[12].

2.6 GUIAS LINEARES COM PATINS

As guias lineares com patins são produtos de desenvolvimento tecnológico, criadas para oferecer alta velocidade de deslocamento, movimentação suave, baixo atrito, capacidade de carga elevada e alta rigidez. Devido a sua facilidade de implementação e custo benefício excelente, abre-se um leque de variadas aplicações na linha de seguimentos metais mecânicos, tais como: corte plasma CNC, laser, robôs cartesianos, entre outros [13].

Esta guia é composta basicamente de três fatores. O primeiro é composto de um corpo central em aço temperado, no qual proporciona ao equipamento maior dureza e resistência, com a função de suportar a carga. Já a esfera normalmente é montada em um canal de rolamento em V da guia e costuma ter um monobloco acoplado em poliamida com o intuito de direcionar as esferas, facilitando as suas operações de trabalho [14]. A Fig. 6 traz a representação de uma guia linear em conjunto com o patin.

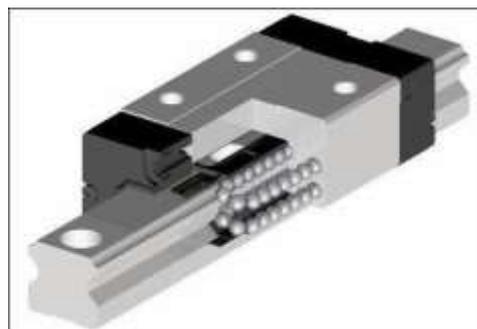


Figura 6: Guia linear em conjunto com o patin[13].

2.7 MOTOR DE PASSO

Motor de passo é um motor elétrico que se desloca a um ângulo de $1,8^\circ$ a cada pulso recebido do *driver* de controle. O número de passos gerados pelo motor é exatamente igual ao número de pulsos recebidos, e a sua velocidade é igual à frequência de entrada de pulsos [15]. A Fig. 7 apresenta um diagrama esquemático onde esse representa o funcionamento do motor de passo.

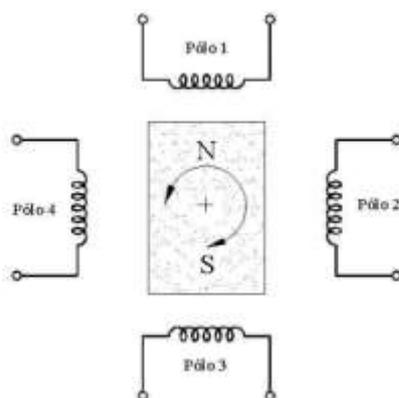


Figura 7: Funcionamento do motor de passo [16].

O motor de passo possui um campo magnético permanente que se soma ao campo magnético das bobinas, dando maior potência ou torque na partida. Porém por possuir um passo maior acaba obtendo uma menor precisão. Seu rotor possui dois conjuntos de polos separados em duas seções ao longo do comprimento [16].

2.8 TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO POR POLIA E CORREIA SINCRONIZADA

Essa transmissão de movimento se dá pela união da polia e correia, ambas dentadas, o tamanho e a forma dos dentes devem coincidir tanto para as engrenagens quanto para a correia, permitindo assim a transmissão de força sem deslizamento, garantindo precisão da posição desejada e o torque necessário para movimentação de eixos lineares e de revolução [16].

Este tipo de transmissão serve para transmitir a força e movimento de uma polia a outra. Sua aplicação é distinta sendo encontrada em diversos equipamentos e máquinas. Outros pontos positivos são: maleabilidade, rendimento e durabilidade. Uma característica das correias é a alta capacidade de resistência a carga aplicada

sobre elas. Trabalha com excelente rendimento em altas rotações. A Fig. 8 simboliza uma correia dentada juntamente com a polia sincronizada [17].



Figura 8: Simboliza uma correia e polia sincronizada[16].

2.9 DRIVER

É responsável pela interface para gerenciar um dispositivo de entrada/saída ou outros periféricos como manipulador de dispositivo. O *driver* é um amplificador eletrônico de potência que fornece a grandeza elétrica para a operação do motor em resposta a sinais de controle de baixa tensão, simplificando a tarefa da aplicação atuando como um tradutor entre o dispositivo e as aplicações [18].

2.10 SENSORES

Sensor é o termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica ou cinética. Existem diversos tipos de sensores, um desses é o sensor de proximidade indutiva. Os sensores indutivos são emissores de sinal que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico inteligível [19].

2.11 PLACA CONTROLADORA DE SINAIS

A placa controladora CNC com interface para *MACH3*, conforme Fig. 9 isola e amplifica os sinais vindos da porta paralela do computador, reconhece o sinal de presença do *software* CNC através de uma saída a relé que vai para o circuito lógico de intertravamento, além disso, conta com saídas de 24 V para alimentar os sensores

e ventilação [20]. A Fig. 9 apresenta uma representação de uma placa de condicionamento de sinais 4AXRL.

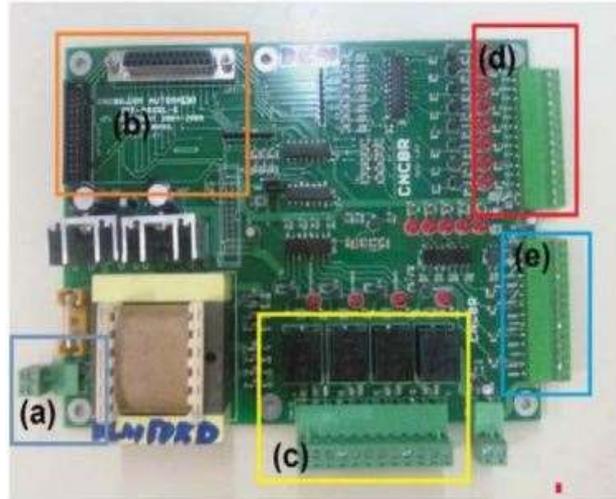


Figura 9: Placa de condicionamento de sinais 4AXRL, destacando, (a) alimentação da rede, (b) comunicação com o PC, (c) sinais a relé, (d) saídas a comando e (e) entrada de sinais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados todos os tipos de materiais e métodos necessários para a fabricação e montagem de um protótipo didático de uma máquina de corte plasma CNC.

3.1 MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO

Pela questão do espaço onde a máquina seria inserida ser limitado, foi estipulada a medida fundamental para um bom desempenho deste protótipo, haja vista que alunos da instituição Satc terão acesso a máquina para agregarem conhecimento tanto na parte de operação do equipamento quanto para terem idéias de como criar outros protótipos.

Partindo desta premissa foi definido que as dimensões nominais de área livre para corte do protótipo são de 600 mm de curso relacionado ao eixo X e 600 mm de curso para o eixo Y. Estas dimensões precisam levar em consideração as medidas dos componentes fornecidos comercialmente, pois estes já obtêm medidas padrões, são exemplos destes equipamentos os motores de passo, rolamentos, polias, correias



sincronizadas, fuso de esferas e a matéria-prima que foram empregadas na montagem do projeto.

Após estabelecer as dimensões foi feito o levantamento dos tipos, tamanhos de materiais e componentes necessários para a sua construção.

Para dar sequência ao desenvolvimento em questão, foram pesquisados fornecedores dos ativos mecânicos utilizados na montagem do protótipo, ou seja, elementos comprados comercialmente com dimensões conhecidas, que não precisam passar por nenhum processo de conformação ou usinagem.

Os ativos eletrônicos são componentes fundamentais na hora da fabricação do projeto abordado, eles são responsáveis por toda a composição elétrica e eletrônica do protótipo, através destes componentes se consegue ter a precisão desejada, tendo condição do ajuste fino de medidas proporcionado pelo *software*.

3.2 FABRICAÇÃO MECÂNICA E MONTAGEM

Para a construção do protótipo de corte plasma CNC, foi preciso desenvolver o desenho técnico respeitando as normas das partes usinadas como mostra a Fig. 10, para um melhor entendimento na hora da produção das peças, ou seja, vistas e cotas necessárias para transformar o material bruto em peça de montagem com precisão de encaixe entre as mesmas.

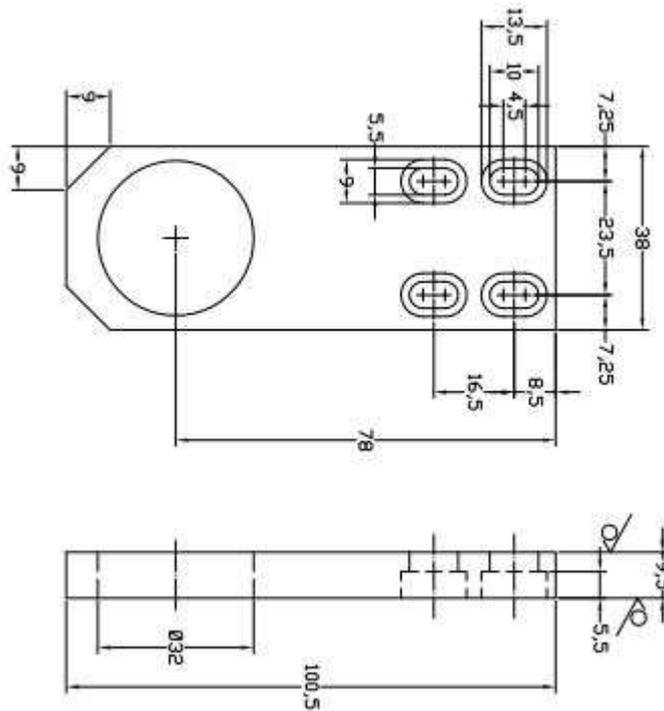


Figura 10: Desenho técnico
Fonte: Do autor (2018)

Fez-se necessário o uso de alguns tipos de processos de fabricação sendo eles: corte de serra, centro de usinagem CNC, fresamento convencional, furação radial, rosqueamento, torneamento convencional e soldagem.

O primeiro passo para a construção do protótipo foi deixar a matéria-prima da base de sustentação, suportes das guias lineares, motores, sensores e mancais nos comprimentos requeridos.

Posteriormente foram feitos os furos e o rosqueamento na face superior da base de sustentação de acordo com a furação do alojamento dos parafusos de fixação já existentes nas guias lineares, para isso foi utilizado a furadeira radial do laboratório de fabricação mecânica da Instituição SATC.

Depois de furada, roscada e soldada a base de sustentação transversal, foram montadas as duas guias lineares que permitem o deslocamento do eixo X com o mínimo de atrito, item (a) da Fig.11.

Já para a sustentação do eixo Y, foi aproveitado os furos roscados dos patins em conjunto com as guias lineares do eixo X, esta junção foi feita através de parafusos em dois suportes de aço, item (b) da Fig.11 soldados através do processo MIG (Metal Inerte Gás) e MAG (Metal Active Gás) um em cada extremidade do tubo *metallon* item (c) da Fig.11.

Uma nova guia linear com patin item (d) da Fig.11 foi parafusada sobre este tubo item (c) da Fig.11, possibilitando assim o deslocamento linear referente ao eixo Y.

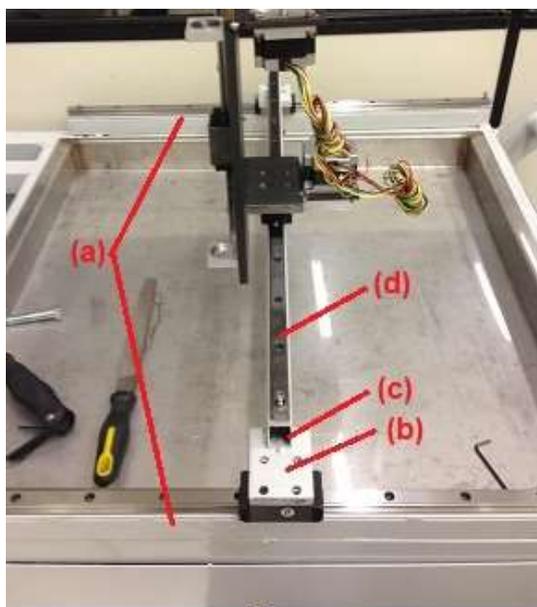


Figura 11: Bases para fixação das guias lineares.
Fonte: Do autor (2018)

Já para a construção do mecanismo de movimentação do eixo Z, foi utilizada uma nova chapa de aço, com as furações necessárias feitas, item (a) da Fig. 12, posteriormente foi atribuído novamente através do processo de soldagem MIG/MAG o suporte para a fixação do motor de passo, item (b) da Fig. 12 referente ao eixo Y.

Esta chapa é a responsável por toda a sustentação do mecanismo supracitado, ainda nesta, foi fixada uma nova peça em aço, item (c) da Fig. 12 que deu suporte ao fuso de esferas, posteriormente na mesma peça foi soldado o suporte para o motor de passo, item (d) da Fig. 12.

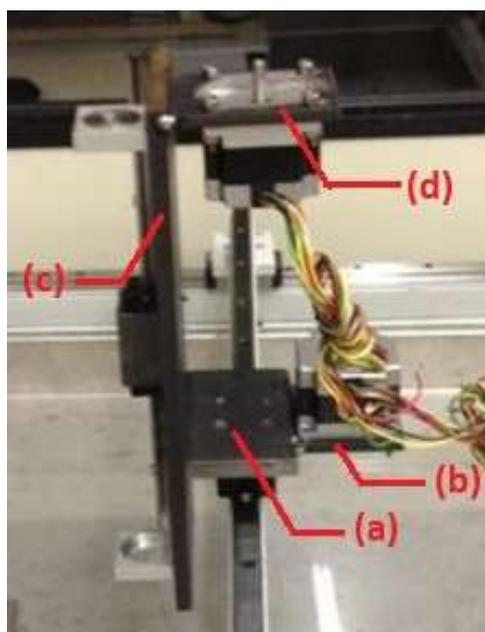


Figura 12: Suportes de motores de passo e mecanismo do eixo Z.
Fonte: Do autor (2018)

Para a montagem dos suportes necessários na movimentação do eixo Z, foi preciso usinar as extremidades do fuso de esferas para criar o alojamento dos rolamentos acoplados aos mancais, item (a) da Fig. 13, depois disso a guia linear correspondente ao eixo Z foi fixada ao suporte, item (b) da Fig. 13. Uma nova peça em alumínio foi fabricada para fixar a castanha do fuso de esferas juntamente com o patin da guia linear, dando suavidade e precisão ao movimento, item (c) da Fig. 13. A transmissão de movimento rotacional do motor de passo para o fuso de esferas, foi feita por meio de uma correia e duas polias sincronizadas que transformam o movimento de rotação do motor em deslocamento linear do eixo Z, item (d) da Fig. 13.

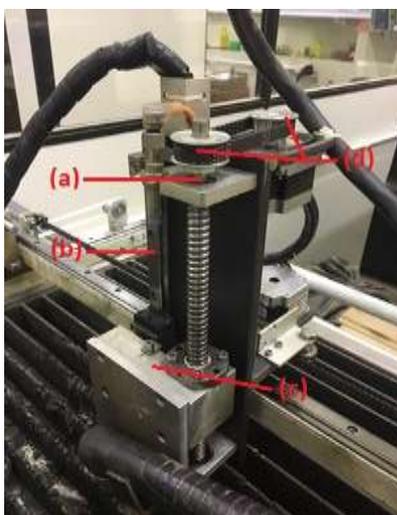


Figura 13: Montagem do mecanismo do eixo Z.

Fonte: Do autor (2018)

Após concluir a montagem do mecanismo de transmissão de movimento referente ao eixo Z, foram feitos os suportes para receberem os sensores indutivos, nesse caso NPN M12, conforme Fig. 14.

Neste projeto, os sensores têm duas finalidades. A primeira é servir de referência para o comando CNC (zero máquina), este processo é efetuado assim que a máquina é iniciada, e a segunda finalidade é dar limites aos eixos correspondentes, assim que acionados os sensores cortam a corrente dos motores de passo fazendo com que não haja risco de colisões por erros de programação.

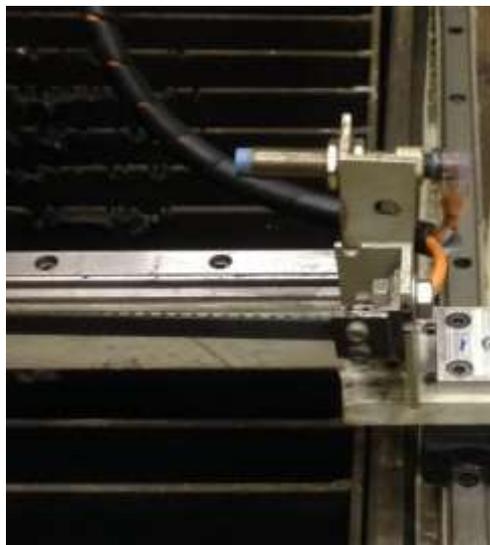


Figura 14: Suportes para sensores NPN M12.
Fonte: Do autor (2018)

3.3 MONTAGEM DE ATIVOS ELETROELETRÔNICOS

Para a montagem do painel, foi utilizado a placa CNC 4AXRL do fabricante CNC BR, uma fonte de alimentação de 10 Amperes, que por sua vez foi conectada na rede elétrica com tensão 220 V (ac) e saída para 24 V (cc) que alimentaram os três *drives* STR2 dos motores de passo e outros componentes eletrônicos também foram instalados bem como botoeira, chave para energizar ou não o circuito como mostra a Fig. 15.



Figura15: Painel eletroeletrônico
Fonte: Do autor (2018)

Após a montagem do painel, foram realizadas as configurações gerais e os testes de funcionamento de todos os componentes eletrônicos abordados no projeto.

Uma adaptação precisou ser feita para que o gatilho fosse acionado por um comando numérico, através da programação este acionamento se dá por conta das saídas via relé da placa controladora CNC. As funções miscelâneas usadas para ligar e desligar o corte plasma são M08 e M09 respectivamente.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

O resultado da fabricação do protótipo, foi uma máquina que possibilita um corte plasma CNC conforme Fig. 16, com três eixos simultâneos que pode por meio da programação, seja manual ou com a ajuda de outros *softwares*, poderá produzir peças cortadas de diferentes formas geométricas e se necessário em série, diminuindo o tempo de produção bem como o *setup* de cada peça.

Por ser didático, outro ponto positivo é o conhecimento que este protótipo irá fornecer aos demais acadêmicos que buscam informações de como funciona o

equipamento e como operar o mesmo, podendo saber também como é feita a programação de peças que pode ser manual, ou com ajuda do *software* CAM.



Figura 16: Protótipo didático corte plasma CNC.
Fonte: Do autor (2018)

4.1 TESTE PRÁTICO DE FUNCIONAMENTO

A seção a seguir abordará os resultados e as análises do protótipo didático de um corte plasma CNC, depois de criado o mesmo foi submetido a um extremo teste de funcionamento.

Após ligar a máquina e com o *software* MACH 3 aberto, foi executado a opção *home* (zero máquina) de cada eixo um após o outro, a etapa seguinte foi referenciar os eixos X e Y no local onde seria aplicado o corte (zero peça) para saber onde a chapa se encontra na área livre de corte, posteriormente foi referenciado o eixo Z deixando uma altura da tocha em relação a peça de aproximadamente 2 mm.

O material a ser cortado foi uma chapa de aço SAE 1020. Um programa CNC foi criado para um teste inicial, logo após o corte foi observado uma imprecisão na realização de círculos concêntricos conforme a Fig. 17.

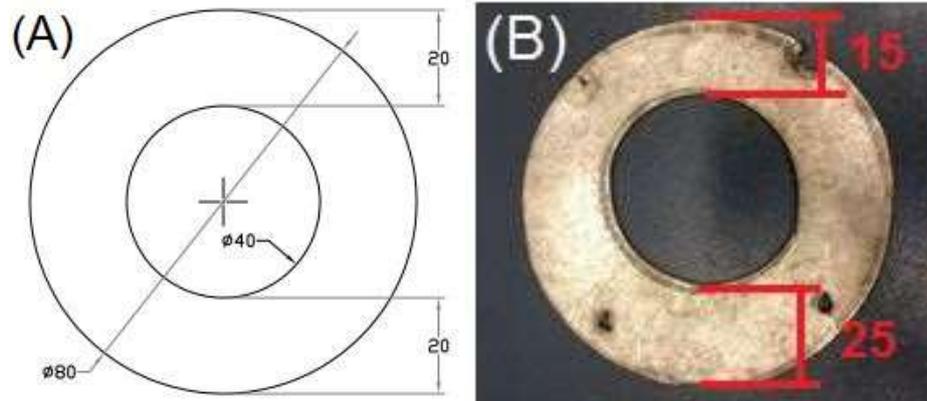


Figura 17: (A) Desenho técnico. (B) Imprecisão na concentricidade dos círculos.
Fonte: Do autor (2018)

O passo seguinte foi analisar o que poderia estar fazendo com que os eixos perdessem precisão. Foi constatado que quando o eixo X se deslocava, seja em deslocamento linear (G01), ou em deslocamento circular (G02, G03), ocorria um atravessamento do suporte transversal, o que não era o esperado, este erro aconteceu por conta do motor de passo responsável pelo movimento do eixo X tracionar somente um lado do carro, deslocando primeiro o lado em que o motor estava fixado como mostra a Fig .18.

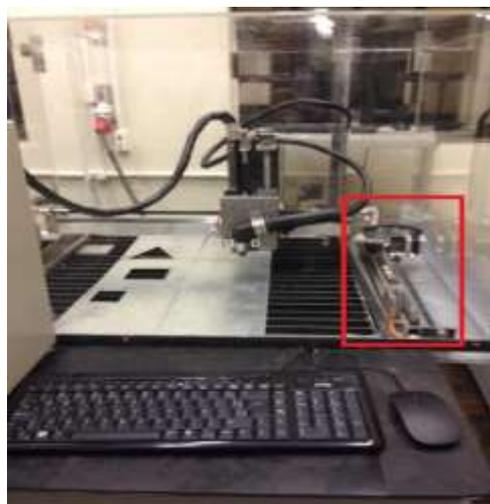


Figura 18: Fixação unilateral do motor de passo.
Fonte: Do autor (2018)

Para resolver o problema de atravessamento do eixo X, a solução encontrada foi projetar e desenvolver um mecanismo, por meio do *software CAD 3D*, que mesmo obtendo um motor apenas, conseguisse transmitir movimento em ambos os lados do eixo, distribuindo metade do torque para o lado oposto.

Este mecanismo consiste em 4 mancais paralelos entre si, com uma haste montada nas extremidades dos mancais ligando um ao outro. Para unir a haste

juntamente com os mancais, foram utilizados 2 rolamentos 6002 de modo a eliminar qualquer interferência do eixo com os mancais, duas polias sincronizadas (motoras) foram acopladas nas extremidades da haste, paralelo a essas duas polias, dois mancais obtendo outras duas polias (movidas), também foram fixadas dando sincronismo ao movimento do eixo sem atravessá-lo, conforme a Fig. 19.



Figura 19: (A) Projeto 3D para manutenção do equipamento. (B) Mecanismo instalado.
Fonte: Do autor (2018)

Após a instalação do mecanismo responsável por transmitir com igualdade o torque e o movimento em ambos os lados do eixo X, novamente se fez necessário a realização de testes de funcionamento, para saber se realmente as medidas, o paralelismo e a concentricidade estavam de acordo com o desejado.

O resultado obtido após o teste foi positivo conforme a Fig. 20, ao medir a peça com o paquímetro universal, constatou-se que a medida final após o corte respeitava as tolerâncias estabelecidas, onde não ultrapassou 1,5 mm de variação no diâmetro da elipse, o que quer dizer que o desempenho do protótipo depois de testado e melhorado foi satisfatório.

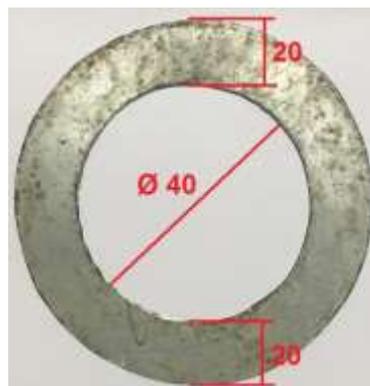


Figura 20: Corte obtido após instalação do mecanismo.



Fonte: Do autor (2018)

4.2 LEVANTAMENTO DE CUSTO

A Tab. 1 apresenta o levantamento de custo para a fabricação montagem e ajuste do protótipo didático de uma máquina de corte plasma CNC.

Tabela 1: Custo médio para fabricação, montagem e ajuste do protótipo.

PRODUTO	VALOR MÉDIO (R\$)
Ativos mecânicos	3.000,00
Ativos eletroeletrônicos	2.300,00
Matéria prima	1.000,00
Máquina de corte plasma	10.000,00
Mão de obra	12.000,00
Total	28.000,00

Fonte: do autor (2018)

O custo do protótipo fabricado foi de aproximadamente R\$ 28.000,00, dispondo de uma máquina de corte plasma manual usada, ativos mecânicos e eletrônicos novos, a matéria-prima destinada à estrutura metálica bem como os suportes e mão de obra ativa no projeto, considerando um funcionário trabalhando em no equipamento durante 6 meses. Em comparação as máquinas de corte plasma CNC com dimensões parecidas existentes no mercado para comércio, possuem em média o dobro do valor.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da fabricação mecânica, montagem e ajuste do protótipo didático de uma máquina de corte plasma CNC, foi possível obter conhecimento prático e teórico sobre a sua montagem. O principal objetivo do projeto, que era a fabricação mecânica de uma máquina de corte plasma CNC precisa, mais barata e com capacidade de corte de peças seriadas foi alcançado.

A junção do protótipo com o sistema eletrônico se tornou eficaz, o programa utilizado para isso foi o *software MACH3*, este possui uma interface fácil de entender, uma boa configuração, comunicação e programação apropriada, através deste a máquina possui capacidade de atuar em três eixos simultâneos.

Através de modificações e ajustes durante a fabricação desta se obteve uma máquina CNC precisa, ágil, economicamente viável e com a possibilidade de proporcionar uma referência de aprendizado para acadêmicos que queiram desenvolver pesquisas na área fabricação mecânica e montagem.

A máquina também proporcionará aulas práticas para disciplinas específicas do curso de tecnologia em manutenção industrial, auxiliando os acadêmicos a firmarem conhecimento prático de programação CNC, juntamente com matérias de processos de fabricação adicionando para a instituição um novo tipo de processo de corte.

REFERÊNCIAS

- [1] LIMA, Erasmo. G. Corte plasma. **Revista de Soldagem**.p. 18 - 26, out. 2008Disponivelem: <www.tobiasmugge.files.wordpress.com/2008/10/sup_3_artigo_corte_plasma.pdf>. Acesso em 20 novembro. 2017.
- [2] CARSTENS, Samuel. Filipe; CARSTENS, Tiago. Alexandre. **Projeto e Fabricação de uma Fresadora CNC para Prototipagem de Placas de Circuito Impresso**. Trabalho de conclusão de curso. Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Joinville, 185 f,2015. Disponível em: <<http://joinville.ifsc.edu.br/~bibliotecajoi/arquivos/tcc/mecind/156169.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro 2017.
- [3] MARCH, Gilson; DALEFFE, Anderson; ROSA, Magali. **Fabricação e Montagem do Robô scara-Protótipo Didático**. 2017. 21f. Artigo de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Faculdade SATC, Criciúma.



[4] RICHETTI, André. **Influência do Gás de Proteção na Soldagem a Plasma com KEYHOLE**. ReserchGate, São Paulo, p. 1 – 10, jan 2000.

[5] LARBAC FERRO & AÇO, **Corte Plasma CNC**. São Paulo, Distrito Votuporanga. Disponível em: <<http://www.larbac.com.br/corte-plasma-cnc>>. Acesso em 10 dezem. 2017.

[6] MACHADO, Aryoldo. **O Comando numérico: aplicado às máquinas-ferramenta**. São Paulo, Editora Ícone, 3ª edição, 1989.

[7] THYER, G. E. **Computer Numerical Control of Machine Tools**. Nova Iorque, Industrial Press, jul. 1988.

[8] MANUAL MACH3. **Mach3 – Controle de CNC, Instalação e Configuração**. Thunder CNC. 130 p. 2011.

[9] KRUG, Rodrigo. **Projeto CNC de 3 Eixos Utilizando Tecnologias Livres**. 91 p Relatório final de projeto - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2008.

[10] ANTUNES, Everton. E.; DALEFFE, Anderson.; DEOLINDO, Douglas. M. **Desenvolvimento do Sistema Eletroeletrônico para Controle de uma Máquina de Estampagem Incremental**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Faculdade SATC, Criciúma, 11 p. 2015.

[11] LYRA, Pablo. Vinícius. Apolinário. **Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática**. 110 p. Trabalho de Graduação –Curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/capp/cnc/Fresadora%20CNC%20Did%20tica.pdf>> Acesso em 10 de fevereiro 2018.

[12] KALATEC AUTOMAÇÃO. **Fuso de Esferas Aplicação: Tudo que você precisa saber**. São Paulo, Campinas. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/fusos-de-esferas-aplicacao/>>. Acesso em: 20 de dezembro 2017.

[13] KALATEC AUTOMAÇÃO. **Guias lineares**. São Paulo, Campinas. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/produtos/guias-lineares/>>. Acesso em: 10 de janeiro 2018.



[14] ROSA BRASIL. **Patins Guia Linear**. São Paulo, Veleiros. Disponível em: <<http://www.rosabrasil.com.br/patins-guia-linear>>. Acesso em 25 de janeiro 2018.

[15] KALATEC AUTOMAÇÃO. **Motores de passo** - O Maior estoque do Brasil com Melhor Preço. São Paulo, Campinas. Disponível em:<<http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2018

[16] PAZOS, Fernando. **Automação de Sistemas e Robótica**.Rio de Janeiro:Axcel books, 2002.

[17] MACHADO, Lucas Ribeiro. **Rendimentos em Transmissões Mecânicas**. Trabalho acadêmico, Instituto federal de São Paulo, São Paulo, Presidente Epitácio, 9 p. Disponível em :<https://pep.ifsp.edu.br/moodledata/filedir/fe/b8/feb81a2438aeaf5e3b2e96ca57514e286b361b3d>. Acesso em: 20 de fev 2018.

[18] PARKER AUTOMATION. **Tecnologia Eletromecânica**. Apostila1600. 231.01 BR. Outubro 2003.

[19] WENDLING, Marcelo. **Sensores** São Paulo: Colégio técnico de Guaratinguetá. Unesp, 17 p. 2010.

[20] PEREIRA, Thiago. Antonio al.; **Readequação Tecnológica de baixo Custo de Robôs Cartesianos** – Retrofitting robô Sankyō. Revista Ilha Digital, v. 3, p 65 – 70, 2012.

ABSTRACT

This paper deals with the automation of a manual plasma cutting machine used in the metallurgical industry; through this improvement the prototype will be able to cut through the CNC programming, along with the software Mach 3, to cut into desired dimensions and sizes of different types, sizes and geometric shapes. From the demands of the market and price competitiveness, reducing the time per piece in the cutting process became necessary, with a view to also better finishing and series production. For the execution of the project, it was necessary to use high precision mechanical elements intended for the transmission of movement, such as: pulley pitch motor and synchronized belt, ball screw with chestnut, skids and linear guides. The prototype has three simultaneous axes, giving displacement conditions with



programmed advance. A limit thickness of sheet to be cut of "6.35 mm" was determined, exceeding that thickness, variation in cut and imprecision in the finish was observed. This prototype was developed in the 3D ready lab, located at the Satc faculty. The manufacture of this will aid the practical classes held in this laboratory, enabling the students of the institution to have direct contact with the machine and the correct instruction of how to operate this type of equipment. In general, this improvement proved effective, contributing positively to the manual plasma cutting process, making it more precise, allowing a reduction in manufacturing cost.

Key-words: Automation, Plasma cutting and CNC.