

## ADEQUAÇÃO DE UMA MESA XYZ PARA FINS DIDÁTICOS

**Marcos Rodrigues Butignol** – cacobutignol@hotmail.com

IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Av. Mauro Ramos, 950

80020-300 – Florianópolis – SC

**Valdir Noll** – vnoll@ifsc.edu.br

IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Av. Mauro Ramos, 950

80020-300 – Florianópolis – SC

**Guilherme Klegues Cidade** – gklegues@gmail.com

IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Av. Mauro Ramos, 950

80020-300 – Florianópolis – SC

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo a instrumentação de uma mesa de movimentação de três dimensões para estudo de programação, motores elétricos e microcontroladores. Será apresentado o retrofitting da parte mecânica e da parte eletrônica, o desenvolvimento da comunicação entre os subsistemas, a programação para a movimentação do aparato e a respectiva documentação. A movimentação mecânica do aparato é dada por um sistema de correias conectadas em dois motores de passo, sendo estes acionados via um circuito eletrônico de chaveamento por transistores. O sistema de comando é desenvolvido em linguagem C e controlado por um microcontrolador ATmega 328P ou ATmega 2560. O aparato desenvolvido pode ser acionado conectado a um computador pessoal ou de maneira independente, contando com uma placa joystick e uma tela de LCD de quatro linhas para a interface com o usuário, assim visando o ensino de programações autônomas. Também será desenvolvido experimentos didáticos, visando a validação do aparato e o ensino de microcontroladores.

**Palavras-chave:** Bancada didática. Microcontrolador. Ensino.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, automação dos processos e utilização cada vez mais presentes de máquinas de usinagem CNC, máquinas de múltiplos eixos para posicionamento, deposição ou remoção de material estão se tornando cada vez mais comuns (Souza, 2009). Além disso a utilização de acionamento via motores é a principal opção de movimentação, oferecendo precisão e velocidade (Souza, 2009).

É preciso considerar, ainda, que o controle de movimentação é o “cérebro” do sistema e é responsável por todas as computações necessárias para o planejamento do caminho, a realimentação e a execução da sequência (Sclater, 2011).

Além de tudo, é preciso considerar o estilo de aprendizagem do aluno. Conforme Silva (2012) observou em seu estudo, mais de três quartos dos estudantes amostrados tem uma percepção de aprendizado sensorial, cerca de dois terços têm retenção visual e mais da metade tem processamento ativo. Tais características indicam que aparatos mecânicos, capazes de serem experimentados, observados e manipulados, terão um grande impacto na formação educacional do aluno.

Observando as características apontadas, o conhecimento de utilização de mesas de posicionamento, programação de microcontroladores ou manipuladores robóticos torna-as cada vez mais importante na indústria atual. Tendo em vista estas necessidades, o principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma mesa de eixos XY didática acionada com motores de passo para o estudo de programação em microcontroladores e seu posicionamento em duas dimensões.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Um aparato de posicionamento XY consiste em uma mesa dois eixos de liberdade. A movimentação é feita por motores utilizando transmissores de potência mecânica para o posicionamento desejado. Com a posição, um atuador externo ou conectado à mesa pode fazer a operação de fabricação pretendida, este operando no eixo Z. Este sistema engloba assuntos característicos da área de mecatrônica, assim, um aparato didático permitiria o ensino de diversas matérias, entre elas mecânica, eletrônica e, sendo foco do trabalho, microcontroladores.

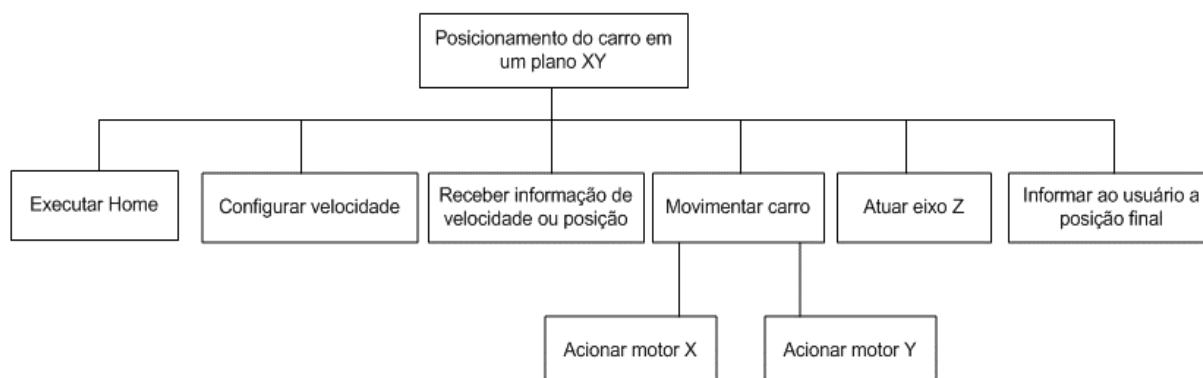
A procedimento utilizado para a execução deste trabalho foi baseado na metodologia de desenvolvimento de produto proposta por Carpes (2014), constituindo no planejamento e execução o projeto informacional, conceitual e preliminar para então iniciar a montagem do aparato.

Iniciou-se o projeto com o levantamento dos dados dos clientes, professores interessados em ferramentas didáticas para uma aula mais dinâmica. Os requisitos levantados foram:

1. Acionamento com Arduino Uno e Mega: Tendo como central de processamento os microcontroladores ATmega 328P e 2560, sendo estes de fácil acesso, versáteis e de baixo custo;
2. Utilização de placa joystick e tela de LCD: Esses dois periféricos permitem uma integração humano máquina eficiente;
3. Adicionar uma bobina no eixo Z: A utilização de um atuador binário como eixo adicional amplia uma dimensão à mesa, permitindo melhor interação com o aparato.
4. Retrofitting de um sistema de posicionamento – Com o objetivo de minimizar os custos do projeto, irá ser utilizado um aparato em desuso e avariado.

A função principal do aparato é posicionar o carro suporte do atuador do eixo Z na posição desejada. Para cumprir esta função é necessário seguir a ordem das subfunções, que são descritas na figura 1.

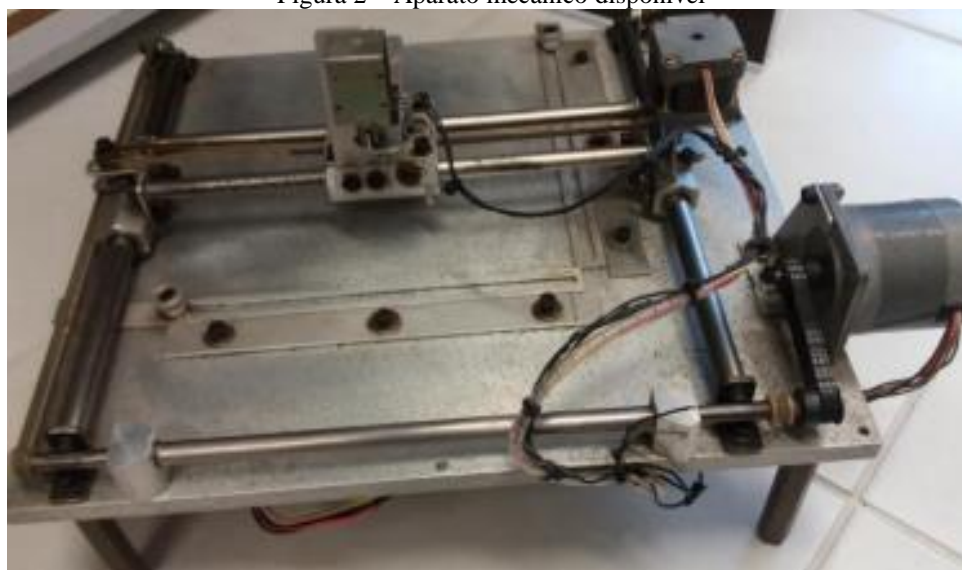
Figura 1 – Funções principais e subfunções.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme decidido anteriormente, fez-se uma análise do aparato mecânico disponível na instituição. Assim, o trabalho pôde reutilizar e economizar componentes que seriam comprados. O aparato é um projeto semelhante a um posicionador didático, apesar de estar avariado. No entanto sua estrutura, motores e eletrônica de potência podem ser aproveitadas, evitando a produção e encomenda de peças.

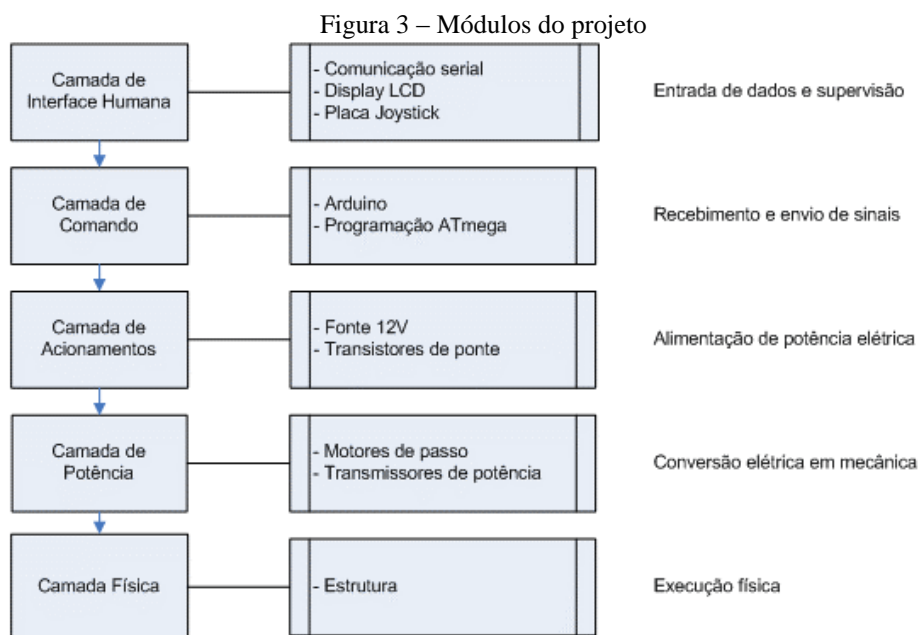
Figura 2 – Aparato mecânico disponível



Fonte: Elaboração própria

Devida a complexidade do projeto, decidiu-se dividir o sistema inteiro em módulos para melhor compreensão e execução do projeto. Na figura 3 estão descritos, respectivamente, o nome da camada, os componentes que ela engloba e a sua principal função. Cada camada tem comunicação entre si, seja ela com sinais ou com potência elétrica ou mecânica.





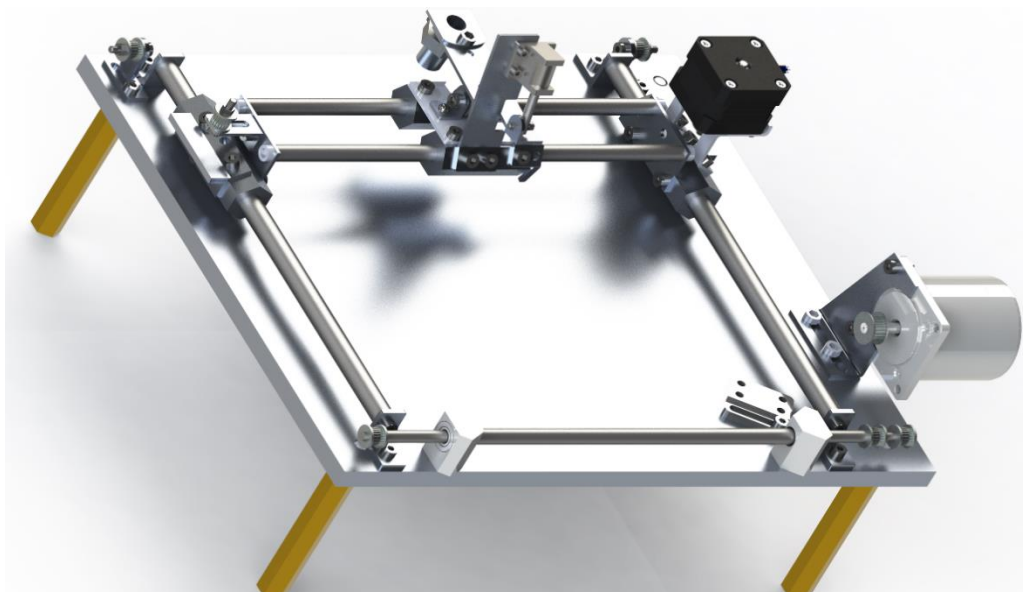
Fonte: Elaboração própria

Uma mesa de eixos ortogonais necessita, primeiramente uma base fixa para seu funcionamento correto. Sobre ela serão fixados os apoios que irão suportar os outros elementos mecânicos para condução do movimento. A potência mecânica será dada por motores de passos unipolares alimentados por uma fonte 12V através de um sistema de transistores em ponte. Este sistema será coordenado através de uma programação na placa Arduino que, por fim, será controlada através de uma interface humano máquina pelo usuário.

Decidiu-se fazer o esboço do projeto no software de desenho assistido por computador *SolidWorks*. Desta maneira é possível mapear todos os componentes mecânicos bem como ter uma melhor noção do projeto podendo explorá-lo através da concepção tridimensional do software.

O sistema eletrônico deve ter conexões adequadas para o acionamento das bobinas do motor de passo, que será feito através de transistores *Mosfets*, e para comunicação com o microcontrolador. Assim, deverá ser capaz de fazer a alimentação dos motores de passo através da fonte 12V e transmitir sinais corretamente por meio da fonte 6V, fontes desenvolvidas para o aparato.

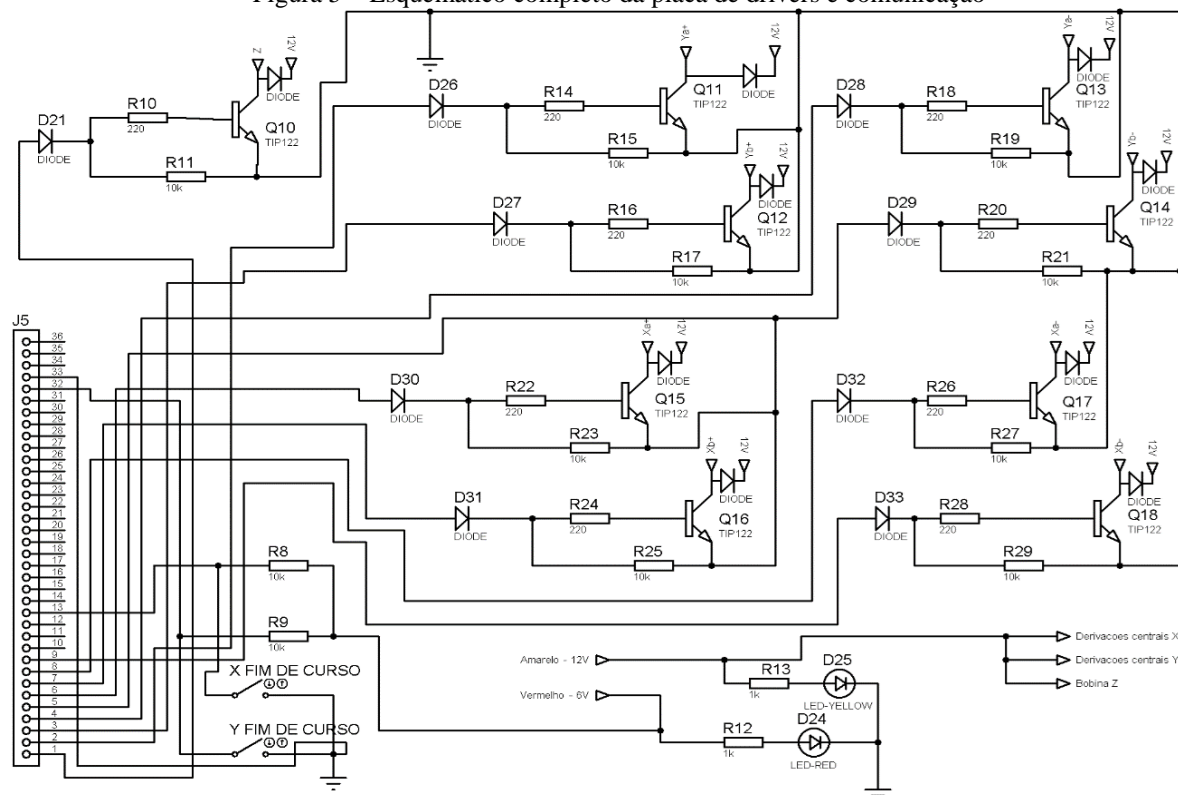
Figura 4 – Visão geral do aparato renderizado



Fonte: Elaboração própria

Conforme a característica de acionamento dos motores de passo e interface humano máquina, haverá uma constante transmissão de pulsos entre o sistema de acionamento com o aparato e o Arduino, além de ser necessário múltiplas vias de sinais necessárias para a funcionalidade do posicionamento desejado. Listando todas as entradas e saídas entre o módulo de acionamento, comando e potência, foi possível desenvolver-se o esquemático completo da placa de drivers e comunicação, incluindo as conexões do cabo de 36 vias que será conectado com o Arduino.

Figura 5 – Esquemático completo da placa de drivers e comunicação



Fonte: Elaboração própria

Com todos os projetos delineados, será feita a montagem de uma mesa para teste e validação do trabalho. Conforme já descrito, será utilizada uma mesa de posicionamento de duas dimensões em desuso da instituição de ensino. Para a finalidade, nesta mesa deverá ser feita a adequação mecânica, eletrônica e de comando que foi projetada.

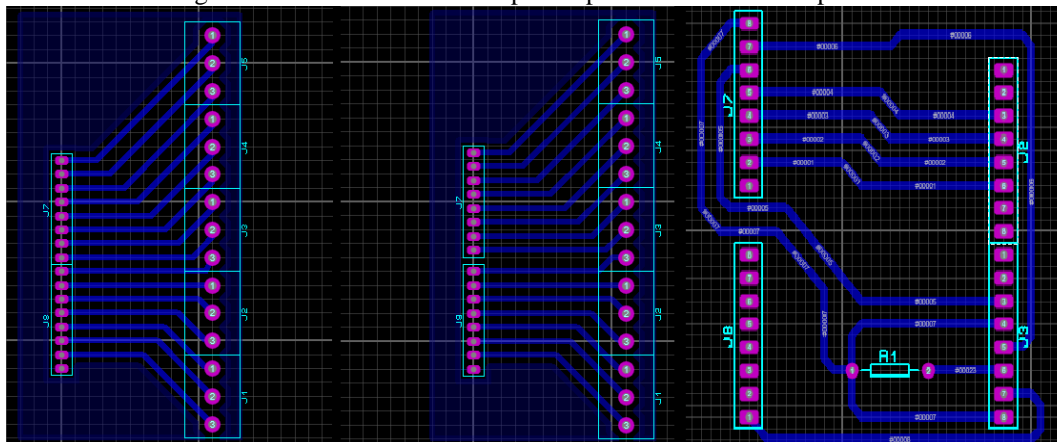
Deste modo, foram trocadas as correias, lubrificadas as guias, montou-se os fins de curso adequados, adicionou-se cabos no comprimento e nas condições corretas e reajustando o posicionamento dos motores. Por fim, conferiu-se uma movimentação suave dos patins nas guias e garantindo a estabilização dos componentes mecânicos.

O sistema eletrônico também necessitou de testes para conferir o seu funcionamento e não apresentou falhas graves, apenas casos isolados de curtos com a mesa devido ao posicionamento incorreto da placa e cabos com falhas de continuidade. A entrada da rede elétrica, o transformador, as placas e o cooler foram fixados na parte de baixo da placa base do aparato. Assim, ela pode situar-se numa posição segura evitando contatos elétricos ou curtos.

A comunicação entre Arduino com a mesa e o joystick deve ser adaptada para que suas conexões sejam compatíveis entre si. Para isso, projetou-se, no *software Proteus*, três placas de comunicação para entradas e saídas dos pinos referentes à comunicação com o joystick, LCD e o aparato.



Figura 6 – Placas de circuito impresso para conexão com os pinos do Arduino



Fonte: Elaboração própria

A camada de interface poderá ser utilizada de duas maneiras, serial ou via LCD, dependendo da intenção e microcontrolador do usuário. O Arduino Mega pode utilizar as duas programações, desde que o tenha disponível a placa LCD, enquanto que a interface do microcontrolador Arduino Uno deverá ser, necessariamente, via serial.

Figura 7 – Interface da programação via serial

```
COM4 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)

Iniciando...

Bem vindo a interface de posicionamento de dois eixos

Por favor escolha a opcao de utilizacao.
  B para movimentacao joystick, C para movimentacao por coordenadas e D para configuracao.

Voce esta no modo de configuracao
Aperte B para iniciar home, D para configurar a velocidade e A para voltar ao menu
Use o joystick para diminuir ou aumentar a velocidade e aperte C para confirmar
A frequencia agora e de um passo a cada 2 milisegundos
A frequencia agora e de um passo a cada 3 milisegundos
A frequencia agora e de um passo a cada 4 milisegundos
Aperte B para iniciar home, D para configurar a velocidade e A para voltar ao menu

Por favor escolha a opcao de utilizacao.
  B para movimentacao joystick, C para movimentacao por coordenadas e D para configuracao.

Voce esta no modo de movimentacao joystick
Use o analogico para movimentar-se, C para ativar o eixo Z e A para sair

A posicao atual de X e: 1
A posicao atual de Y e: 0
```

Fonte: Elaboração própria

A programação da interface via LCD tem a mesma estrutura que a interface serial, a principal diferença sendo que, via LCD, o aparato pode funcionar em modo *standalone*, ou seja, desconectado de qualquer computador externo.

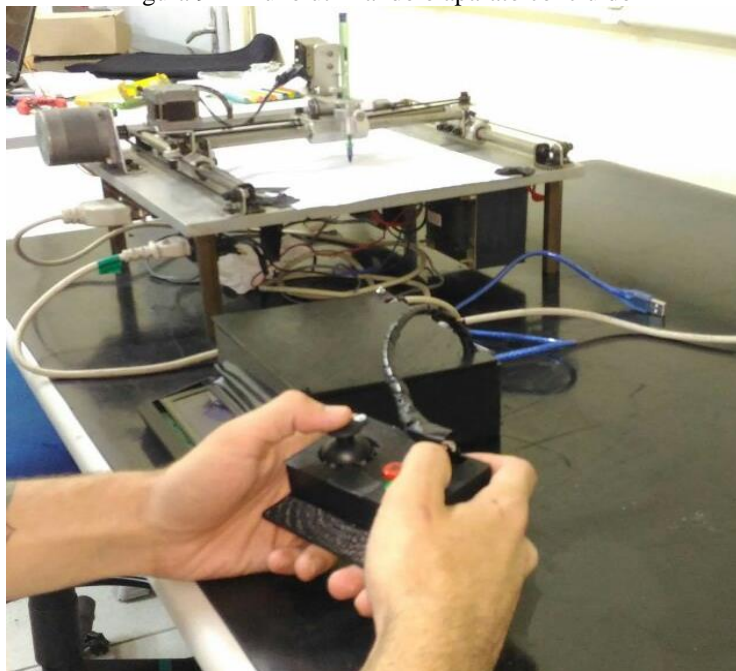
Figura 8 – Tela inicial da interface LCD



Fonte: Fotografia do autor

Para conclusão da programação, fez-se o teste da programação no próprio aparato. A movimentação deu-se fluida e satisfatória, os componentes não demonstraram nenhum problema e testou-se a escrita para a confirmação do atuador do eixo Z. Para proteção dos eletrônicos, foram feitos, em impressora de deposição de plástico 3D, gabinetes para o joystick e para o gabinete do LCD e do Arduino.

Figura 9 – Aluno utilizando o aparato concluído



Fonte: Fotografia do autor



Para garantir a característica didática do aparato, o projeto passou por uma série de testes com alunos do Instituto Federal de Santa Catarina onde esteve sujeito a sugestões para aprimorar sua intuitividade.

Por fim, sugeriu-se alguns problemas a serem dados na sala de aula para ensino nas diversas áreas a serem aprendidas. O docente, naturalmente, não deve se limitar a estas sugestões e pode apresentar outras atividades que julgar mais necessárias para seus alunos.

- O projeto de um programa que mova os motores de passo em um determinado caminho, tal como um 8. Para o ensino básico de movimentação de motores de passo;
- Execução de um controlador que faça o *home* do sistema e, ao receber o sinal de um botão, faça uma movimentação pré-programada na área de trabalho. Este exemplo mostra uma situação comum na área industrial onde um operador entra com uma peça a receber um procedimento de transformação, aperta um botão para início e, ao fim do ciclo, retira a peça;
- A elaboração de um programa que receba, pela interface serial ou do joystick, pontos e trace o melhor caminho para alcançá-los, acionando a caneta e respondendo a posição ao final do processo. O foco é o ensino de processos de posicionamento em duas dimensões.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de aparatos didáticos é essencial para o ensino técnico profissional, permitindo os alunos a perceberem melhor conceitos que não seriam compreendidos de maneira apenas abstrata.

Em particular, o uso de microcontrolador necessita uma base de conhecimento para sua utilização técnica. O aparato desenvolvido foca neste ensino e poderá ser utilizado para a formação de profissionais capacitados na sua utilização. Também se espera que o instrumento pode ser empregado em outras áreas de ensino e mesmo possa ser, futuramente, aprimorado para outras funções além de didática.

No final das atividades, desenvolveu-se um aparato eletro-mecânico de posicionamento de dois eixos e um atuador no terceiro eixo capaz de auxiliar no ensino de microcontrolador.

A documentação do projeto foi feita com a intenção de fabricação de clones do aparato, com propósito de estender o impacto deste trabalho em outras instituições de ensino e permitindo o aprendizado de um maior número de estudantes da área de eletrônica e automação.

### REFERÊNCIAS

ATMEL. Datasheet: Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V. 2014.

\_\_\_\_\_. Datasheet: ATmega328/P. 2016.

\_\_\_\_\_. **Folha de dados.** 2013. Disponível em:  
<<https://web.archive.org/web/20140627053544/http://www.atmel.com/pt/br/about/corporate/factsheet.aspx>>. Acesso em 09/11/2017.

\_\_\_\_\_. **Microchip Technology To Acquire Atmel.** 2016. Disponível em:  
<<http://www.atmel.com/about/news/release.aspx?reference=tcm:26-82057>>. Acesso em 09/11/2017.

CARPES Jr, Widomar P C. **Introdução ao projeto de produtos.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 217p.

CAMARGO, Luiz F S. **Mesa de coordenadas XY para aplicação em microengenharia com CNC.** 1998. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CONDIT Reston. **Stepping Motors Fundamentals.** Microship Technology Inc. 2004. 22p.

FRANCESCHI, Alessandro de; ANTONELLO, Miguel G. **Elementos de Máquina.** Universidade Federal de Santa Maria, 2014. 152 p.

GRINDLING, Günther; WEISS, Bettina. **Introduction to Microcontrollers,** 26 de fevereiro de 2007. 175p. Vienna University of Technology, Viena.

SCLATER, Neil. **Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook.** Quinta edição, 2011.

SILVA, Lisliê Lopes Vidal. **Estilos e estratégias de aprendizagem de estudantes universitários.** 2012. 126p. Dissertação (Mestrado em Psicologia) Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, Adriano Fagali de. **Engenharia integrada por computador e sistemas CAD/CAM/CNC.** 1. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2009;

## **ADEQUATION OF A DYNAMIC XYZ TABLE FOR TEACHING PURPOSES**

**Abstract:** *This work aims at the instrumentation of a three-dimensional table for the study of programming, electric motors and microcontrollers. The retrofitting of the mechanical part and the electronic part will be presented, the development of the communication between the subsystems, the programming for the movement of the apparatus and the respective documentation. The mechanical movement of the apparatus is given by a system of belts connected in two step motors, these being driven via an electronic circuit of switching by transistors. The control system is developed in C language and controlled by an ATmega 328P or ATmega 2560 microcontroller. The developed device can be activated connected to a personal computer or independently, counting on a joystick board and a four-line LCD screen for the user interface, thus aiming the teaching of autonomous programming. Also will be developed didactic experiments, aiming the validation of the apparatus and the teaching of microcontrollers.*

**Key words:** *Didactic. Microcontroller. Teaching.*