

Estudo e Projeto de Manipulador Robótico Microcontrolado com Seis Graus de Liberdade

Bruna Quixaba Gregório

bruna_quixabagregorio@hotmail.com

Faculdade de Tecnologia de Garça

Giovane Barreto da Silva

giovane.silva5@fatec.sp.gov.com

Faculdade de Tecnologia de Garça

Profº Dr. Edio Roberto Manfio

prof.ediorobertomanfio@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Garça

Profº Ms. Ildeberto de Genova Bugatti

bugattifatec@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Garça

Abstract – *The project involves the construction of a robotic arm and a control software which aims to fast handling of parts in an industrial manufacturing process. The system consists of an articulated robotic arm with rotary joints, direct drive by servo motors, a claw with two fingers and a program in C, where the user will control arm. The approach used in software design is developed from the concept of cinematic movement.*

Keyword: *Robotic Manipulator, Robotic Arm, Microcontroller*

Resumo – *O projeto consiste na construção de um braço robótico e de um programa para controle que tem como finalidade a rápida manipulação de peças em um processo de fabricação industrial. O sistema é formado por um braço robótico articulado com juntas rotativas, acionamento direto por servomotores, uma garra com dois dedos e de um programa em C, em que o usuário fará o controle do braço. A abordagem utilizada na concepção do software será desenvolvida a partir do conceito de movimento cinemático.*

Palavras chave: *Manipulador Robótico, Braço Robótico, Microcontrolador.*

1 Introdução

A redução de mão-de-obra humana é o grande objetivo da indústria visto que o custo operacional tende a elevação a cada ano que passa. No Brasil, segundo a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2014) houve uma crescente de 11,6% no custo do trabalho em um período de 4 anos.

A automação nos processos produtivos aparece como uma alternativa ao ponto que as indústrias tendem a crescer e aumentar o seu capital de investimento em

patrimônios, ação comum adotada pelas empresas fabris. Robôs manipuladores são inseridos em linhas de produção e trabalham em conjunto com operadores, comumente em processos de trabalho cujo operante é sujeito a lesão por esforços repetitivos nos braços.

De acordo com a Robot Institute of America (apud BATURONE, 2005, p. 5) um manipulador robótico é um equipamento programável desenhado para múltiplas funções e distintas tarefas como mover materiais, peças, ferramentas e dispositivos especiais mediante movimentos variados.

A utilização de um manipulador robótico no ambiente industrial contribui e viabiliza fatores importantes:

Fatores técnicos: Flexibilidade na gama de produtos fabricados, incremento da precisão, força, rapidez, uniformidade e suporte a ambientes perigosos.

Fatores econômicos: Utilização eficiente de unidades de produção aumentando produtividade (inexistência de interrupções, etc.), Redução do tempo de preparação da fabricação.

Fatores sociológicos: Redução do número de acidentes, afastamento do ser humano de locais perigosos para a saúde, redução de horários de trabalho.

Devido a necessidade de se substituir o ser humano em tarefas que não possam ser realizadas, seja por suas próprias limitações físicas, ou por envolverem condições desagradáveis ou extremas, o projeto consiste na construção de um manipulador robótico controlado por uma plataforma de prototipagem, usando porta serial para esse controle.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um manipulador robótico articulado com juntas do tipo rotacional acionado por servomotores e um programa em linguagem C para controlá-lo.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Construir o braço mecânico utilizando peças em MDF;
- Desenvolver e implementar um sistema de controle do posicionamento do manipulador em linguagem C;
- Levantar dados a fim de analisá-los.

2 Fundamentação Teórica

A história da robótica industrial é consequência de uma série de eventos ocorridos ao longo dos anos. “Os manipuladores robóticos são representantes típicos de sistemas mecatrônicos, cujos principais componentes são o mecanismo, o sistema de

atuação e o sistema de controle” (VALDIERO e ANDRIGHETTO, 2003 apud RITTER, 2014).

O ponto alto que impulsionou o avanço da automação de processos industriais e é tido como um marco na robótica industrial foi a criação do Unimate, primeiro braço manipulador robótico comercializado e utilizado na fábrica da General Motors em meados de 1961, criado por Joseph Engelberger em parceria com George Devol fruto da evolução de um braço robótico patenteado anos antes por Devol (AYRES, 2007).

A partir de um desenho bidimensional para uma revolução industrial e social, o robô Unimate continua a ser uma das contribuições mais significativas dos últimos cem anos não só a produção, mas para a civilização. Ele deixou um legado vivo em um setor ao qual se deu o nascimento. Como resultado do Unimate, o campo da robótica continua a se expandir além dos processos de fabricação como de praticamente todos os aspectos da vida humana e de serviço. (ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION, 2016. **Tradução nossa**)

Posteriormente surgiram outros manipuladores robóticos frutos de pesquisas e desenvolvimento: o Braço de Stanford com atuação elétrica desenvolvida pela Universidade de Stanford, o PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) desenvolvida pela Unimation e SCARA (Selective Compliant Articulated Robot Arm) desenvolvido pela Universidade de Yamanash estão entre os mais populares e estudados (SANTOS, 2004).

Os robôs industriais são de grande importância econômica e tecnológica. Até o final de 2007, cerca de 1,25 milhão de robôs foram instalados em todo o mundo, desde sua introdução em 1961. Nessa época, no mínimo 995 mil ainda estavam em operação, a maior parte (65% a 80%) em indústrias automotivas e de fabricação de metal. (SILVA, 2012, p.24)

No ano de 2011 foram vendidos aproximadamente 170.000 robôs para aplicação na indústria segundo dados de 2013 da IFR (International Federation of [Robots](#)) sendo 1.440 no Brasil (FERNANDES, 2013).

Na atualidade, inúmeras indústrias utilizam-se de manipuladores robóticos com destaque para as montadoras de automóveis que emprega em serviços que exigem agilidade e periculosidade, assim proporcionando uma diminuição de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais.

Com o intuito experimental, o presente projeto tem a finalidade de desenvolver um protótipo em pequena escala de um manipulador robótico com seis graus de liberdade. O protótipo é uma alternativa para se obter dados para análise de resultados, podendo assim projetá-las para diferentes escalas.

3 Metodologia

A produção deste artigo é baseada em um protótipo de caráter experimental e em pesquisa a bibliografias físicas e digitais relacionados ao assunto, sendo assim possível realizar um levantamento de informações teóricas e comparação de resultados.

O protótipo desenvolvido é uma projeção em escala reduzida de um manipulador robótico com seis graus de liberdade e atuação direta com características dos manipuladores modernos.

Os princípios que nortearam o projeto e construção deste braço são os seguintes:

- Robô manipulador articulado e garra, com acionamento elétrico do tipo servomotor, independente das juntas e controladas por um microcontrolador;
- Programação em linguagem C;
- Linhas de comandos com a finalidade de produzir um ambiente em que o operador possa interagir com o braço manipulador de forma a permitir a movimentação das juntas do robô.

3.1 Características Técnicas

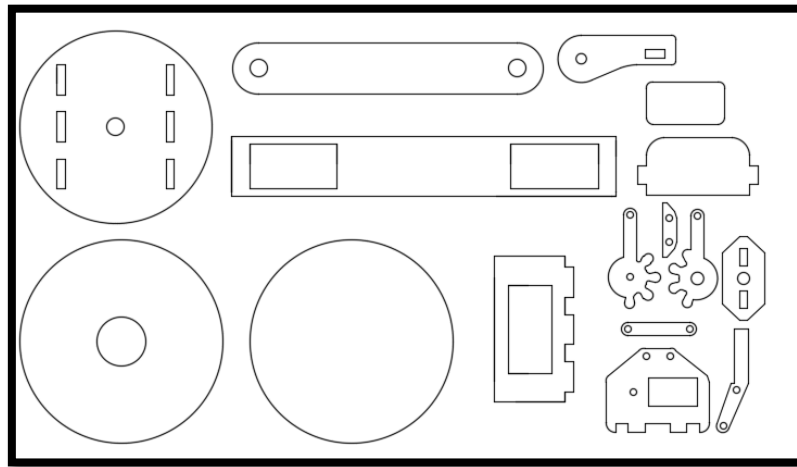
O projeto é dividido em partes mecânica, acionamento, circuito eletrônico, comunicação com a plataforma e o software de controle. O protótipo deverá realizar pequenas tarefas como deslocar pequenos objetos de um ponto a outro e fazer movimentos mais complexos como a rotação de peças.

A parte mecânica está dividida em três partes: a construção da garra, da base e da estrutura que consiste no braço, antebraço e pulso.

3.2 O Projeto Mecânico

Os primeiros desenhos foram esboçados a lápis, e através de pesquisas na internet melhorias foram realizadas para posteriormente serem desenhadas no programa Autodesk AutoCAD®.

Figura 1 Desenho das peças



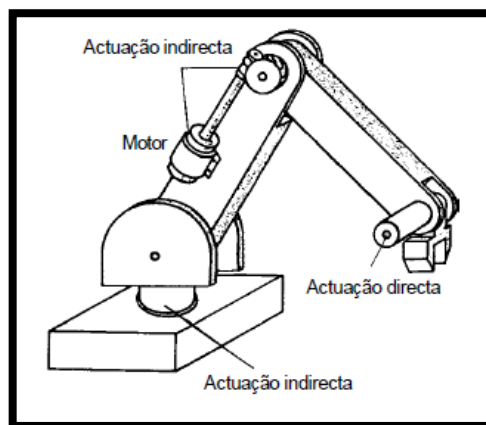
Fonte: Do autor (2015)

As peças foram construídas a partir de MDF (Medium Density Fiberboard) que são painéis de fibra de madeira (IWAKIRI et al, 2005 apud BELINI, 2007) com 4 mm de espessura. O corte das peças foi feito a laser, procedimento que garante a precisão dos encaixes.

4. O Acionamento

O robô é acionado por 7 servomotores Futaba Servo S3003. Os servomotores são dispositivos eletromecânicos que integram um motor de corrente contínua com um circuito interno de controle e uma caixa de engrenagens, o que proporciona um maior torque e alta precisão (EGLOWSTEIN, 2016). O sinal de referência para o servomotor é fornecida pelo circuito sendo controlado através de uma plataforma de prototipagem eletrônica ARDUINO – BlackBoard V1.0.

Figura 2 Tipos de atuação



Fonte: SANTOS (2004)

Seu tipo de atuação é direta, ou seja, o servomotor está acoplado à junta do braço, sendo dispensado o uso de mecanismos de transmissão.

5 Controle

Um sistema mecatrônico tem como elemento básico para seu funcionamento o controlador. Em ambientes industriais é comum o uso de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) equipamentos mais robustos capazes de suportar situações mais extremas como altas temperaturas, exposição a poeiras e ambientes eletromagnéticos.

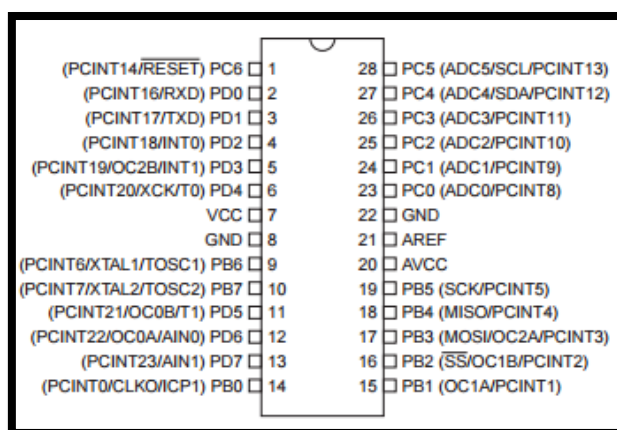
Para outras aplicações como em sistemas de controle de incêndio, umidade, temperatura e domótica¹ utilizam-se microcontroladores. Um microcontrolador é um circuito integrado que trabalha como um computador, pois possui uma unidade de processamento, memórias de trabalho e de armazenamento, portas para conexão de periféricos entre outros (SILVA, 2007).

O controle de um robô é realizado por meio de um sistema de software e hardware. Este sistema processa os sinais e converte em uma ação ao qual foi programado. O software é desenvolvido em um computador pessoal e enviado ao microcontrolador

5.1 Microcontrolador Atmega 328

O ATmega328 é um microcontrolador de 8-bits da família AVR produzido pela Atmel, possui 28 pinos e portas com conversor analógico-digital de 10 bits. Esse microcontrolador é o principal componente do Arduino Uno, considerado o coração da placa.

Figura 3 Pinagem ATmega328



Fonte: Data Sheet²

¹ Termo utilizado para se referir a automação residencial

² Disponível em: http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf. Acesso 15/05/2016

O Arduino é uma plataforma aberta de computação composta por uma placa eletrônica com entradas e saídas, podendo se conectar com sensores e atuadores externos facilitando o desenvolvimento de protótipos e possui ambiente de desenvolvimento próprio baseado em linguagem C (BANZI, 2011). Sua versão mais popular é o Arduino Uno que tem como principal diferença para as versões anteriores o uso de um chip USB, que facilita a instalação do software e torna a comunicação mais rápida (MONK, 2013). Para o protótipo foi utilizado a *BlackBoard V1.0*, uma placa Arduino Uno compatível produzida pela empresa brasileira Robocore Tecnologia Ltda.

5.2 Programação

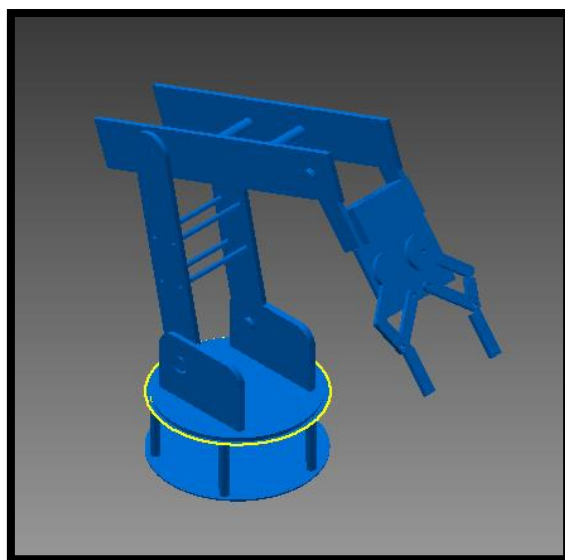
O algoritmo foi desenvolvido em linguagem C utilizando a biblioteca de servomotores já inclusos na IDE³ do Arduino.

Os movimentos são realizados independentes e seguindo uma sequência de comandos, ou seja, para cada atuador das juntas há uma linha de comando que envia dados correspondente ao movimento que deseja ser realizado.

6 Montagem e Funcionamento

Os primeiros testes de montagem e funcionamento foram realizados no programa Autodesk Inventor possibilitando a observação e adaptação das peças na realização dos movimentos.

Figura 4 Simulação no Autodesk INVENTOR®



Fonte: Do autor (2016)

³ Ambiente de desenvolvimento para programação e carregamento ao Arduino

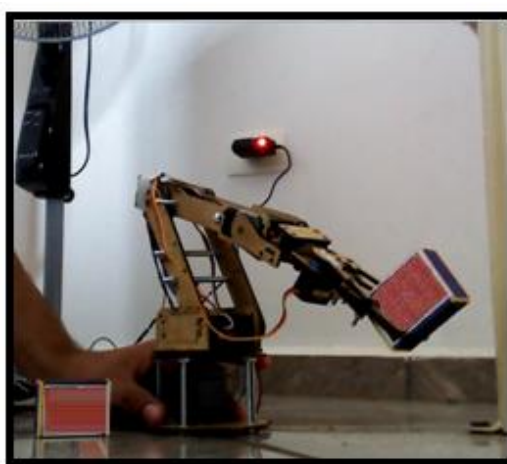
Após os testes iniciou-se a montagem física das peças junto aos atuadores, seguidos da fiação e ligação na *protoboard*⁴ e por fim as adaptações no programa.

Figura 5 Montagem do braço



Fonte: Do autor (2016)

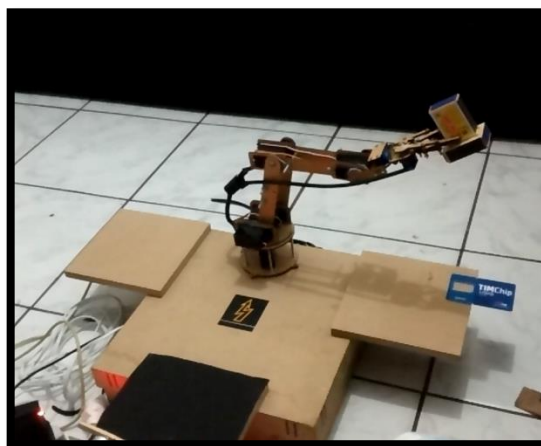
Figura 6 Primeiros testes



Fonte: Do autor (2016)

O robô foi montado sobre uma base com três plataformas conforme mostrada na figura 7.

Figura 7



Fonte: Do autor (2016)

A simulação consistiu em pegar e movimentar um objeto da plataforma 1 para a plataforma 2, aguardar um tempo de cinco segundos e pegar e movimentar novamente o objeto para a plataforma 3 dando reinício ao processo. Essa sequência pode simular um processo de resfriamento de peças até uma temperatura manipulável pelo ser humano.

⁴ Placa com furos de contato utilizado para experimentos eletrônicos.

7 Resultados

O braço manipulador robótico desenvolvido satisfaz aos objetivos iniciais do projeto, pois possui uma estrutura compatível de movimento rápido que permite demonstrar o funcionamento de um robô manipulador industrial. O desenvolvimento possibilitou uma aprendizagem aprofundada bem como uma visão ampla de aplicações em ambientes industriais de pequeno porte. O modelo do protótipo também abre possibilidades para uso didático na introdução de temas relacionados à automação, servindo como elemento de uma célula de manufatura.

8. Considerações Finais

Sobre o braço robótico, podemos dizer que sua parte “estrutural” atende a proposta desejada desde o começo do trabalho e o sistema de controle do mesmo. Com base nisso o projeto do braço mecânico foi concluído no tempo previsto, podendo ser trabalhado e melhorado.

No decorrer deste trabalho foram encontradas dificuldades em compreender o modelo cinemático principalmente por sua complexidade e na montagem do braço, devido a difícil adaptação do motor nas juntas e ao seu peso sendo necessário pequenas adaptações.

Após a finalização do presente projeto, é possível sugerir alguns trabalhos que sirvam de melhoria e complemento: a inserção do manipulador em uma célula de manufatura para trabalhar em conjunto com outros elementos; desenvolvimento de uma interface homem-máquina (IHM) com funções de comandos que possam ser utilizado por um usuário sem conhecimento de linguagens de programação; desenvolvimento e construção de um robô manipulador tático, construindo uma base móvel, tipo esteira.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK. **Inventor**. Disponível em <http://www.autodesk.com.br/products/inventor/overview>>. Acesso em 29/05/2016
- AYRES, Marcelo. **Conheça a história dos robôs**. Disponível em <http://tecnologia.uol.com.br/ultnot/2007/10/01/ult4213u150.jhtm>>. Acesso em 26/05/2016
- BANZI, Massimo. **Primeiros passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.
- BATURONE, Aníbal Ollero. **Robótica: manipuladores y robots móviles**. Marcombo, 2005.
- BELINI, Ugo Leandro. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do Eucalyptus grandis em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-05062007-133218/>>. Acesso em: 12/05/2016.

EGLOWSTEIN, Howard. **Introduction to Servo Motors**. Disponível em <http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Robotics_ServoMotors.shtml>. Acesso em 27/05/2016

FERNANDES, Guilherme . **Exploração de ambientes não estruturados através de manipulador robótico implementando controlador de impedância com parâmetros variáveis**. 2013 . Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013

G1. **Custo do trabalho na indústria sobe 11,6% em 4 anos, aponta estudo**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/12/custo-do-trabalho-na-industria-sobe-116-em-4-anos-aponta-estudo.html>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

IFR, International Federation of Robots. **Executive sumary industrial robots**. Disponível em <www.ifr.org>

IWAKIRI, S.; KEINERT JUNIOR, S.; ALBUQUERQUE, C.E.C; LATORRACA, J.V.F; MENDES, L.M. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches-Série Tekne**. AMGH Editora, 2013.

RITTER, Djonatan. et al. **Estudo e Projeto de um robô acionado pneumáticamente para aplicação industrial**. In: Salão do Conhecimento XIX Jornada de Pesquisa, 2014, Panambi/RS. Salão do Conhecimento. Ijuí/RS: UNIJUÍ, 2014.

ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION. **A tribute to Joseph Engelberger: Unimate, the first industrial robot**. Disponível em: <<http://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

SANTOS, Vítor M.F. **Robótica Industrial**. Apostila. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Portugal, 2004.

SILVA, Renato A. **Programando Microcontroladores PIC: Programação em Linguagem C**. São Paulo: Editora Ensino Profissional, 2007.

SILVA, Jobson Francisco da. **Construção e controle inteligente de um manipulador robótico com dois graus de liberdade** – Natal, RN, 2012, p. 24. Disponível em: <<http://repositorio.ufm.br:8080/jspui/handle/123456789/15419>>. Acesso em: 15/05/2016

VALDIERO, Antonio Carlos; ANDRIGHETTO, Pedro Luis. **Pesquisa em mecatrônica orientada aos desafios da sociedade**. Oitava Jornada de pesquisa da UNIJUÍ (campi Ijuí e Santa Rosa). 2003.