

GARRA ROBÓTICA AUTOMATIZADA

Laura Aparecida Jacinto
laurajacinto07@gmail.com

Ildeberto de Genova Bugatti
bugatti.fatec@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Garça
Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Resumo

O crescimento de uso de robôs nas indústrias é motivado pelos seguintes fatores: aumento de produtividade; melhoria de qualidade de produtos; aumento da segurança dos trabalhadores; diminuição dos acidentes de trabalho e custos de produção. Para tanto, os robôs substituem o homem em tarefas que necessitam precisão e repetitividade de movimentos. O objetivo geral desse trabalho foi projetar e construir uma garra robótica para manusear objetos em uma linha de manufatura genérica e substituir a ação humana por um robô em ambientes e em atividades que comprometem a saúde do colaborador com movimentos repetitivos e exaustivos. No projeto mecânico e controle eletrônico da garra desenvolvida, foram utilizados conceitos, técnicas e ferramentas da mecatrônica industrial. Os resultados obtidos foram animadores, diminuindo riscos ocupacionais e agregando recursos de automação para aumentar produtividade e qualidade do processo de manufatura que exigem movimentos repetitivos.

Palavras-chave: Automação Industrial; L.E.R; Garra Robótica, Sistemas Microcontrolados; Servomotores.

Abstract

The growth of the use of robots in the industries is motivated by the following main factors: increase of productivity; product quality improvement; Increase worker safety; Reduce work accidents and reduce production costs. To do so, robots replace man in task accomplishments that require speed, accuracy, and repeatability of movement. The general objective of this work was to develop a robotic grip to manipulate objects in a generic manufacturing line and to replace human action by a robot in environments and activities that compromise the health of the collaborator with repetitive and exhaustive movements. In the mechanical design and electronic control of developed claw, concepts, techniques and tools of industrial mechatronics were used. The results obtained through tests were encouraging, reducing employees' occupational hazards and adding automation resources to increase productivity and the quality of the manufacturing process that require repetitive movements.

Keywords: Industrial Automation, DORT; Robotic Claw, Microcontrolling Systems; Servo Motors

1. Introdução

Este projeto é fruto de pesquisa para o Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Tecnologia de Garça do curso Superior em Mecatrônica Industrial. Com foco no aumento dos custos causados pela falta da ergonomia na indústria buscou-se uma solução que emprega conhecimentos adquiridos no decorrer do curso motivado

pela necessidade de um sistema que manipule e transfira objetos para diferentes localidades em ambiente de chão de fábrica.

Um dos fatores que contribuem para gerar qualidade e produtividade em processos de manufatura industriais está relacionado ao nível de motivação dos colaboradores que atuam nesses processos. Estudos comprovam que a ergonomia apropriada dos equipamentos e ferramentas utilizadas pelos colaboradores contribui de forma efetiva para gerar maior conforto no ambiente de trabalho, possibilitando aumento na produtividade além de diminuir e ou evitar as lesões ocupacionais, minimizando tanto afastamentos temporários de funcionários da atividade produtiva quanto necessidades de alteração frequente das equipes de produção.

Um ambiente de trabalho ergonomicamente incorreto pode provocar limitações físicas e mentais para o funcionário que insatisfeito e desconfortável produz menos, sofre dores além de gerar desmotivação. Um ambiente bem planejado que busque diminuir tais dificuldades é o primeiro passo para se atingir a qualidade de trabalho dos colaboradores e consequentemente melhor qualidade e produtividade dos funcionários.

Um dos grandes problemas atualmente encontrados nas lesões entre os funcionários é o L.E.R (Lesões por Esforços Repetitivos) também chamada de D.O.R.T. (Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho), L.T.C. (Lesão por Trauma Cumulativo), A.M.E.R.T. (Afecções Musculares Relacionadas ao Trabalho) ou síndrome dos movimentos repetitivos, L.E.R. é causada por mecanismos de agressão, que vão desde esforços repetidos continuamente ou que exigem muita força na sua execução, até vibração, postura inadequada e estresse. Não sendo necessariamente uma doença, o L.E.R provoca um grupo de doenças tais como tendinite, tenossinovite, bursite, síndrome do desfiladeiro torácico, síndrome do pronador redondo, mialgias entre outras que atingem nervos, tendões e músculos na maioria dos casos dos membros superiores que, inflamados, provocam dores e impedem que os colaboradores realizem suas funções de forma correta e produtiva chegando a alguns casos impedi-los de realizar suas funções.

Acredita-se que o primeiro médico a descrever a L.E.R tenha sido Bernardo Ramazzini em 1713. Considerado o pai da Medicina Ocupacional, descreveu um grupo de afecções músculo esqueléticas entre as quais a encontrada em notários e escreventes que, acreditava ele, ser pelo uso excessivo das mãos no trabalho de escrever, com o passar do tempo e a implementação de novos ofícios dependentes de movimentos repetitivos constantes mais e mais casos foram surgindo.

No Brasil, a primeira referência oficial a esse grupo de afecções do sistema músculo-esquelético foi feita pela Previdência Social, com a terminologia tenossinovite do digitador, através da portaria nº 4.062, de 06/08/87. Em 1992, a Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo publicou a resolução SS 197/92, já introduzindo oficialmente a terminologia Lesões por Esforços Repetitivos (LER), após amplo processo de discussão entre os mais diferentes segmentos sociais. Nesse mesmo ano, a Secretaria de Estado do Trabalho e Ação Social e Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais publicaram a resolução 245/92, baseada na resolução SS 197/92, de São Paulo. (SETTIMI, TOLEDO, PAPARELLI, MARTINS, SOUZA, SILVA, 2000, p. 9).

No tratamento do L.E.R., além do uso de anti-inflamatórios em muitos casos é indicado o repouso dos membros afetados e fisioterapia, chegando a situações mais graves à necessidade de intervenção cirúrgica que afasta durante um grande período o colaborador causando assim custos para as empresas. Os setores com mais casos de LER são Bancário, Comércio, Processamento de dados, Têxtil, Confecção, Químico,

Plástico, Serviços e Telecomunicações. (SETTIMI, TOLEDO, PAPARELLI, MARTINS, SOUZA, SILVA, 2000)

No Brasil as lesões por esforços repetitivos e distúrbios ósteo-musculares relacionados ao trabalho são quase uma epidemia que atinge e afasta do trabalho cerca de 100 mil trabalhadores por ano. A Pesquisa Nacional da Saúde que é realizada todo ano pelo IBGE apontou que, em 2013, cerca 3.569.095 trabalhadores disseram ter sido diagnosticados com L.E.R., que nas últimas décadas tem sido a doença ocupacional mais frequente no Instituto Nacional de Seguro Nacional em suas estatísticas.

Dados divulgados pelo site oficial do Instituto Nacional de Seguro Social, no período de 2000 a 2011 apontam um crescimento de 163% na concessão do auxílio doença previdenciário, benefício concedido a quem recebe atestado de mais de que 15 dias pelo médico e oferecido pelo Ministério da Previdência Social no Brasil. Importante salientar que tais afastamentos geram despesas para o setor público de mais de 669 milhões ao ano.

Muitos acreditam que a evolução das máquinas vem para substituir os trabalhadores de suas áreas de trabalho, no entanto, a mecanização das funções antes realizada por tais trabalhadores melhora sua qualidade de vida, diminuindo riscos à saúde, doenças e até acidentes fatais.

Ao adquirir e implantar novas tecnologias em seus processos, uma indústria de manufatura almeja lucros com aumento de produtividade e qualidade de seus produtos. No entanto, usufruem de outros benefícios que também induzem maior produtividade e eficiência também do corpo de funcionários, evitando acidentes e afastamentos de funcionários por motivos de saúde. Garras robóticas contribuem de forma efetiva na diminuição de acidentes de trabalho.

Para atingir o objetivo de diminuir a incidência de problemas gerados aos colaboradores de uma empresa que atuam em processos de manufatura industrial que exigem movimentos repetitivos e exaustivos (L.E.R.) foi desenvolvida uma garra robótica para substituir o homem em atividades repetitivas. Como consequência da utilização de garras robóticas são obtidos resultados animadores na uniformidade e aumento de qualidade dos objetos manufaturados em chão de fábrica. O projeto em tela verifica a viabilidade de substituir a atuação humana em atividades que exijam movimentos repetitivos e exaustivos em ambiente fabris, através da utilização de garras robóticas que apresentem uma boa relação de custo benefício. A garra robótica proposta pode ser utilizada em uma diversidade de atividades, possibilitando aumento no padrão de qualidade e uniformidade nos produtos manufaturados.

O braço mecânico é um manipulador projetado para realizar diferentes tarefas e ser capaz de repeti-las (ROSÁRIO, 2005) funções que desde do séc. IV a.C. já vinham sendo buscadas por Aristóteles, Leonardo da Vinci, Charles Babbage, Nikolas Tesla entre outros que contribuíram para o atual estágio do desenvolvimento tecnológico.

A empresa Universal Automation Inc. fundada por George Devol e Joseph F. Engelberger em 1956, juntamente com alguns engenheiros e programadores da Universidade de Stanford teria sido a primeira companhia a produzir um robô manipulador industrial, conhecido na época como Máquina de Transferência Programada, dada a função de transferir objetos de um ponto para outro, utilizando atuadores hidráulicos que eram programados a partir de coordenadas. O primeiro manipulador robótico foi patenteado e utilizado pela General Motors (GM) era denominado UNIMATE.

O grande fator que elevou a robótica aos patamares atuais ocorreu nos anos 70, momento em que grandes empresas visualizaram suas vantagens e se renderam a nova tecnologia. Dentre elas é possível citar a General Eletric e a General Motors.

2. Referencial Teórico

A ISO 10218 é a norma que especifica requisitos e diretrizes para o design seguro inerentes a medidas de proteção e informações para uso de robôs industriais. Ela descreve fatores que apresentam perigos básicos associados com robôs e fornece requisitos para eliminar ou reduzir adequadamente os riscos associados a esses perigos.

Segundo essa ISSO, um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos programados para a realização de uma variedade de tarefas.

Para a realização do projeto foi desenvolvida pesquisa teórica extensa dos temas envolvidos com Mecatrônica tais como Mecânica, Sistemas Microcontrolados, Microcontroladores, Linguagens de Programação, braços robóticos, servomotores, sensores e atuadores.

Os movimentos previstos para a garra robótica foram gerados através de servomotores, que apresentam dimensões reduzidas e torque relevante. A utilização de servomotores proporciona a obtenção de movimentos precisos e robustos. Os movimentos em servomotores são gerados por pulsos elétricos aplicados em seus terminais (PWM). Na garra desenvolvida, os pulsos elétricos são gerados por um microcontrolador Arduino programado utilizando linguagem C para gerar movimentos precisos e com potência adequada.

A substituição do ser humano por um equipamento automatizado gera uniformidade no processo de manufatura consequentemente maior qualidade do produto final. Para tanto, o sistema de controle deve ser projetado e programado adequadamente para realizar movimentos sincronizados para obter os resultados esperados em uma determinada aplicação.

O controle da garra robótica é realizado utilizando uma placa de programação de desenvolvimento contendo um microcontrolador Arduino. O sistema utilizado caracteriza-se como uma plataforma de prototipagem de sistema de controle muito utilizada por propiciar um sistema de desenvolvimento colaborativo, gerando maior velocidade de desenvolvimento. Avaliações e dimensionamentos realizados contribuíram para definir o microcontrolador Arduino utilizado.

A placa utilizada neste projeto utiliza a linguagem de programação C, que é uma linguagem de programação compilada de uso geral sendo uma das mais utilizadas em sistemas microcontrolados por propiciar tratamento e controle próximo ao hardware.

2.1. Conceitos e características de Garras

Segundo Rosário (2005), “o braço do robô executa movimentos espaço, transferindo objetos e ferramentas de um ponto para outro. Na extremidade do braço, existe um atuador usado na execução de suas tarefas”. O atuador na extremidade do braço é próprio para a realização da atividade para a qual o robô foi projetado tendo, como o atuador é um dos elementos mais importantes para a execução é necessário que seja adequado às condições e sua área de trabalho que pode ser carregar e descarregar

máquinas, manipular e paletizar objetos e até mesmo realizar atividades mais precisas como cirurgias e solda.

Os atuadores existentes são classificados em dois tipos principais: Garras e Ferramentas especializadas. Existem vários tipos de Garras ou mãos mecânicas no mercado, cada uma delas adequada a uma atividade ou aplicação específica:

- Com sujeição por pressão – as laterais da garra realizam força para apoiar o objeto;
- Com sujeição magnética – por meio de um imã o objeto é mantido na posição;
- Com sujeição a vácuo – a utilização do ar comprimido mantém a peça apoiada;
- Com sujeição de peças a temperaturas elevadas;
- Resistência a produtos corrosivos e/ou perigosos;
- Com sensores e entres outros.

As Ferramentas especializadas mais utilizadas são:

- Pistolas pulverizadas – como, por exemplo, em pintura, metalização;
- Soldagem por resistência por pontos;
- Soldagem por arco;
- Dispositivos de furação – com brocas ou outros equipamentos próprios em sua extremidade;
- Polidoras,
- Outras aplicações.

A garra ou mão mecânica busca o manuseamento dos objetos sendo comparada à mão humana, no entanto, ela não é capaz de simular seus movimentos tanto pela dificuldade de sua construção quanto pelo valor agregado ao braço por tal tecnologia que em muitos casos nem se tem a necessidade, limitando assim os movimentos a uma faixa de operação.

Como em alguns casos são necessários apenas alguns movimentos que a mão humana realiza, cada tipo de garra busca reproduzir tais movimentos adaptando sua construção para tal. A Fig. 1. Mostra os principais movimentos que uma garra robótica deve realizar: cilíndrico, ponta de dedo, gancho, palmar (movimento de pinça entre polegar e indicativo), esférico e lateral.



Figura 1- Formas de Preensão
Robson Merli (2016)

Conforme foi crescendo a demanda em diferentes ambientes foram desenvolvidas diversas garras, para possibilitar o manuseio de objetos de diferentes

tamanhos, formas e matérias cada qual própria a um tipo específico de atividades na área industrial que podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Garra de dois dedos;
- Garra de três dedos;
- Garra para objetos cilíndricos;
- Garra para objetos frágeis;
- Garra articulada;
- Garra a vácuo e eletromagnética;
- outras.

Há também uma subcategorização de garras com classificação por número de contatos mecânicos com o objeto, tendo em vista que o tipo e quantidade de contato do manipulador com o objeto interfere em muito em sua precisão e na segurança no decorrer da peça se caso houver no perímetro.

Os contatos são classificados em:

- Simples - quando a peça é apoiada em apenas um contato (dedo) da garra;
- Duplo - quando a peça é apoiada em dois elementos mecânicos;
- Contato externo ou interno;
- Encaixe, Fricção e Retenção;
- Contato em “V”.

A garra de dois dedos realiza a função de pinça que a partir de dois contatos mecânicos simula movimentos realizados pelos dedos humanos indicador e polegar. Tal movimento foi uma habilidade que o homem adquiriu e que permitiu a realização de diversas atividades que exigem movimentos precisos, tais como escrita. Com tal capacidade, a garra tem uma precisão e força para realizar o transporte de objetos desde que este possa ser encaixado de forma correta nos seus contatos.

A garra apresenta dois tipos de movimentos que geram precisão e eficiência. Um deles é denominado movimento paralelo, possibilitando que os contatos da garra que se movimentam linearmente deslizem em um sistema de apoio e prendendo o objeto.

O segundo movimento que uma garra de dois dedos pode realizar é o movimento rotativo, no qual os dois contatos estão conectados a um eixo. A movimentação deste eixo realiza o fechamento e a pressão dos contatos no objeto. Uma das deficiências deste tipo de garra é a limitação da abertura dos dedos, que restringe as dimensões dos objetos que podem ser manuseados. O movimento rotativo permite uma maior abertura da garra e conseqüentemente uma oportunidade de trabalhos realizados com objetos de maior volume, como podemos na Fig. 2.

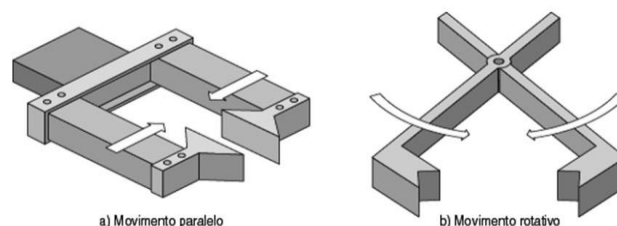


Figura 2- Formas de movimentação de garras (ROSÁRIO, 2005)

2.2. Conceitos e características dos motores

Para controlar velocidade e precisão de movimentos de motores são utilizadas várias técnicas, adaptadas às características técnicas dos mesmos. Em motores de passos são controladas tanto a quantidade de passos quanto a velocidade desses passos. Em um servo é possível determinar e controlar o movimento do motor em graus com excelente precisão, limitado a um ângulo de 180 graus.

O servomotor trabalha com servomecanismos que usa um feedback de posição para controlar a velocidade e a posição final do motor. Ele é composto por vários elementos: um motor; um circuito de realimentação, um controlador e outros circuitos complementares tais como um codificador ou sensor de velocidade (encoder) que tem a função de fornecer o feedback de velocidade e posição. A Fig. 3 mostra a organização interna de um servomotor.

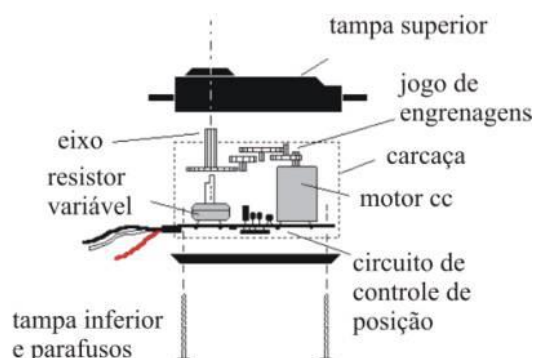


Figura 3- Constituição e funcionamento (CARVALHO, ano???)

O servomotor é alimentado com tensões de 5 V e recebe um sinal no formato PWM (Pulse Width Modulation - Modulação de largura de pulso). Este sinal é 0 V ou 5 V. O circuito de controle do servo fica monitorando este sinal em intervalos de 20 ms. Se neste intervalo de tempo, o controle detecta uma alteração do sinal na largura do sinal, ele altera a posição do eixo para que a sua posição coincida com o sinal recebido.

Um sinal com largura de pulso de 1 ms corresponde à posição do servo todo a esquerda ou zero grau. Um sinal com largura de pulso de 1,5 ms corresponde à posição central do servo ou de 90 graus. Um sinal com largura de pulso de 2 ms corresponde à posição do servo todo a direita ou 180 graus, como é possível ver na Fig.4 que se segue.

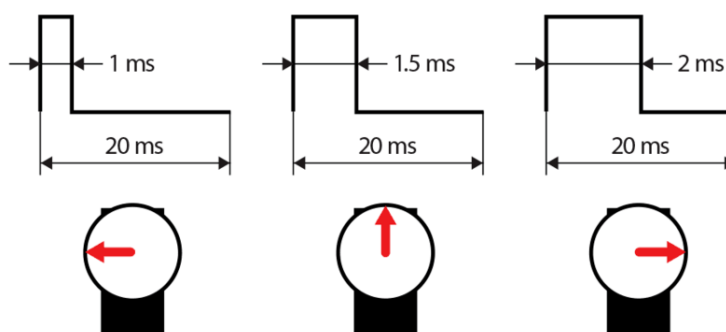


Figura 4- Pulsos para controle de um servomotor (RAMB, 2017)

A direção de rotação do servomotor depende da posição de um potenciômetro. O motor vai girar na direção leva o potenciômetro mais rapidamente na posição correta. Ao se tentar alterar a posição do servomotor, verifica-se uma resistência feita pelo motor.

3. Desenvolvimento

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado placa Arduino R3 Uno por propiciar facilidades de programação utilizando linguagem C, já estudada e dominada. O módulo Arduino utilizado possibilita prototipagem rápida e desenvolvimento colaborativo. O módulo contém um microcontrolador Atmel AVR de 8 bits; um regulador linear de 5 volts; um oscilador de cristal de 16 MHz, interface USB e; um sistema de bootloader pré-programado, que simplifica o carregamento de programas para o chip de memória flash do microcontrolador. O Arduino utilizado possui 28 pinos, sendo que 23 desses podem ser utilizados como entradas e saídas digitais.

3.1. Atividade de Programação e Definição de Bibliotecas

Dentro da estrutura dos compiladores encontramos bibliotecas que facilitam a programação para que não seja necessária a busca contínua de certos comandos e suas produções dentro do corpo do programa, como por exemplo, a biblioteca “math.h” que no compilador Dev C++ é utilizada para realizar funções matemáticas.

Para a realização do projeto foi utilizado o compilador próprio da placa Arduino oferecido pela empresa desenvolvedora, juntamente com o compilador vem diversas bibliotecas e entre elas será utilizada para a programação a biblioteca “Servo.h”. Esta biblioteca no software do Arduino permite que ele controle até 12 servomotores na maioria das placas Arduino e 48 no Arduino Mega. O uso da biblioteca desabilita o uso da função analogWrite (desabilitando o sinal analógico e permitindo o sinal digital) nos pinos 9 e 10 (exceto no Arduino Mega). No Mega o uso de 12 a 23 servomotores desabilitará o a função analogWrite nos pinos 11 e 12.

Para gerar os comandos que controlam o protótipo da mão robótica construída foi utilizado um teclado que gera código ASCII (American Standard Code for Information Interchange). O programa de controle e interpreta os comandos enviados pelo teclado, utilizando uma sequência de “ifs” e envia para o servomotor o valor já definido em graus. As tabelas que seguem exemplificam a forma de controle.

O programa controla os três (3) servomotores que compõem a garra: um motor responsável pela movimentação da base da garra que permite girá-la 0°, 90° e 180° em relação ao braço (tabela 1); o segundo motor permite a movimentação de um dedo da garra em 20°, 45° e 65° (tabela 2) e; o terceiro motor realiza a movimentação do segundo dedo da garra que contém dois dedos em 45°, 70° e 90° (tabela 3). O programa permite que se movimentem os dedos da garra tanto de maneira isolada quanto ou simultânea como mostra a tabela 4.

Tabela 1- Base

Servomotor –		
Tecla	ASCII	Graus
1	49	90°
2	50	180°
3	51	0°

Tabela 2- Garra 1

Servomotor-Garra 1		
Tecla	ASCII	Graus
q	113	20°
w	119	45°
e	101	65°

Tabela 3- Garra 1

Servomotor-Garra 2		
Tecla	ASCII	Graus
a	97	45°
s	115	70°
d	100	90°

Tabela 4- Garras 1 e 2

Servomotor – Garra 1 e 2			
Tecla	ASCII	Braço 1	Braço 2
z	122	20°	45°
x	120	45°	70°
c	99	65°	90°

3.2. Estrutura Mecânica

Para o desenvolvimento da estrutura mecânica da garra foram utilizados utilizado 3 (três) servos 9g SG90 TowerPro, por apresentarem pequenas dimensões, velocidade e torque adequados e exigidos pela aplicação.

A construção do protótipo projeto tem como objetivo principal a produção de uma garra para transportar objetos. A garra desenvolvida realiza o movimento de pinça, simulando a função exercida pelos dedos polegar e indicador da mão humana. As dimensões da garra construída permitem o manuseio de objetos de dimensões reduzidas.

A garra robótica construída foi produzida a partir da substância de MDF (Medium Density Fiberboard – Fibra de Média Densidade, um material oriundo da madeira) cortado a laser que, encaixado e parafusado, suporta tanta a estrutura da garra quanto dos três servos motores que realizam os movimentos da garra. Um deles é utilizado para gerar movimentos da base, outros dois movimentam os dedos da garra.

O servo base é o responsável para o movimento da garra, como dito anteriormente o servomotor realiza movimento até 180 graus levando a estrutura a se movimentar da esquerda para direita que conforme a programação realiza a volta da direita para a esquerda atingindo os valores de 0°, 90° e 180°. Ver Fig.5



(a) Garra na posição inicial da base

(b) Garra com a base em movimento

Figura 5- Fotos da Garra construída

O servomotor do braço 1 que contém apenas um dedo pode posicionar o dedo em três posições diferentes: descanso que se encontra a 20°; semiaberta com ângulo de 45° em referência a base e; fechada com ângulo de 65°. O terceiro motor controla a garra 2 que contém dois dedos permitindo que ele realize três movimentos, a posição da base de descanso se encontra em 45° a segunda posição que seria a metade do trajeto se encontra a 70° e a última posição no qual os dois dedos se encontram a 90° para que assim as duas se encontrem e fechem por completo a garra em volta do objeto que será manuseado ou transportado.

A programação permite o controle isolado de cada servomotor e com isso a estrutura própria que ele movimenta, porém há um comando que permite o controle dos dois servos motores responsáveis pelos dedos da garra permitindo maior velocidade no transporte do objeto, A Fig. 6 mostra as principais posições da garra: aberta, semiaberta e completamente fechada.



(a) Garra totalmente aberta

(b) Garra semiaberta

(c) Garra totalmente fechada

Figura 6 – Fotos de posições da garra

O fluxograma contido na figura 7 mostra as etapas e subsistemas gerados para realizar o controle de movimentos e operação da garra desenvolvida. O operador trabalha em um sistema com recursos de IHM (Interação Homem-Máquina) que apresenta comandos que controlam os servomotores responsáveis pelos movimentos da garra, evitando contato direto e a realização de movimentos repetitivos.

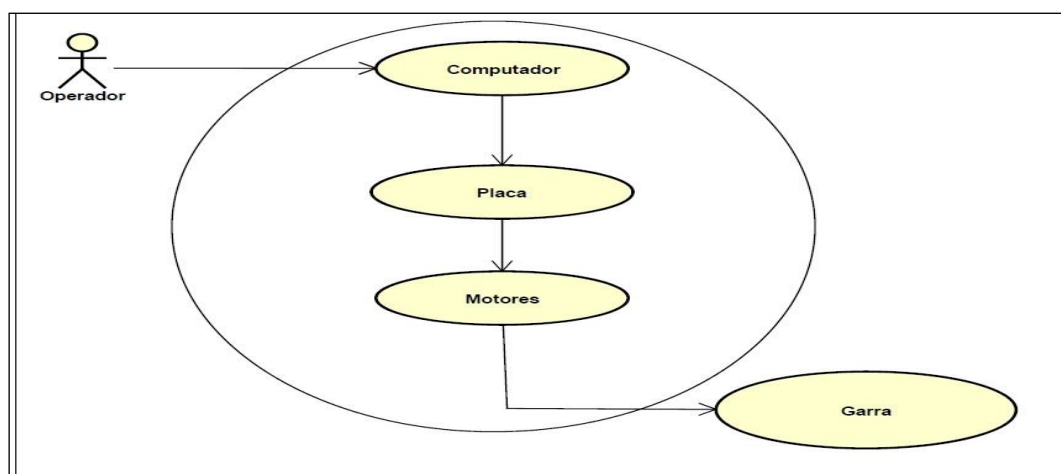


Figura 7 - Diagrama de funcionamento

4. Considerações Finais

A garra produzida como protótipo para o projeto realizou os movimentos necessários e esperados de maneira simples e eficiente, características intrínsecas a um sistema robótico, onde tempo e simplicidade são de extrema necessidade.

A simplicidade do protótipo desenvolvido não gerou restrições relevantes, pois a simplicidade construtiva conjugada com um sistema de controle versátil e adaptativo propiciou o manuseio de objetos com características diferenciadas.

Para obtenção de movimentos com maior grau de liberdade e alcance sugere-se a inserção de um braço no projeto da garra. O braço acoplado de forma sincronizada aos movimentos da base construída permitirá aumentar tanto a quantidade de movimentos quanto possibilitar o manuseio de objetos de maior volume.

É incontestável que o objetivo de reduzir lesões causadas por movimentos repetitivos em ambientes hostis é propiciado pelo projeto em tela.

A integração do sistema de controle e os periféricos utilizados pode viabilizar a reprodução e utilização da garra desenvolvida em diversas aplicações é propiciada pelas características de projeto colaborativo utilizado no seu desenvolvimento. Assim, a garra pode ser utilizada em aplicações diferentes processos, reprogramando características de movimentos de forma rápida e modular.

Os testes realizados no protótipo desenvolvido auxiliam a tomada de decisões e realização de modificações no projeto original, simplificando seu processo construtivo e aumentando a capacidade e versatilidade do sistema de controle automatizado.

5. Referências

Abergo, Brasil,2000. **O que é ergonomia.** Disponível em <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 06 de março 2017.

Arduino,2017. **Servo Library.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/reference/servo>>. Acesso em 02 abril 2017

Barbosa Filho, Antônio Nunes. **Segurança do trabalho & Gestão ambiental.** São Paulo: Atlas, 2001.

Circuitar eletrônicos, 2013. **Programação para Arduino - Primeiros Passos.** Disponível em <<https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/#introduo>> Acesso em 24 de fev 2017.

Ebah, **Robótica Industrial**, Robson Merli, Brasil,2016. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFp1cAG/robotica-industrial?part=6>> Acesso em 24 de março 2017.

Funda Centro, Brasil,27 de fevereiro de 2015. **Casos de LER/Dort ainda preocupam.** Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2015/2/casos-de-lerdort-ainda-preocupam>> Acesso em 14 fev.2017

Fundacentro, Brasil, 25 de fevereiro de2016. **LER/DORT atinge 3,5 milhões de trabalhadores** <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2016/2/pesquisadores-da-fundacentro-comentam-sobre-a-lerdort>>Acesso em 25/fev/2017

ISO 10218-1:2011,2001. Disponível em <<https://www.iso.org/standard/51330.html>> Acesso em 02 de março 2017

LER/DORT. [Dr. Antonio Carlos Novaes, Histórico do fenômeno LER/DORT. 29 de maio de 2017. Disponível em <https://www.lerdort.com.br/editorial/82/conceitos-gerais/historico-do-fen-meno-ler-dort>](https://www.lerdort.com.br/editorial/82/conceitos-gerais/historico-do-fen-meno-ler-dort) Acesso em 02 de maio 2017.

Nunovictor, **Aplicações informáticas B**, João, Brasil, 2015. Disponível em <<http://nunovictor.blogspot.com.br/2015/10/padroes-de-codificacao-de-carateres.html>>Acesso em 10 de abril 2017.

Portal Brasil, 2010.Lesão **por esforço repetitivo: Ler.** Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/lesao-por-esforco-repetitivo-ler>>Acesso em 24 de fev de 2017.

Revista Cipa,Brasil, 10 de julho de 2015. **Prevenção de afastamento médico pode economizar milhões para empresas e governo.** Disponível em <<http://revistacipa.com.br/prevencao-de-afastamento-medico-pode-economizar-milhoes-para-empresas-e-governo/>>Acesso em 14 de março 2017

Ribeiro Neto, João Batista M. **Sistemas de gestão integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho.** São Paulo: Editora Senac São Paulo,2008.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios da mecatrônica.** São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SETTIMI, Maria Maeno; TOLEDO, Lúcia Fonseca de; PAPARELLI, Renata; MARTINS, Milton; SOUZA, Ildeberto Muniz de; SILVA, João Alexandre Pinheiro.

Lesões por esforços repetitivos (ler) /distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (dort). Brasil: Ministério da Saúde,2000.