

## PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA GARRA PARA BRAÇO ROBÓTICO APLICADO A ESTUDOS EM ROBÓTICA INDUSTRIAL

**Jonas Duarte Molleta** – jonas.molleta@facens.br

**Denis Borg** – denis.borg@facens.br

**Marcelo Mendes de Aguiar** – marcelo.aguiar@facens.br

**Mauro Rocha Ruiz** – mauro.ruiz@facens.br

Centro Universitário Facens – Laboratório de Manufatura Avançada 4.0

Rodovia Senador José Ermírio de Moraes, 1425 – Jardim Constantino Matucci

CEP: 18085-784 - Sorocaba - SP

**Resumo:** *A história da automação industrial se caracteriza por períodos de rápidas mudanças em métodos e tecnologias de processos. Por isso, o mercado de trabalho exige um profissional atualizado, de maior preparação e vivência prática para acompanhar esse ritmo acelerado do avanço dos meios técnico-científicos. A partir disso, com o intuito de promover novas metodologias e facilitar o ensino na área de robótica industrial, o grupo de estudos vinculado ao Laboratório de Manufatura Avançada 4.0 do Centro Universitário Facens projetou e desenvolveu uma garra mecânica, fabricada em impressão 3D, para o manipulador robótico disponível na instituição, que atua como uma ferramenta para suporte de variados tipos de canetas, possibilitando ao robô a tarefa de desenhar trajetórias em superfícies planas. Com a aplicação desta garra, é possível a realização de estudos práticos e a demonstração, de maneira didática, de princípios referentes à robótica industrial.*

**Palavras-chave:** *Robótica Industrial. Garra robótica. Mecatrônica.*

### 1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 traz um cenário inovador, mas exige também novas práticas no ambiente acadêmico para possibilitar o acompanhamento deste ritmo acelerado de evolução do mercado de trabalho. As mais recentes tecnologias estão demandando a rápida compreensão das novas atividades econômicas que estão sendo criadas. Diversas profissões estão perdendo relevância e muitas outras estão sendo criadas para atender o momento da indústria. Cabe ao ambiente acadêmico o entendimento deste momento, a conversão em conhecimento e a adaptação para transmitir o aprendizado para os novos profissionais que atuarão na indústria.

O robô industrial, segundo Craig (2012), tornou-se dispositivo ímpar na década de 1960, ainda durante a terceira revolução industrial, e atualmente, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias da quarta revolução da indústria, os robôs estão ficando cada vez mais baratos, eficientes e flexíveis (CRAIG, 2012) e, portanto, tornando o conhecimento em robótica cada vez mais importante para os novos profissionais ingressantes no mercado de trabalho.

Com o objetivo de promover uma nova metodologia de ensino na área de robótica industrial, desenvolveu-se esta garra de suporte para caneta, utilizada como ferramenta de trabalho no braço robótico articulado vertical de seis eixos de liberdade, disponível no Laboratório de Manufatura Avançada 4.0 do Centro Universitário Facens. Através do uso dessa garra, atribuiu-se ao manipulador robótico a tarefa de executar desenhos e trajetórias sobre uma superfície plana, possibilitando ao aluno a compreensão de conceitos teóricos da robótica industrial de maneira prática, como por exemplo sistemas de coordenadas, tipos de movimento, além de possibilitar uma nova abordagem sobre a linguagem de programação de robôs, entre outros fundamentos.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Histórico e definição de robô

A palavra robô deriva-se da palavra eslava “robota”, que significa trabalhador forçado. Foi usada pela primeira vez em 1921 pelo dramaturgo Karel Capek (Groover, 1988).

De acordo com a norma ISO 8373:2012, o robô é uma máquina manipuladora, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial.

#### 2.1.2 Anatomia de um manipulador robótico

Os manipuladores consistem em elos quase rígidos, que são conectados por juntas, as quais permitem o movimento relativo dos elos vizinhos. Na ponta livre da cadeia de elos que forma o manipulador fica o efetuador. Dependendo da aplicação pretendida para o robô, o efetuador pode ser uma garra, um maçarico de solda, um eletromagneto ou outro dispositivo (CRAIG, 2012).

#### 2.1.3 Efetuador

Na robótica, o termo órgão terminal, ou efetuador, é usado para descrever a mão ou ferramenta que está conectada ao pulso do braço robótico (Groover, 1989). O órgão terminal depende da aplicação ao qual se destina, podendo ser desde uma pistola de solda, garras mecânicas, pulverizadores de tintas, entre outros. Neste projeto, desenvolveu-se uma garra para caneta que possibilita a realização de desenhos com um braço robótico vertical articulado, sobre superfícies planas.

### 2.2 Configuração dos robôs

A configuração física dos robôs está relacionada com os tipos de juntas que ele possui (Groover, 1989), sejam elas prismáticas, de rotação ou revolução. A partir disso, determinam-se diferentes tipos de robôs, com diferentes graus de liberdade, como os robôs cartesianos, cilíndricos, esféricos, articulado vertical, entre outros.

#### 2.2.1 Robô articulado vertical

Este tipo de robô possui três juntas rotativas a partir da sua base (Groover, 1989). São os mais utilizados nas indústrias por terem uma configuração semelhante ao braço humano (braço, antebraço e pulso). É o modelo mais versátil entre os manipuladores, pois assegura e permite maiores movimentos dentro de um espaço compacto. A garra deste projeto foi projetada para ser utilizada em um braço robótico deste tipo, cujo modelo, disponível na instituição Facens, possui seis eixos de liberdade, acionamento via servo motores de corrente alternada e possui como efetuador uma ferramenta pneumática.

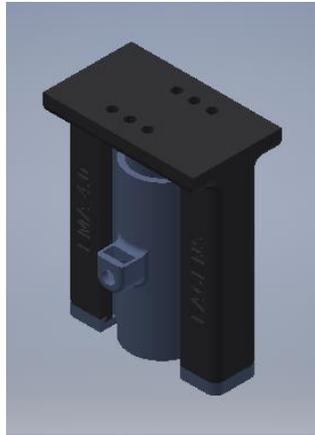
### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Aspectos construtivos da garra

##### 3.1.1 Modelagem da garra

O software de CAD (Desenho Assistido por Computador) utilizado para a modelagem da garra foi o Autodesk Inventor. Nesse software, além do ambiente utilizado para a realização dos desenhos 3D, foi utilizado também o ambiente de montagem, para a simulação e união das peças constituintes da garra. A figura abaixo ilustra a estrutura completa formada pela junção de todas as partes construtivas deste projeto.

Figura 1 - Garra completa.



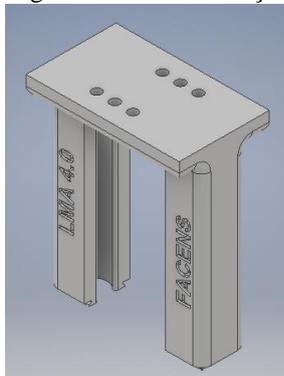
Fonte: Elaborado pelo autor.

As partes constituintes da garra, que serão detalhadas a seguir, são: acoplamento da caneta, base de fixação da garra no robô articulado e tampas para os canais de mola.

##### 3.1.2 Base de fixação

É a primeira parte constituinte da garra deste projeto, fixada junto à garra paralela pneumática já instalada no manipulador robótico disponível no Centro Universitário Facens, através de seis parafusos de rosca M3. Possui dois canais verticais, que servem como guia para o acoplamento da caneta e é onde são colocadas também duas molas, uma em cada canal, que amortecem e reduzem os danos que poderiam ser causados a ponta da caneta que está sendo utilizada na garra, em razão de imperfeições de nivelamento da superfície onde está sendo executado um desenho com o braço robótico. Abaixo uma imagem ilustrativa deste item no software de CAD 3D.

Figura 2 - Base de fixação.

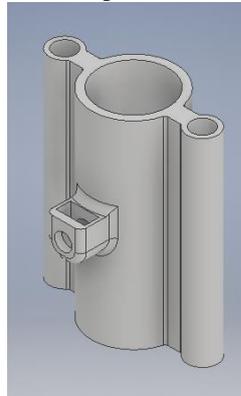


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.3 Acoplamento da caneta

É a peça onde deve ser inserida e acoplada a caneta que deseja-se utilizar para a execução do desenho com o braço robótico. Possui um furo principal de 24 mm, onde é inserido a caneta, e outros dois furos cegos de 7,5 mm, onde são acopladas as molas de nivelamento. A caneta é presa dentro do furo principal a partir da utilização de um parafuso de rosca M5, que é inserido no furo localizado no centro da peça, onde também há um rasgo para acoplamento de uma porca. Isso permite a utilização de diferentes tipos e diâmetros de canetas, de acordo com o desejo do usuário. Abaixo uma imagem ilustrativa deste item.

Figura 3 - Acoplamento da caneta.

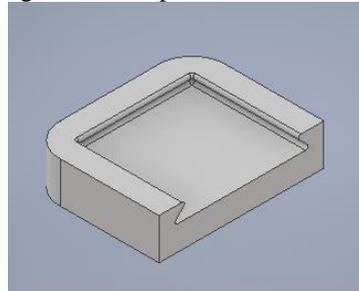


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.4 Tampas dos canais de mola

São as menores peças constituintes da estrutura da garra deste projeto. Possuem como função apenas a limitação do curso de deslocamento do acoplamento da caneta, para que o mesmo não se desprenda da estrutura. Para isso, as tampas são encaixadas por interferência em cada um dos canais de mola da base de fixação. Abaixo uma imagem ilustrativa deste item.

Figura 4 - Tampa do canal de mola.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 3.2 Processo de fabricação

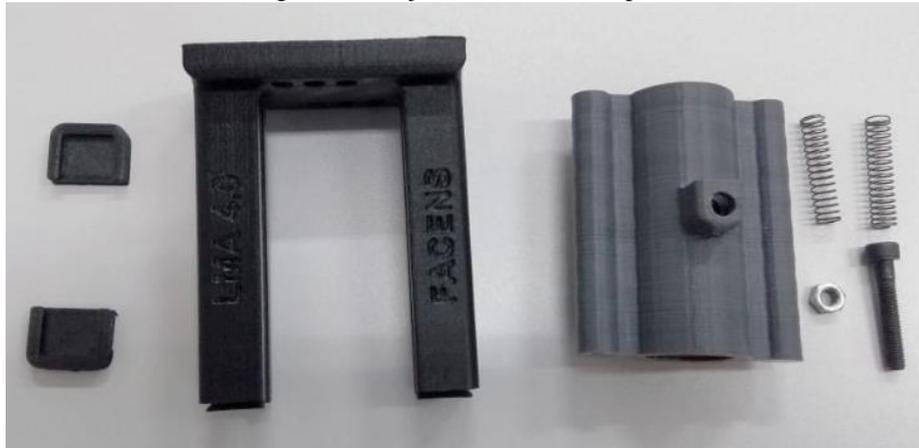
A garra robótica desenvolvida para cumprir a função de ferramenta para suporte de caneta foi fabricada totalmente em impressão 3D, no laboratório de prototipagem do Centro Universitário Facens, o Fablab. A tecnologia de manufatura aditiva utilizada foi a FDM (Fused Deposition Modeling), que consiste na deposição e extrusão de filamentos de termoplásticos, camada por camada, sobre uma superfície aquecida, até a formação do objeto tridimensional desejado.

Além de ser um processo de fabricação de protótipos de baixo custo em relação a outros métodos convencionais, a impressão 3D foi escolhida para a construção deste projeto devido a acessibilidade e disponibilidade de impressoras 3D na instituição. O material utilizado na

impressão e constituinte da estrutura da garra é o polímero ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), que é um material termoplástico rígido, resistente a altos impactos e que apresenta alta durabilidade (FERREIRA, 1997).

Abaixo uma imagem do conjunto fabricado completo constituinte da garra desenvolvida neste projeto, com todas as peças que foram impressas em 3D, as molas, utilizadas no sistema de auto nivelamento da caneta, e também o parafuso DIN 912 M5 X 30 e sua porca, aplicados para a fixação da caneta em seu alojamento.

Figura 5 - Conjunto fabricado completo.



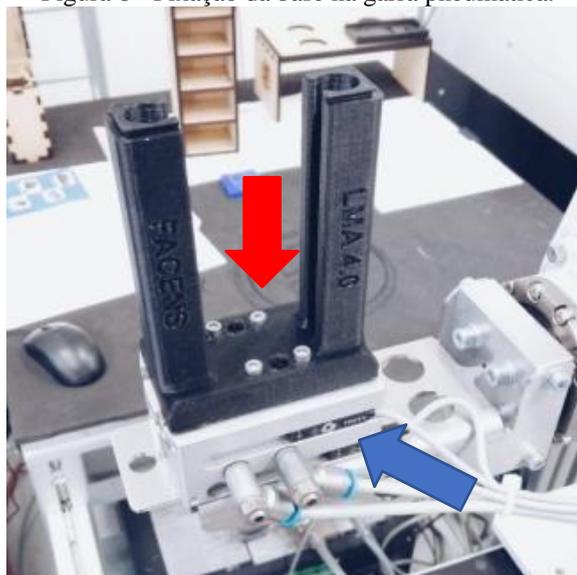
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 Princípio de funcionamento

#### 3.3.1 Montagem física

A partir de todas as peças já listadas nos itens anteriores, para a realização da montagem do conjunto da garra desenvolvida neste projeto no braço robótico articulado, inicialmente, fixa-se a base na garra pneumática paralela já instalada construtivamente no robô, a partir de quatro parafusos DIN 912 M3 X 10, conforme a imagem abaixo, onde o que está indicado por uma seta azul é a garra pneumática que pertence a estrutura do robô e o que está indicado pela seta vermelha é a base de fixação da garra da caneta.

Figura 6 - Fixação da base na garra pneumática.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após isso, insere-se as molas pertencentes ao sistema de nivelamento no acoplamento da caneta, conforme a imagem abaixo, onde em vermelho estão destacadas as duas molas. Em verde está indicado onde localizam-se o parafuso e a porca de fixação da caneta.

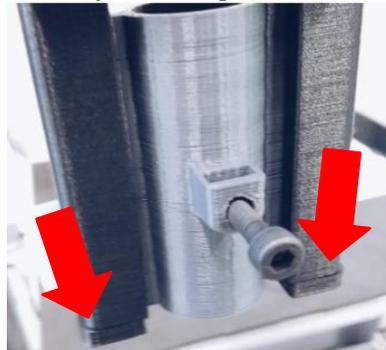
Figura 7 - Sistema de molas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o acoplamento da caneta já montado e encaixado nas guias da base de fixação, insere-se as duas tampas dos canais de mola, conforme imagem abaixo, destacadas por setas em vermelho.

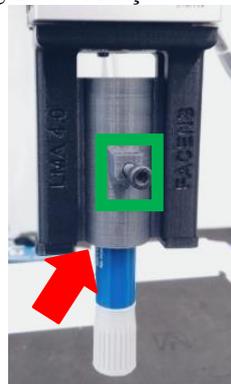
Figura 8 - Fixação das tampas dos canais de mola.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, insere-se a caneta no orifício principal do acoplador, destacado por uma seta vermelha na imagem abaixo, rosqueia-se o parafuso de fixação da caneta, destacado em verde, e o dispositivo está pronto para uso.

Figura 9 - Fixação da caneta.



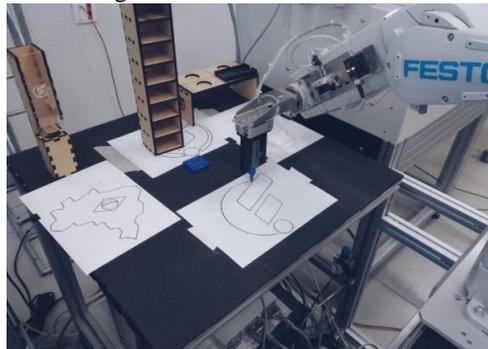
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3.2 Descrição de comportamento

Essa garra foi desenvolvida para utilização com variados tipos de canetas para realização dos desenhos com o robô, de acordo com o desejo do usuário. Isso é garantido pelo sistema de fixação constituído pelo parafuso e a porca, instalados no acoplamento da caneta. Pode-se afirmar que este sistema amplia e diversifica as possibilidades de desenhos a serem executados pelo robô, já que a garra não foi projetada para ser suporte de apenas um único tipo específico de caneta. A única limitação se dá pelo tamanho máximo do orifício principal desta peça, que é de 24 mm. Além disso, devido ao uso da porca, não há desgaste na peça de acoplamento, que poderia ser causado pela rosca do parafuso de fixação, caso houvesse um contato direto.

O acoplamento da caneta desliza livre pela base-guia de fixação, tanto para cima quanto para baixo. Esse movimento, em união com o sistema de molas projetado para essa garra, garante com que a ponta da caneta não seja danificada em caso de pequenas irregularidades na superfície onde o robô está realizando o desenho. Abaixo uma imagem ilustrativa da aplicação desta garra com o robô.

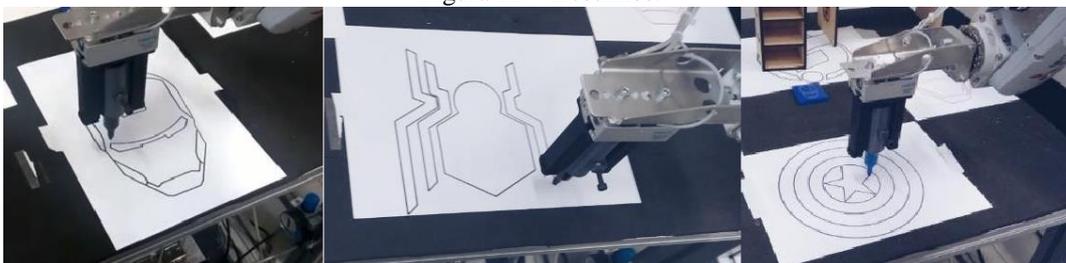
Figura 10 – Robô desenhando.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo outros exemplos de desenhos elaborados pelo braço robótico a partir da utilização da garra desenvolvida neste projeto.

Figura 11 – Desenhos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3.3 Diagrama resumo de processo: do programa até o desenho

Para a realização dos desenhos com o robô, utilizando-se para isso a garra que foi desenvolvida neste projeto, estabeleceu-se dois métodos, sendo o primeiro um método convencional e o segundo uma metodologia alternativa.

No método convencional, descrito pela imagem a seguir (Figura 12), para a realização da programação do robô e posterior realização de desenhos com o braço robótico, é exigido que as medidas do desenho escolhido pelo usuário sejam conhecidas, para a declaração das coordenadas necessárias na programação. A partir das medidas do desenho escolhido, desenvolve-se a programação em ambiente virtual, e posteriormente executa-se no braço robótico real.

Figura 12 - Método convencional.

**DESCRIÇÃO DO PROCESSO: MÉTODO CONVENCIONAL**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já no método alternativo, desenvolvido neste projeto, não é necessário que o desenho ou imagem escolhidos para serem realizados pelo robô tenham as medidas conhecidas. Neste método, escolhe-se a imagem ou desenho a ser executado e, antes da programação, utiliza-se um software gráfico para a vetorização deste arquivo, como é descrito na Etapa 2, pela imagem abaixo. A vetorização consiste na conversão de linhas e contornos de uma imagem em representações numéricas.

Neste projeto o software utilizado para a vetorização é o Inkscape, devido a se tratar de um programa gratuito e que pode ser aplicado tanto em Windows como em Linux. Contudo, para a realização deste processo de converter uma imagem em vetores, existem outros softwares, como por exemplo o Corel Draw, Photoshop, entre outros. Devido a essa vetorização das imagens, é possível a obtenção das coordenadas necessárias para a programação sem a necessidade do conhecimento prévio das medidas do desenho, o que amplia a variedade e facilita a programação do robô.

Figura 13 - Método alternativo.

**DESCRIÇÃO DO PROCESSO: MÉTODO ALTERNATIVO**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi concluído com êxito. A garra desenvolvida cumpriu totalmente a função de ferramenta para suporte de variados tipos de canetas, e possibilitou ao robô a tarefa de executar desenhos sobre uma superfície plana. Ademais, o sistema de nivelamento por molas garantiu a não ocorrência de danos sobre a ponta da caneta, que poderiam ser causados por imperfeições na superfície de desenho.

A partir da utilização da garra desenvolvida neste projeto, possibilitou-se uma nova abordagem de conceitos teóricos nas aulas de robótica industrial. Permitiu também ao aluno uma vivência prática em uma área ascendente no mercado de trabalho, através de uma metodologia dinâmica alternativa. Além disso, a garra também foi utilizada em minicursos de introdução à robótica industrial, abertos tanto para alunos da instituição quanto para a comunidade em geral, contribuindo para a promoção desta área de conhecimento.

### ***Agradecimentos***

Ao Laboratório de Manufatura Avançada 4.0 e ao Fablab Facens, laboratórios do Centro Universitário Facens, pelo suporte para realização deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

CRAIG, John J. **Robótica**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

FERREIRA, Luís Antonio S.; PESSAN, Luís Antonio; HAGE JUNIOR, Elias.  
**Comportamento mecânico e termo-mecânico de blendas poliméricas PBT/ABS**.  
Polímeros [online], v. 19, n. 3, p. 67-72, 1997.

GROOVER, M. P.; WEISS, M.; NAGEL, R. N.; ODREY, N. G. **Robótica: Tecnologia e Programação**. McGraw-Hill, São Paulo, 1989.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 8373:2012 – Robots and Robotics Devices**, 2012.

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF A ROBOTIC CLAW APPLIED TO STUDIES IN INDUSTRIAL ROBOTICS**

**Abstract:** *The history of industrial automation is characterized by periods of rapid changes in methods and processes technologies. Therefore, the labor market requires an updated professional, better prepared and hands-on experience to accompany this accelerated pace of advancement of the technical-scientific means. Taking this into consideration, in order to promote new methodologies and facilitate teaching in the area of industrial robotics, the group of studies linked to the Advanced Manufacturing Laboratory 4.0 of Facens University Center designed and developed a mechanical gripper, manufactured in 3D printing for the robot manipulator available in the institution, which behaves as a tool to support various types of pens, enabling the robot to draw lines on flat surfaces. With the application of this claw, it is possible to carry out practical studies and demonstrate, in a didactic way, principles referring to industrial robotics.*

**Key-words:** *Industrial Robotics. Robotic Claw. Mechatronics.*