

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOM HELDER CÂMARA

Enzo Rocha Leite Diniz Ribas
Eduardo do Amaral Melo Pereira
Carlos Eduardo Lopes Caetano
Lucas Weiss Telles de Mattos
Moreno Jones Costa

PROJETO DE GRUPO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (GIC)

Desenvolvimento de um braço robótico controlado por visão computacional para
automação e controle

Belo Horizonte, MG.
16 de fevereiro de 2025.

Enzo Rocha Leite Diniz Ribas
Eduardo do Amaral Melo Pereira
Carlos Eduardo Lopes Caetano
Lucas Weiss Telles de Mattos
Moreno Jones Costa

PROJETO DE GRUPO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (GIC)

Desenvolvimento de um braço robótico controlado por visão computacional para
automação e controle

Professor Líder

Prof. Dr. Presleyson Plínio de Lima

Secretários

Prof. Me. Ricardo Luiz Freitas

Belo Horizonte, MG.
16 de fevereiro de 2025.

Resumo

O presente trabalho, de natureza experimental e aplicada, propõe o desenvolvimento de um braço robótico controlado por visão computacional, com foco na adaptabilidade para diferentes aplicações. O projeto tem como objetivo geral a criação de um sistema flexível e eficiente, utilizando algoritmos de visão computacional para identificar e manipular objetos de forma inteligente. A metodologia adotada envolve a modelagem e construção do hardware, a implementação de software para controle e o uso de técnicas de aprendizado de máquina para aprimorar o reconhecimento visual. Espera-se como resultado a obtenção de um protótipo funcional, capaz de operar em diversos cenários, desde aplicações industriais até interações humanizadas. Conclui-se que este estudo contribuirá para o aprendizado e o avanço das áreas de robótica e visão computacional, possibilitando futuras expansões e aperfeiçoamentos.

Palavras-chave: Robótica. Controle e Automação. Mecatrônica. Visão Computacional.

Sumário

1. Introdução.....	4
2. Caracterização e Justificativa.....	4
3. Objetivos.....	5
3.1. Objetivo Geral.....	5
3.2. Objetivos Específicos.....	5
4. Fundamentação Teórica.....	5
4.1. Robótica.....	5
4.1.1. Anatomia dos Braços Mecânicos.....	6
4.1.2. Classificação de Braços Robóticos.....	6
4.2. Visão Computacional.....	7
4.3. Projeto de Impressão 3D.....	9
5. Metodologia.....	9
5.1 Impressão 3D.....	10
5.2 Montagem do braço robótico.....	10
5.3 Implementação da visão computacional.....	10
Desenvolvimento de algoritmos de visão computacional utilizando linguagens de programação como Python e bibliotecas como OpenCV.....	10
O sistema de visão é responsável por rastrear movimentos, detectar objetos e controlar o robô, permitindo que ele interaja com o ambiente de forma autônoma.....	10
5.4. Calibração e testes.....	10
5.5 Integração e Testes.....	10
5.6 Documentação e Relatórios.....	11
7. Cronograma.....	12
8. Apêndice.....	13
8.1. Projeto 3D.....	13
8.2. Imagens Ilustrativas das Impressões 3D.....	14
8.2.1. Right Hand.....	14
8.2.2. (Rotation-Wrist).....	15
8.2.3. (Forearm-and-Servo-Bed).....	15
Referências.....	16

1. Introdução

O presente projeto de iniciação científica será desenvolvido com o propósito de aplicar conhecimentos adquiridos nas disciplinas de robótica, algoritmos e estruturas de dados, e sistemas lógicos digitais no desenvolvimento de um sistema robótico funcional.

O principal objetivo deste estudo é a implementação de um braço robótico capaz de interpretar os movimentos da mão humana, utilizando algoritmos de visão computacional para o controle preciso e eficiente. Para tal, o projeto integra conceitos de automação, lógica computacional e processamento de imagens, empregando a linguagem de programação *Python* e bibliotecas especializadas, como a *CVZone*.

Além disso, a tecnologia *Arduino* é utilizada como plataforma para a automação e controle do sistema, viabilizando a interação entre os componentes de hardware e software. Almeja-se que este projeto contribua para a aplicação prática dos conceitos teóricos adquiridos ao longo da formação acadêmica, fomentando, assim, o desenvolvimento de soluções inovadoras na área de robótica e inteligência artificial.

2. Caracterização e Justificativa

Atualmente, devido aos inúmeros recursos que os sistemas de microcomputadores nos oferecem, a robótica atravessa uma época de contínuo crescimento que permitirá, em um curto espaço de tempo, o desenvolvimento de robôs inteligentes, fazendo, assim, a ficção do homem antigo se tornar a realidade do homem atual. (ROSÁRIO, 2010, p.31.)

A robótica, segundo Cristiane G. Gomes (2010) é uma ciência interdisciplinar, desempenha um papel essencial para o avanço da sociedade em setores como a manufatura, a saúde, a segurança e a mobilidade. A automação de sistemas mecatrônicos reduz a necessidade de intervenção humana em tarefas mecânicas, e está cada vez mais em destaque no cenário atual.

Com o avanço da tecnologia de visão computacional, diversas soluções inovadoras se tornaram realidade, como por exemplo: Reconhecimento Ótico de Caracteres; Inspeção de Máquinas; Autenticação visual; Imagiologia Médica; Veículos autônomos; Fotogrametria, etc. (SZELINSKI, 2021, p. 6-9).

Este projeto visa desenvolver um braço robótico controlado por visão computacional, utilizando algoritmos avançados para detectar, reconhecer e manipular objetos. Se tornando viável a partir do acesso a bibliotecas e *frameworks open-source* como a *CVZone*, *OpenCV*, além dos equipamentos de *hardware* acessíveis como o *Arduino*. Também existe uma vasta literatura acadêmica disponível sobre os temas possibilitando um embasamento teórico sólido para o desenvolvimento do projeto.

No contexto educacional, o projeto permitirá o aprendizado prático de conceitos de visão computacional e robótica, enquanto, na sociedade, poderá ser aplicado em áreas como indústria, logística e assistência a pessoas com deficiência.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

Desenvolver um braço robótico que interprete diferentes cenários por meio da visão computacional e realize tarefas a partir de automações, com a finalidade de proporcionar um aprendizado prático e educativo nas áreas de robótica, controle, automação e programação.

3.2. Objetivos Específicos

- Integrar a impressão 3D para criação das peças do robô.
- Implementar a modularização mecânica e eletrônica do equipamento, permitindo adaptabilidade para diferentes tarefas;
- Integrar um sistema de sensores para a percepção do ambiente;
- Desenvolver e implementar algoritmos para o controle do braço robótico utilizando bibliotecas de visão computacional;
- Implementar um sistema de visão computacional para rastreamento dos movimentos humanos e reconhecimento de objetos com a tecnologia de visão computacional;
- Testar e ajustar o sistema para garantir precisão e funcionalidade;
- Documentar o projeto para futuras melhorias e aplicações acadêmicas.

4. Fundamentação Teórica

4.1. Robótica

Para Asimov (1950), existem quatro leis da robótica, que estabelecem regras básicas para a convivência pacífica entre robôs e seres humanos:

- Um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra algum mal.
- Um robô deve obedecer às ordens dadas por seres humanos, exceto quando essas ordens entrarem em conflito com a Primeira Lei.
- Um robô deve proteger sua própria existência, desde que essa proteção não entre em conflito com a Primeira e a Segunda Lei.
- Um robô não pode fazer mal à humanidade, nem por inação, permitir que ela sofra algum mal.

Segundo Shheibia (2001), as classes de robôs se diferenciam em suas aplicações e formas de operar e podem ser classificados por quatro tipos principais:

- Robôs Inteligentes: são controlados por computadores e capazes de interagir com seu ambiente através de sensores e de tomar decisões em tempo real.

- Robôs com controle por computador: são semelhantes aos robôs inteligentes, porém não têm a capacidade de interagir com o ambiente.
- Robôs de aprendizagem: limitam-se a repetir uma sequência de movimentos, realizados com a intervenção de um operador ou memorizados.
- Manipuladores: são sistemas mecânicos multifuncionais, cujo sensível sistema de controle permite governar o movimento de seus membros das seguintes formas:
 - a) manual, quando o operador controla diretamente os movimentos;
 - b) de sequência variável, quando é possível alterar algumas das características do ciclo de trabalho.

4.1.1. Anatomia dos Braços Mecânicos

Groover (2011) diz que a articulação de um braço robótico é baseada no movimento do corpo humano.

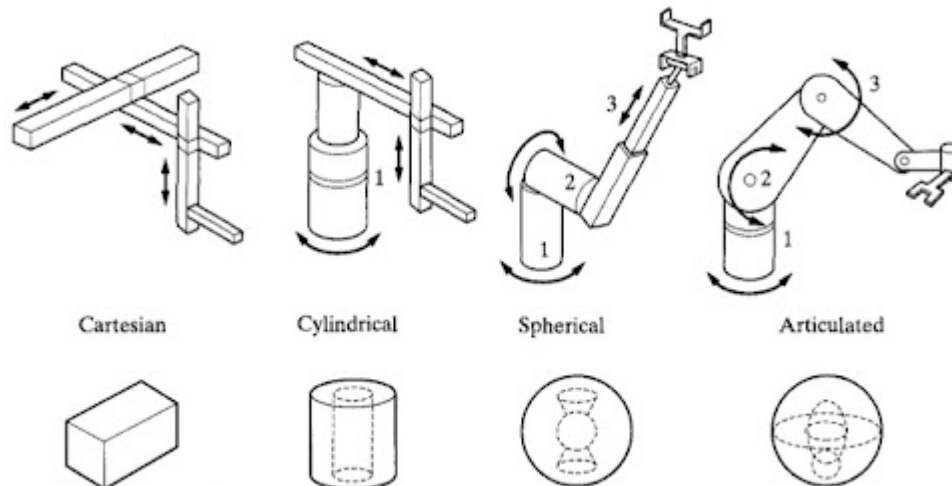
4.1.2. Classificação de Braços Robóticos

Segundo Groover (2011), existem cinco configurações básicas de robôs:

- Polar: possui um braço deslizante em relação ao corpo, que gira em torno de um eixo vertical e horizontal.
- Cilíndrico: consiste em uma coluna vertical onde o braço se move para cima e para baixo, e para os lados.
- Articulado: semelhante aos movimentos de um braço humano, sua estrutura gira sobre uma base e suas articulações são comparáveis ao ombro e cotovelo. d)
- Cartesiano: movimenta-se em linha reta, formado por três articuladores deslizantes.
- Scara: similar ao robô articulado, exceto que o ombro e o cotovelo têm movimento rotacional. (OLIVEIRA, 2014)

Dentre essas possibilidades, conforme ilustrado na figura 1, o presente projeto utilizará um braço baseado no modelo Articulado.

Figura 1 - Tipo de braços



Fonte: (ELECTRICAL, 2022).

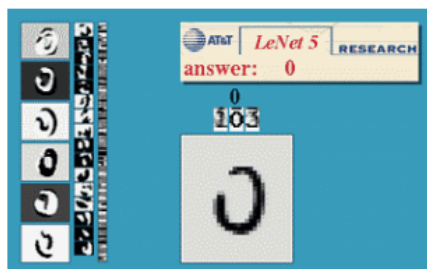
4.2. Visão Computacional

A Visão Computacional busca descrever o mundo real visto por humanos em imagens e reconstruir suas propriedades, como iluminação, forma e distribuição de cores (SZELINSKI, 2021, p. 6-9).

Segundo Qiu e Yuille (2016, p. 1), a visão computacional tem se beneficiado significativamente do uso de grandes conjuntos de dados, pois eles possibilitam o treinamento e teste de modelos avançados, como redes neurais profundas (apud DENG et al., 2009; EVERINGHAM et al., 2010; KRIZHEVSKY; SUTSKEVER; HINTON, 2012).

Algumas das principais aplicações da Visão Computacional: Reconhecimento Ótico de Caracteres; Inspeção de Máquinas; Autenticação visual; Imagiologia Médica; Veículos autônomos; Fotogrametria, etc. (SZELINSKI, 2021, p. 6-9).

Figura 2 - Aplicações



(a)



(b)



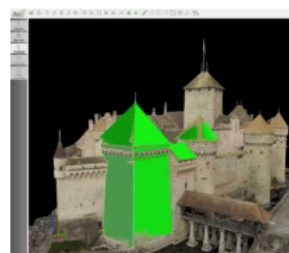
(c)



(d)



(e)



(f)

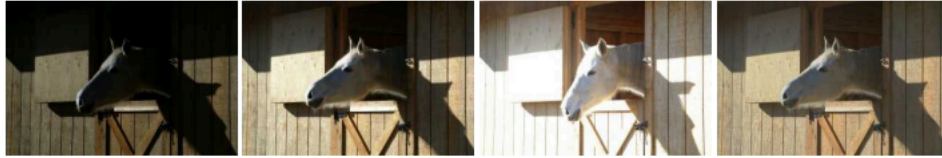
Fonte: Szelinski (2021, p. 6-9)

De acordo com Szelinski (2021, p. 6-9), as aplicações englobam: (a) reconhecimento ótico de caracteres (ocr), (b) inspeção mecânica, (c) separação em armazém, (d) imagiologia médica, (e) carros autônomos e (f) fotogrametria por drones.

Figura 3 - Aplicações



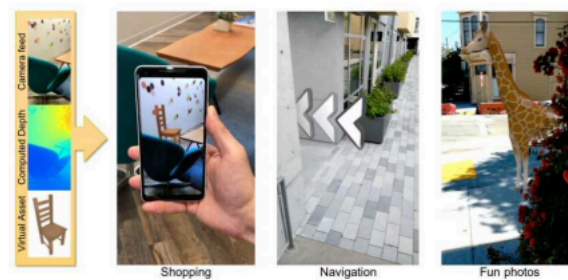
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Szelinski (2021, p. 6-9)

De acordo com Szelinski (2021, p. 6-10), as aplicações abrangem: (a) costura de imagem, (b) *bracketing* de exposição, (c) metamorfose e (d) realidade aumentada em smartphones, evidenciando efeitos de oclusão em tempo real.

4.3. Projeto de Impressão 3D

Palaoro *et al* (2022), definem a Impressão 3D pode ser definida como sendo a criação de um objeto de três dimensões utilizando processos aditivos. Três dimensões significa que o objeto tem volume altura, largura e comprimento, em comparação com um desenho em uma folha de papel, por exemplo, que só tem duas dimensões, altura e largura (apud SAMPAIO, 2017).

Para Blasiak (2024), a combinação de processos 3D aditivos com robótica contribui para o desenvolvimento de projetos científicos. (apud JONES, (2017); SUBRIN, (2018).)

5. Metodologia

A pesquisa tem caráter aplicado e experimental, pois busca desenvolver e testar um protótipo funcional de um braço robótico controlado por visão computacional. A abordagem adotada é qualitativa e quantitativa, visto que envolve tanto o desenvolvimento de algoritmos e hardware quanto a análise da precisão e eficiência do sistema.

O desenvolvimento do projeto está dividido em várias etapas, cada uma essencial para a construção e funcionamento do braço robótico. A seguir, detalhamos cada uma dessas etapas:

5.1 Impressão 3D

As peças projetadas são impressas utilizando impressoras 3D. Este processo envolve a escolha do material adequado (como PLA, ABS ou PETG) e a configuração correta da impressora para garantir a qualidade e precisão das peças.

Após a impressão, as peças são inspecionadas e ajustadas conforme necessário. Isso pode incluir lixamento, corte ou outros ajustes para garantir que todas as peças se encaixem corretamente.

5.2 Montagem do braço robótico

O teste e seleção dos atuadores, microcontroladores e sensores adequados para o projeto.

As peças impressas são montadas para formar o braço robótico. Esta etapa envolve a utilização de ferramentas e técnicas de montagem, como parafusos, colas e encaixes, para garantir que o braço esteja firme e funcional.

5.3 Implementação da visão computacional

Desenvolvimento de algoritmos de visão computacional utilizando linguagens de programação como *Python* e bibliotecas como *OpenCV*.

O sistema de visão é responsável por rastrear movimentos, detectar objetos e controlar o robô, permitindo que ele interaja com o ambiente de forma autônoma.

5.4. Calibração e testes

O sistema de visão é calibrado para garantir precisão na detecção e rastreamento de objetos. Testes são realizados para avaliar a precisão nas tarefas e ajustar os parâmetros e melhorar a performance do sistema.

5.5 Integração e Testes

Os componentes eletrônicos, como sensores, atuadores e controladores, são integrados ao braço robótico. Esta etapa envolve a conexão de fios, configuração de circuitos e programação dos controladores para garantir que todos os componentes funcionem em conjunto.

O sistema completo é testado para verificar sua precisão e funcionalidade. Isso inclui testes de movimento, resposta a comandos e interação com o ambiente. Ajustes são feitos conforme necessário para otimizar o desempenho do robô.

5.6 Documentação e Relatórios

Durante todas as etapas, é importante documentar o processo de desenvolvimento, incluindo material visual, diagramas, códigos, resultados de testes, ajustes realizados etc.. Esta documentação é essencial para futuras referências e para a apresentação do projeto.

Relatórios detalhados são elaborados para descrever cada etapa do projeto, os desafios enfrentados, as soluções implementadas e os resultados obtidos. Esses relatórios são fundamentais para a avaliação e validação do projeto.

6. Resultados Esperados

Este projeto propõe o desenvolvimento de um braço robótico funcional, controlado por visão computacional, que empregará algoritmos eficientes para reconhecer e manipular objetos, resultando em um sistema autônomo e preciso, apto a operar em diferentes cenários sem necessidade de intervenção humana direta.

Além disso, será elaborada documentação abrangente que possibilita o aprimoramento e a replicação futura dos métodos empregados. Por fim, prevê-se a integração desse sistema em diversas aplicações industriais, educacionais e assistivas, reforçando sua relevância e potencial de expansão.

7. Cronograma

Atividades	Meses										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pesquisa e levantamento teórico	X	X									
Impressão 3D das peças do braço robótico		X	X								
Ajuste e montagem das partes mecânica		X	X	X							
Implementação da eletrônica e modularização			X	X							
Desenvolvimento dos algoritmos de controle				X	X	X	X	X			
Implementação da visão computacional					X	X	X	X	X		
Testes e ajustes do sistema			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Documentação do projeto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

8. Apêndice

8.1. Projeto 3D

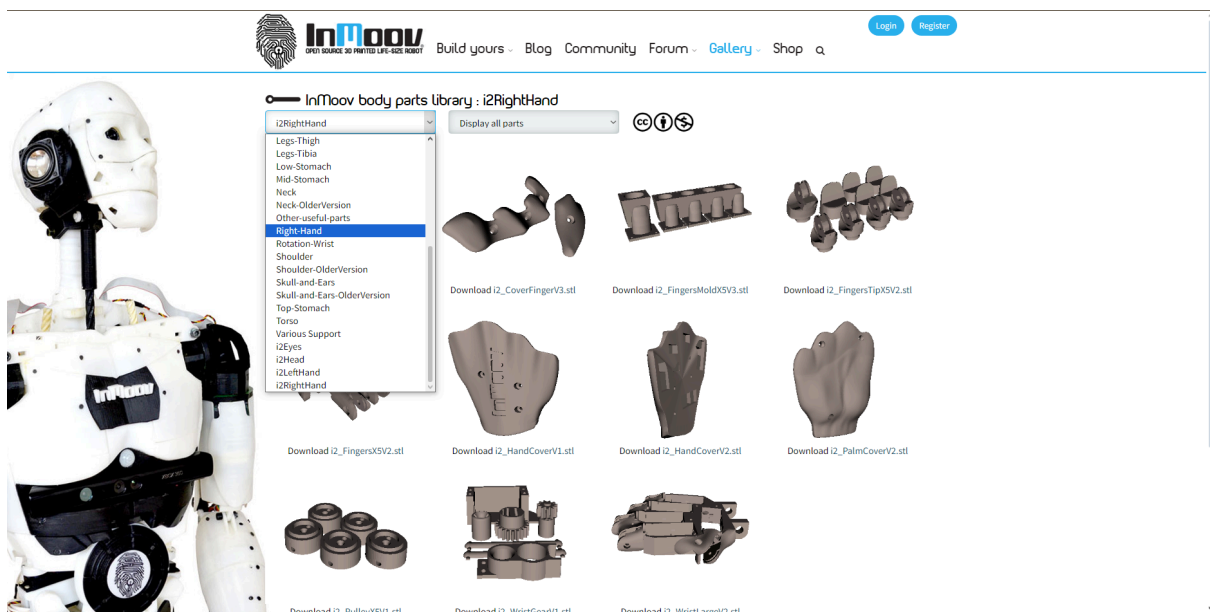
Assembly 3D Views

Galeria de .STL

Mão e Antebraço

Para acessar a galeria do Braço Direito, tenha certeza de ter selecionado a aba no seletor. Como ilustrado na Imagem a seguir:

Figura 4 - Galeria oficial - InMoov



Fonte: (*Hand and Forearm Documentation, 2024*)

Galerias Utilizadas no Projeto:

- Braço Direito
- Pulso Rotativo
- Antebraço
- CALIBRATOR

8.2. *Imagens Ilustrativas das Impressões 3D*

Aqui serão incluídas imagens das peças impressas em 3D, como a mão direita, o pulso e o antebraço.

8.2.1. *Right Hand*

Figura 5 - Modelo 3D - *Right Hand*



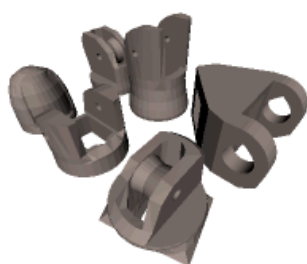
[Download topsurfaceUP6.stl](#)



[Download robpart2V4.stl](#)



[Download robpart3V4.stl](#)



[Download thumb5.stl](#)



[Download topsurface6.stl](#)



Download [ringfinger3.stl](#)



Download [robcap3V2.stl](#)



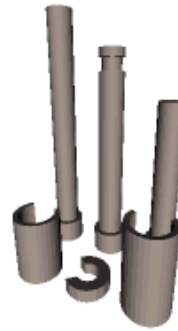
Download [robpart4V4.stl](#)



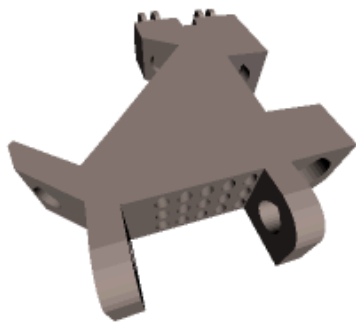
Download [robpart5V4.stl](#)



Download [Auriculaire3.stl](#)



Download [Bolt_entretoise7.stl](#)

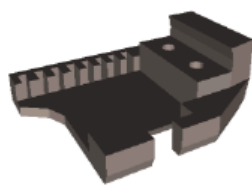


Download [WristlargeV4.stl](#)

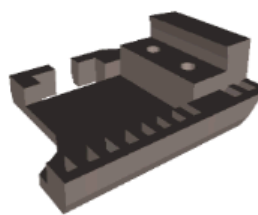


Download [WristsmallV4.stl](#)

8.2.2. *(Rotation-Wrist)*



Download [CableHolderWristV5.stl](#)



Download [LeftCableHolderWristV5.stl](#)



Download [RotaWrist1V4.stl](#)



Download [RotaWrist2V3.stl](#)



[Download LeftRotaWrist2V3.stl](#)



[Download LeftRotawrist1V4.stl](#)



[Download RotaWrist3V3.stl](#)



[Download WristGearsV5.stl](#)

8.2.3. *(Forearm-and-Servo-Bed)*

Figura XXX - XXX



[Baixar LeftRobCableBackV3.stl](#)



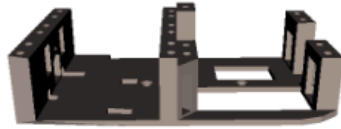
[Baixar LeftRobCableFrontV3.stl](#)



[Baixar RobCableBackV3.stl](#)



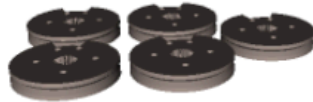
[Baixar RobCableFrontV3.stl](#)



Baixar LeftRobServoBedV6.stl



Baixar LeftTensionerV1.stl



Baixar RobRingV3.stl



Baixar RobServoBedV6.stl

Fonte: (*Hand and Forearm Documentation, 2024*)

Referências

ARDUINO. *Arduino Documentation*. Disponível em: <https://docs.arduino.cc>. Acesso em: 16 fev. 2025.

ASIMOV, Isaac. *I, Robot*. Estados Unidos da América: Gnome Press, 1950.

CVZONE. *CV Zone Documentation*. Disponível em: <https://www.computervision.zone>. Acesso em 16 fev. 2025.

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3. ed. Brasil: Pearson, 2011.

INMOOV. *Hand and Forearm Documentation*. Disponível em: <https://inmoov.fr/hand-and-forarm/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

OLIVEIRA, Eduardo Lino de. **Construção de um braço robótico didático com três graus de liberdade controlado por Arduino**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procopio, 2014.

OPENCV. **OpenCV Documentation**. Disponível em: <https://docs.opencv.org/4.11.0/>. Acesso em 16 fev. 2025.

ROSÁRIO, João Maurício. **Robótica Industrial I Modelagem, Utilização e Programação**. São Paulo: Baraúna, 2010.

SHHEIBIA, Tarig Ali Abdurrahman El. **Controle de um Braço Robótico Utilizando uma Abordagem de Agentes Inteligentes**. 2001. 84f. Tese de mestrado - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

QIU, Weichao ;YUILLE, Alan. *UnrealCV: Connecting Computer Vision to Unreal Engine*. 2016 apud Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.J., Li, K., Fei-Fei, L.: *Imagenet: A large-scale hierarchical image database*. In: Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. pp. 248–255. IEEE (2009).

QIU, Weichao; YUILLE, Alan. *UnrealCV: Connecting Computer Vision to Unreal Engine*. 2016 apud Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C.K., Winn, J., Zisserman, A.: *The pascal visual object classes (voc) challenge*. International journal of computer vision 88(2), 303–338 (2010).

QIU, Weichao ;YUILLE, Alan. *UnrealCV: Connecting Computer Vision to Unreal Engine*. 2016 apud Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E.: *Imagenet classification with deep convolutional neural networks*. In: Advances in neural information processing systems. pp. 1097–1105 (2012).

Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.J., Li, K., Fei-Fei, L.: *Imagenet: A large-scale hierarchical image database*. In: *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. pp. 248–255. IEEE (2009).

Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C.K., Winn, J., Zisserman, A.: *The pascal visual object classes (voc) challenge*. *International journal of computer vision*. 88(2), 303–338 (2010).

Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E.: *Imagenet classification with deep convolutional neural networks*. In: *Advances in neural information processing systems*. pp. 1097–1105 (2012).

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-9, figs. 1.4; 1.5 apud LECUN, Yann *et al.* **Imagem de Reconhecimento Ótico de Caracteres em: LeNet-5, convolutional neural networks**. Disponível em: <http://yann.lecun.com/exdb/lenet> (1989).

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud COGNITENS. **Figura de Inspeção Mecânica**. Disponível em: <http://www.cognitens.com>.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud COVARIANT.AT. **Figura de Seleção de Armazém**. Disponível em <https://covariant.ai>.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud CLARONTECH. **Figura de Imagiologia Médica**. Disponível em <http://www.clarontech.com>.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud MONTEMERLO, Becker *et al.* **Imagem de Carro Autônomo**. Wiley, 2008.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud PIX4D. **Figura de Fotogrametria por Drones**. <https://www.pix4d.com/blog/mapping-chillon-castle-with-drone>.

LECUN, Yann *et al.* **Imagem de Reconhecimento Ótico de Caracteres em: LeNet-5, convolutional neural networks**. Disponível em: <http://yann.lecun.com/exdb/lenet> (1989).

COGNITENS. **Figura de Inspeção Mecânica**. Disponível em: <http://www.cognitens.com>.

COVARIANT.AT. **Figura de Seleção de Armazém.** Disponível em <https://covariant.ai>.

CLARONTECH. **Figura de Imagiologia Médica.** Disponível em <http://www.clarontech.com>.

MONTEMERLO, Becker *et al.* **Imagem de Carro Autônomo.** Wiley, 2008.

PIX4D. **Figura de Fotogrametria por Drones.** Disponível em: <https://www.pix4d.com/blog/mapping-chillon-castle-with-drone>.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud SZELISKI, Richard; SHUM, Heung-Yeung. ***Figure Stitching: Merging different Views in: Panoramic Image Mosaics***. 1997. 50 p. Reporte Técnico / Pesquisa Microsoft.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud GOMES, Jonas *et al*; ***Figure Morphing: blending between two photographs in: Warping and Morphing of Graphical Objects***. Morgan Kaufmann, 1999.

SZELINKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2. ed. Springer, 2022. p. 5-10. figs. 1.4; 1.5 apud KOWDLE, Valentin *et al.* ***Smartphone Augmented reality showing real-time depth occlusion effects in: Depth from Motion for Smartphone AR***. ACM, 2018.

SZELISKI, Richard; SHUM, Heung-Yeung. ***Figure Stitching: Merging different Views in: Panoramic Image Mosaics***. 1997. 50 p. Reporte Técnico / Pesquisa Microsoft.

GOMES, Jonas *et al*; ***Figure Morphing: blending between two photographs. In: Warping and Morphing of Graphical Objects***. Morgan Kaufmann, 1999.

KOWDLE, Valentin *et al.* ***Smartphone Augmented reality showing real-time depth occlusion effects in: Depth from Motion for Smartphone AR***. ACM, 2018.

PALAORO, Milena Laurencini *et al.* **Impressão 3D Para Sustentabilidade, Educação E Tecnologia: Possíveis Propostas de Produtos e Aplicação Prática com Robô Otto**. 2022. 14 f. apud SAMPAIO, C. **Guia Maker da Impressão 3D - Teoria e Prática Consolidadas**. [s.n.], 2017.

SAMPAIO, C. **Guia Maker da Impressão 3D - Teoria e Prática Consolidadas**. [s.n.], 2017.

BLASIAK, Slawomir *et al.* **3D/4D Printing in Advanced Robotics Systems—Recent Developments and Applications**. 2024. Acesso em 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/24/11174#B20-sustainability-16-11174>.

JONES, A.; Straub, J. ***Concepts for 3D Printing-Based Self-Replicating Robot Command and Coordination Techniques***. *Machines* 2017, 5, 12.

SUBRIN, K.; Bressac, T.; Garnier, S.; Ambiehl, A.; Paquet, E.; Furet, B. ***Improvement of the Mobile Robot Location Dedicated for Habitable House Construction by 3D Printing***. *IFAC-PapersOnLine*, 2018, 51, 716–721.

ELECTRICAL eLIBRARY. **Volume de trabalho dos robôs**. 12 jan. 2022. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2022/01/12/volume-de-trabalho-dos-robos/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

GOMES, Cristiane Grava Gomes *et al.* **A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental**. 2010.