

## CAPÍTULO 2

# APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS EM ROBÓTICA EMPREGANDO SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES

---

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Emerson Ravazzi Pires da Silva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica Daele  
Cornelio Procopio  
<http://lattes.cnpq.br/0797649979829091>

### **Kazuyochi Ota Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

### **João Maurício Hypólito**

Fatec – Centro Paula Souza  
Ciencia da Computação  
Ourinhos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

### **Andressa Hayduk**

Dimensoin Engenharia  
Ponta Grossa - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

Faculdades da Indústria - Senai Londrina  
Departamento Engenharia Elétrica  
Londrina \_ PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Vicente de Lima Gongora**

Faculdades da Indústria - Senai Londrina  
Departamento Engenharia Elétrica  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Matheus Gil Bovolenta**

Acadêmico - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

### **Luiz Francisco Sanches Buzachero**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

**Nikolas Catib Boranelli**

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4632175422834777>

**Luiz Henrique Geromel**

IFSP Instituto Federal de São Paulo  
Piracicaba-SP  
Lattes <http://lattes.cnpq.br/3945660888230811>

**Edinei Aparecido Furquim dos Santos**

Centro universitário Uningá  
Maringá-PR  
<http://lattes.cnpq.br/8706436030621473>

**Rodrigo Henrique Cunha Palácios**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)

**Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**Marcio Aurélio Furtado Montezuma**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**RESUMO:** O escopo desse trabalho está em apresentar algumas das áreas relevantes da robótica. Não é escopo explorar todas as áreas, porque senão seria necessária a escrita de um livro. O diferencial desse artigo está na abordagem de diversas áreas crescentes da robótica, apesar da robótica ser uma área crescente. Acredita-se até que da mesma forma que empresas dominaram da área de Tecnologia da informação dominaram o desenvolvimento tecnológico já há algumas décadas. De agora em diante a tecnologia e pesquisa tomarão outro rumo, ou seja, empresas que dominarem a robótica irão atuar de modo similar ao que aconteceu no passado recente. Uma motivação para a pesquisa é a de que robôs autônomos, os quais não precisam de intervenção humana, talvez somente na análise dos dados tem necessidade da inclusão de sistemas computacionais inteligentes, seja para reconhecimento de padrões, seja para um braço ou veículo autônomo entre outras áreas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Robôs Autônomos, Robótica na educação, Robótica humanoide,

## APPLICATIONS AND TRENDS IN ROBOTICS TECHNOLOGY EMPLOYING INTELLIGENT COMPUTING SYSTEMS

**ABSTRACT:** This scop work to present some of the relevant areas of robotics. It is no scope to explore all areas because otherwise, it would be necessary to write a book. The difference in this article is in the approach of several growing areas of robotics, despite robotics being a growing area. It is even believed that in the same way that companies dominated the area of Information Technology, they dominated technological development a few decades ago. From now on, technology and research will take another direction, that is, companies that dominate robotics will act in a similar way to what happened in the recent past. One motivation for the research is that autonomous robots, which do not need human intervention, perhaps only in data analysis, need the inclusion of intelligent computational systems, whether for pattern recognition or for an autonomous arm or vehicle, among others.

**KEYWORDS:** Autonomous Robots, Robotics in education, Humanoid robotics, Data prediction, Robotic vision.

### 1 | INTRODUÇÃO

Para muitos pesquisadores a robótica é dividida em um duas areas, robótica programada e robótica inteligente, ou seja na programada se houver alguma alteração na atividade do robô, o mesmo terá que ser reprogramado (MENDONÇA et al., 2020). Já na robótica autonoma, o robô deve ser capaz de aprender e de se adaptar (duas premissas da inteligencia artificial, de forma especificica sistemas computacionais inteligentes) (Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by (Swarm Robotics using Fuzzy Cognitive Maps). Alias a imitação do comportamento humano sempre foi motivo de inspiração da robótica inteligente Alias essas duas Áreas devem trabalhar juntar e atualmente é quase impossivel separar um da outra. Porém para esse objetivo algumas considerações devem ser feitas a seguir.

Como ramo da ciência da computação, a Inteligência Artificial (IA) busca incutir em dispositivos eletrônicos capacidades similares ao raciocínio humano, como a análise e a tomada de decisões. Em outras palavras, o objetivo da IA é imitar (talvez, até mesmo superar) a inteligência humana (MAJA J. MATARIC, 2008).

A prática de robótica e visão de máquina envolve a aplicação de algoritmos computacionais aos dados. Os dados são provenientes de sensores que medem a velocidade de uma roda, o ângulo da articulação de um braço de robô ou as intensidades de milhões de pixels que compõem uma imagem do mundo que no robô está observando. Para muitas aplicações robóticas, a quantidade de dados que precisa ser processada, em tempo real, é enorme . Para visão, pode ser da ordem de dezenas a centenas de megabytes por segundo. O progresso na visão de robôs e máquinas foi e continua sendo impulsionado por maneiras mais eficazes de processar dados. Isso é alcançado por meio

de algoritmos novos e mais eficientes, e pelo aumento dramático no poder computacional que segue a lei de Moore. No início da robótica, anos 80 a robótica e a visão, em meados dessa década, o poder computacional era muito fraco, especialmente comparados ao de hoje em dia,. Dados os muitos algoritmos entre os quais escolher a pergunta óbvia, é: Qual é o algoritmo certo para esse problema em particular? (SICILIANO, 2012) .

A sequência deste trabalho aborda algumas das principais áreas do vasto universo da robótica.

## 2 | MANIPULADORES ROBÓTICOS

O avanço na produção de peças mais complexas e maiores trouxe como consequência o aumento significativo do uso de manipuladores robóticos na indústria. Tais robôs são utilizados para realizar operações que dispense muita força, e que seria desvantajoso realizá-las por humanos, como também tarefas complexas e insalubres como soldagem, montagem de peças, pintura e transporte de peças. [1]



Figura 1 – (a) Manipulador Yumi, (b) Manipulador IRB 140

Atualmente, manipuladores como o Yumi, Figura 1 (a), do Grupo ABB (derivado de: You and Me), trabalham de forma colaborativa com seres humanos, que é a tecnologia que impulsiona a flexibilização na produção automatizada. Entretanto, robôs como o IRB 140 ABB, Figura 1 (b) ainda são os mais utilizados no âmbito de instalações fabris, pois possuem características conservadoras de manipuladores robóticos industriais .

O planejamento de trajetórias pode ser desenvolvido a partir de interpolações no espaço articular, para tal emprega-se uma função polinomial de 5ª Ordem, essa função é desenvolvida por meio das condições de contorno iniciais e finais que correspondem as posições cartesianas já calculadas pela cinemática inversa do manipulador (NIKU, 2011).

Posto isso, utilizar um manipulador robótico educacional em pequena escala, seria possível realizar a experimentação de trajetórias simples, como o posicionamento de um atuador em um ponto cartesiano em um tempo desejado.

### 3 | ROBÓTICA AUTÔNOMA

Outra área promissora da robótica autônoma é a da indústria 4.0 que agregada a big data, I&T, realidade aumentada, computação nas nuvens entre outras (MARIANI; BORGHI, 2019), as quais são pilares desse novo conceito de indústria autônoma e com a capacidade de adaptação e aprendizado e manipulação com uma grande massa de dados, áreas de sistemas computacionais inteligentes, como mostra a figura 2 .

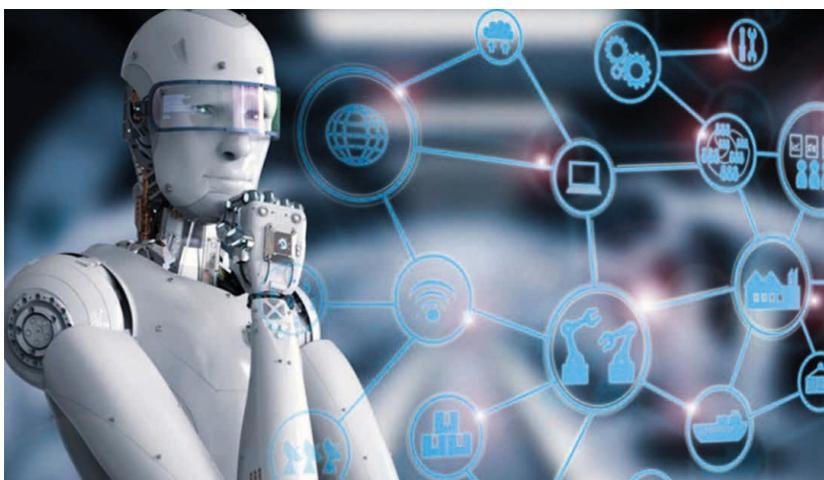


Figura 2 – Pilares da Indústria 4.0

Um dos pilares supracitados é a robótica autônoma. Entretanto, não se restringe somente a veículos não tripulados. É uma área extensa da robótica que pode ser aplicada inclusive em sondas espaciais, como por exemplo a sonda Insight da Nasa. Nesse caso a nave não poderia ser tripulada por vários fatores, como aumento de peso e sobrevivência de um astronauta por tanto tempo de viagem. Também não pode ser teleguiada porque um sinal leva cerca de 8 minutos pra chegar de Marte a Terra, nesse caso a detecção de um objeto na trajetória da sonda e suas respectivas ações de controle levariam mais de 15 minutos. Tempo muito grande que inviabiliza totalmente a teoria da controlabilidade (OGATA, 2011).

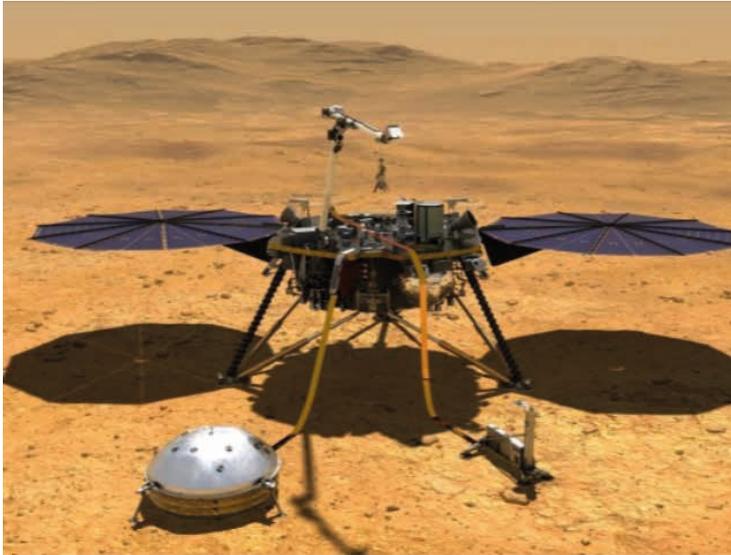


Figura 3 – InSight Rover

#### 4 | VISÃO ROBÓTICA

Outra área crescente assim como praticamente todas áreas circunscritas robótica, até mesmo devido a ferramentas como deep learning que pode prender com uma quantidade massiva de dados, por exemplo reconhecimento de faces em um aeroporto. Uma das primeiras etapas da visao robótica esta na calibração das cameras (JIN; RUI, 2011). Uma das aplicações da visão robótica que exemplificam a introdução da necessidade de velocidade de algoritmos a quantidade de informação é o exemplo de auxiliar no gerenciamento de fluxo de carros com aplicação de filtros como mostram as figuras na sequência do texto.



Figura 4 – (a) Imagem do trânsito normal, (b) imagem filtrada

Já a figura 4.b mostra a imagem filtrada para ressaltar detalhes importantes. Entretanto, mesmo com a aplicação de filtros, no caso exemplo de binarização da imagem a quantidade de informação ainda é grande e precisa ser rápida para não ferir o princípio da controlabilidade, ou seja, a ação se controle fica tão lenta que não tem mais efeito.

O principal desafio dos desastres é o tempo de resposta: as taxas de sobrevivência diminuem significativamente após 48h (SOARES et al., 2018).

## 5 | ROBÓTICA DE ENXAME

A robótica de enxame se utiliza dos conceitos da inteligência de enxame, inspirada por fenômenos naturais como os comportamentos coletivos vistos em insetos sociais, peixes, aves e morcegos (YANG et al., 2013). Uma característica comum aos comportamentos inteligentes é a produção de algo ordenado, improvável de ocorrer e que apresente resultados imprevisíveis. A principal motivação para o emprego de técnicas de inteligência de enxame, como a robótica de enxame, é sua capacidade de resolução de problemas tipicamente desafiadores para as técnicas computacionais convencionais (DE ALMEIDA et al., 2019).

Nesse sentido, pode-se definir a robótica de enxame como o estudo de como um amplo grupo de agentes (robôs) relativamente simples em hardware pode ser construído para realizar tarefas que estão além das capacidades de apenas um único agente [4]. Assim, há necessidade da utilização de um enxame de robôs apenas se as tarefas desejadas puderem ser executadas a nível de equipe, ou também se o tempo de conclusão for um fator determinante para o cumprimento dos objetivos. Em outras palavras, o aumento no número de robôs em um grupo pode reduzir significativamente o tempo de conclusão dessas tarefas [5].

A utilização da robótica de enxame possui três benefícios principais. O primeiro é a robustez, ou seja, a perda de alguns robôs não causará falhas no sistema e não interromperá a execução das tarefas propostas [4]. O segundo benefício é a flexibilidade, uma vez que o hardware desses robôs não é necessariamente personalizado para uma determinada tarefa. Ao cooperar e agrupar de maneira diferente, o enxame de robôs também pode realizar outras tarefas, enquanto que um robô complexo precisaria de uma reconfiguração ou reformulação de sua estrutura. Por fim tem-se a escalabilidade. Um algoritmo robótico de enxame pode ser aplicado inalterado a um grupo de qualquer tamanho razoável devido à dependência apenas de informações locais. Qualquer comunicação global proibiria a escalabilidade e é evitada nesse tipo de sistema [6].

Embora um enxame de robôs (exemplificado na Fig. 5 [7]) não possua um controle centralizado, o sistema no nível do enxame (ou população) revela comportamentos notáveis complexos e auto-organizáveis, geralmente como resultado de interações locais entre indivíduos no enxame e indivíduos com o ambiente, com base em regras de interação

simples [3].

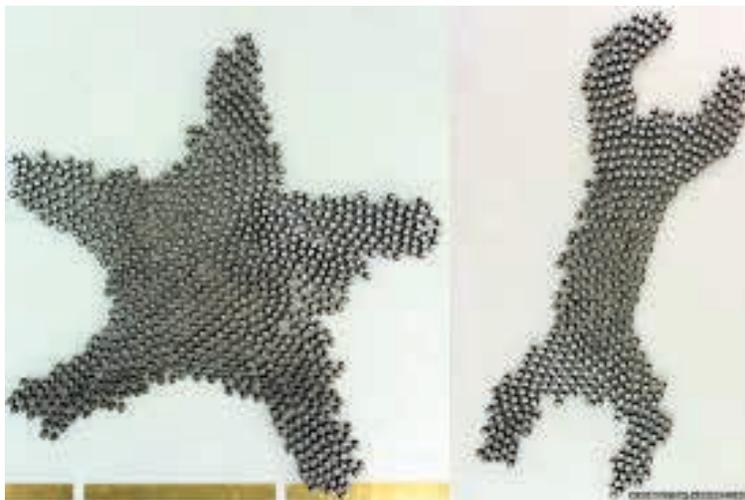


Figura 5 – Exemplo de um enxame de robôs.

Os robôs de um enxame podem apresentar diferentes comportamentos, como agrupamento, encadeamento, busca, agregação e forrageamento (SOUZA et al., 2017). Esses comportamentos são classificados em coletivo, cooperativo, colaborativo e coordenativo. Talvez o tipo mais simples de interação seja a coletiva, na qual as entidades não conhecem outras entidades da equipe, mas compartilham os objetivos e suas ações são benéficas para os demais agentes da equipe. Na interação cooperativa, os agentes também compartilham objetivos e suas ações são benéficas para outros agentes, entretanto, possuem conhecimento das demais entidades presentes no grupo.

A interação colaborativa é caracterizada por agentes que se ajudam a atingir seus objetivos individuais, mas compatíveis. Ela ocorre quando os robôs têm objetivos individuais, estão cientes dos demais da equipe e suas ações ajudam a completar os objetivos de outros. Por fim tem-se a interação coordenativa. Nela, as entidades estão cientes umas das outras, mas não compartilham um objetivo comum e suas ações não são úteis para outros membros da equipe. Em sistemas multirrobo, essas situações geralmente ocorrem quando os robôs compartilham um espaço de trabalho comum. Os robôs devem trabalhar para coordenar suas ações para minimizar a quantidade de interferência entre eles e outros robôs (PAYTON; ESTKOWSKI; HOWARD, 2003).

## 6 | ROBOS HUMANÓIDES

Por sua vez, humanoides são robôs com característica complexas, como por exemplo, movimentação guiada por visão artificial, interação com o ambiente, identificação

do próprio movimento, reflexos auto protetores, estratégias para pegar objetos que não possuem modelagem geométrica, e por fim, planejamento de trajetórias (LUCENTINI; GUDWIN, 2015). Essas características contemplam diversas áreas de estudo, e implementadas em um único robô, necessita de um desenvolvimento de alto nível. A seguir alguns desses exemplos de forma resumida

## 6.1 COG MIT

O COG robô autônomo desenvolvido por Brooks há mais de 15 anos já mostrou dois importantes conceitos da inteligência artificial, capacidade de aprendizado e adaptação nessa famosa imagem de uma das demonstrações desse robô que se utiliza de visão robótica e sistemas computacionais inteligentes o robô a aprender a jogar sem conhecimento prévio e desse modo demonstrou capacidade de aprendizado e adaptação por o atuador do mesmo não é nem similar a uma mão humana, como mostra a figura.



Figura 6 – Robô COG-MIT

Na época isso foi uma importante demonstração do que os robôs já poderiam ter capacidade fazer.

## 6.2 Asimo (Honda)

Dito pela Honda como o robô humanoide mais avançado do mundo, A Figura 7 mostra o Asimo também é um humanoide, e seu desenvolvimento começou na década de 80. O seu nome é derivado do seguinte Acrônimo 'Advanced Step in Innovate Mobility', que em português pode ser interpretado como 'Passo de Avanço em mobilidade inovadora'.

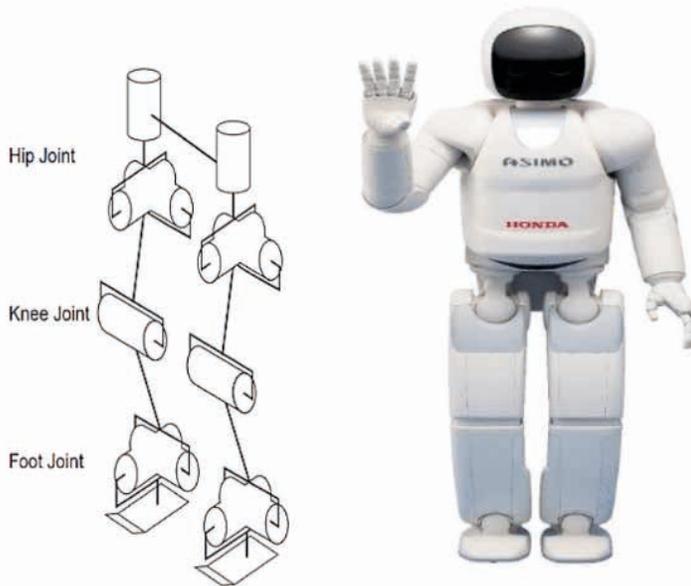


Figura 7 – (a) Modelo Cinemático, (b) Robô Asimo

O sistema de locomoção do Asimo foi modelado segundo o andar humano, onde ficou definido que seria necessário a utilização de 12 juntas para experimentá-lo - Figura 8.a. Asimo já há alguns anos tem sido considerado o robô humanoide mais próximo de habilidades humanas (HEXMOOR, 2013). Devido a habilidades como cair e se levantar, nada trivial na robótica, reconhecimento de imagens e voz entre outras.

O robô apresenta diversas funções, como por exemplo o reconhecimento de faces, postura e gestos, assim como de ambiente, este possui também um sistema de giroscópio para correção de irregularidades no solo durante o caminhar, e tecnologia i-Walk.

O i-Walk é um avanço significativo nas teorias de bipedal, uma vez que essa tecnologia apresenta um controle de movimento previamente adicionado á tecnologia de controle de caminhada anterior, permitindo assim um andar em duas pernas mais flexível. Como resultado, o Asimo pode caminhar de forma mais suave e natural.

O robô tem uma altura de 1,30m e apresenta um peso total de 50kg, sua velocidade de caminhada é de 2.7 km/h, e consegue alcançar uma velocidade de 7 km/h na corrida. Os atuadores do robô são servo motores com caixas de redução harmônicas, este também possui sensores de 6 eixos nos pés, além de giroscópio e acelerômetro, seu tempo de operação é de aproximadamente 1 hora, e sua bateria é de 51.8V.

### 6.3 R5 - Valkyrie (NASA)

Outro exemplo de robô humanoide é o robô Valkyrie, figura 8 ou R5, é um robô humanoide, desenvolvido pela NASA. O robô foi projetado e construído pelo Centro Espacial

Johnson para participar do DARPA *Robotics Challenge* (DRC) em 2013. O robô pesa cerca de 140 kg, tem 44 graus de liberdade, 1,88 m de altura e tem dois processadores Intel Core i7 a bordo. Esse robô pode vir a ser em um futuro breve o robô humanoide mais completo.



Figura 8 – Robô R5 VALKYRIE

Segundo a agência, as capacidades de mobilidade e destreza do Valkyrie são grandes o suficiente para permitir que ele entre em áreas de desastre para realizar operações de busca e resgate. Suas pernas fortalecidas permitem que ele se desloque por ambientes degradados, e as câmeras instaladas na sua cabeça, corpo, antebraços, joelhos e pés fornecem informações visuais para seus operadores.

#### **6.4 R5 - Optimus (Tesla)**

Já O robô Optimus, da Tesla é mais um recente robô humanoide lançado pela gigante em tecnologia, em especial carros autônomos. A figura 9 mostra esse robô no seu recente lançamento



Figura 8 – Robô Optimus Tesla

O robô imita um corpo humano de 73 kg, mas sem rosto e com fios e sistemas à mostra, capaz de realizar tarefas simples cotidianas. No evento anual de tecnologia da empresa, dois protótipos entraram no palco totalmente sozinhos, desconectados de qualquer fonte de energia ou controle (POLO FRIZ, 2021).

Um deles deu alguns passos lentos até à plateia, acenou e fez movimentos simples com os braços. O corpo do humanoide da Tesla é formado por um chip que aciona sistemas de pés e mãos, bateria de 2,3 kWh em seu torso, câmeras nos olhos, microfones nas orelhas e é capaz de falar.

Entretanto, aspectos negativos foram observados por especialistas, “olhando para o Tesla Bot como um robocista, estou impressionado com o que os engenheiros conseguiram para este protótipo em um ano. No entanto, os comportamentos demonstrados são menos impressionantes do que o Asimo da Honda de 20 anos atrás”.

## 7 | CONCLUSÃO

Esse trabalho tem um teor motivacional, e desse modo procurou de forma resumida mostrar o avanço da robótica e a correlação com sistemas inteligentes. Como uma área crescente em diversas áreas, em especial robótica. Aliás já se convive com isso com algumas das funcionalidades da Google oferece por exemplo, melhor trajetória, tradução idiomas, reconhecimento de voz e face entre outras. Espera-se ter contribuído com discentes e profissionais para o crescimento dessa área que cada vez mais fará parte das nossas vidas.

Futuros trabalhos pretendem incluir novas áreas e discorrer com maior profundidades os sistemas computacionais inteligentes, os quais como foi dito são empregados nos robôs supracitados.

## REFERÊNCIAS

- DE ALMEIDA, J. P. L. S. et al. Bio-inspired on-line path planner for cooperative exploration of unknown environment by a Multi-Robot System. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 112, p. 32–48, 2019.
- HEXMOOR, H. Essential Principles for Autonomous Robotics. **Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning**, v. 7, n. 2, p. 1–155, 30 jun. 2013.
- JIN, L. G.; RUI, L. G. **Camera calibration for monocular vision system based on Harris corner extraction and neural network**. 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet). **Anais...XianNing, China: IEEE**, 2011
- LUCENTINI, D. F.; GUDWIN, R. R. A Comparison among Cognitive Architectures: A Theoretical Analysis. **Procedia Computer Science**, v. 71, p. 56–61, 2015.
- MAJA J. MATARIC. The robotics primer. **Choice Reviews Online**, v. 45, n. 06, p. 45-3222-45–3222, 1 fev. 2008.
- MARIANI, M.; BORGHI, M. Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 149, n. December 2019, p. 1–24, 2019.
- MENDONÇA, M. et al. **Multi-robot exploration using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Ant Colony Optimization**. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. **Anais...Glasgow, UK: IEEE**, 2020
- NIKU, S. B. **Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications**. 2. ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2011. v. 53
- OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- PAYTON, D.; ESTKOWSKI, R.; HOWARD, M. Compound behaviors in pheromone robotics. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 44, n. 3–4, p. 229–240, 2003.
- POLO FRIZ, A. Applying the TAIL Framework on Tesla Bot. **Researchgate**, n. December, p. 0–4, 2021.
- SICILIANO, B. **Springer Tracts in Advanced Robotics: Foreword**. [s.l.: s.n.]. v. 83 STAR
- SOARES, P. P. et al. **Group of Robots Inspired by Swarm Robotics Exploring Unknown Environments**. 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...Rio de Janeiro, Brazil: IEEE**, 2018
- SOUZA, L. B. DE et al. Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic Controllers Applied in Industrial Mixer. **International Journal on Advances in Systems and Measurements**, v. 10, n. 3, p. 222–233, 2017.
- YANG, X.-S. et al. (EDS.). **Swarm Intelligence and Bio-Inspired Computation Theory and Applications**. 1. ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2013.