



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE, AUTOMAÇÃO E
COMPUTAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Beatriz Picinin Pinheiro

Um estudo na literatura sobre robôs com foco na automação no Brasil

Blumenau
2024

Beatriz Picinin Pinheiro

Um estudo na literatura sobre robôs com foco na automação no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação submetida ao Programa de Graduação em Engenharia de Controle e Automação do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheira de Controle e Automação.

Orientador(a): Prof^a, Dr^a Ana Julia Dal Forno

Blumenau

2024

Pinheiro, Beatriz Picinin

Um estudo na literatura sobre robôs com foco na
automação no Brasil / Beatriz Picinin Pinheiro ;
orientadora, Ana Julia Dal Forno, 2024.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Blumenau,
2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Robótica. 3.
Automação. 4. Indústria 4.0. I. Forno, Ana Julia Dal. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

Beatriz Picinin Pinheiro

Um estudo na literatura sobre robôs com foco na automação no Brasil

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

Blumenau, 3 de julho de 2024.

Banca examinadora



Profa. Dra. Ana Julia Dal Forno

Universidade Federal de Santa Catarina – campus Blumenau
Orientadora



Profa. Dra. Graziela Piccoli Richetti

Universidade Federal de Santa Catarina – campus Blumenau



Prof. Dr. Alex Fabiano Bueno

Universidade Federal de Santa Catarina – campus Blumenau

AGRADECIMENTOS

Dentre todas as pessoas a quem eu poderia agradecer, destaco especialmente aquelas que nunca desistiram de mim, que sempre me deram forças para seguir em frente e que acreditaram em mim mesmo quando eu duvidei. Agradeço aos meus pais, Sílvia e Leandro, por me fornecerem a base para chegar até aqui, à minha orientadora Ana Julia, que me acompanhou desde o início da faculdade em projetos e pesquisas, e a Alexandre Vega, por todos esses anos de parceria e apoio inestimável que me ajudaram a manter-me firme nos objetivos.

Eu não posso definir um robô, mas eu reconheço um quando o vejo.

(Engelberger, 1961)

RESUMO

Com o avanço tecnológico constante, a robótica emergiu como uma ferramenta crucial na Indústria 4.0, transformando os processos produtivos e impulsionando a competitividade global. No contexto brasileiro, a adoção da robótica ganha destaque como uma estratégia para modernizar a indústria e promover o crescimento econômico. Neste trabalho, por meio de uma revisão sistemática de literatura, são explorados conceitos, história, tipos de robôs, aplicações e desafios da robótica no Brasil, oferecendo uma visão abrangente sobre o tema e investigando suas implicações para o desenvolvimento industrial e tecnológico do país. Destaca-se a ampla utilização da robótica em setores como indústria, saúde, educação e agricultura, com benefícios como aumento da produtividade e melhoria da qualidade, mas também desafios como impactos ambientais e no mercado de trabalho.

Palavras-chave: Robótica; Indústria 4.0; Automação.

ABSTRACT

With the constant technological advancement, robotics has emerged as a crucial tool in Industry 4.0, transforming productive processes and boosting global competitiveness. In the Brazilian context, the adoption of robotics stands out as a strategy to modernize the industry and promote economic growth. This work, through a systematic literature review, explores concepts, history, types of robots, applications, and challenges of robotics in Brazil, providing a comprehensive overview of the subject and investigating its implications for the country's industrial and technological development. The widespread use of robotics in sectors such as industry, healthcare, education, and agriculture is highlighted, bringing benefits such as increased productivity and improved quality, but also challenges such as environmental impacts and effects on the job market.

Keywords: Robotic; Industry 4.0; Automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Filtros de busca da pesquisa teórica.....	18
Figura 2 - Robôs ao longo da história	29
Figura 3 - Robô humanoide ASIMO	30
Figura 4 - WEG Mobile Robot	31
Figura 5 - Robô industrial KUKA	32
Figura 6 - Robô colaborativo UR5	32
Figura 7 - Gráfico de quantidade de trabalhos por área de aplicação.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos analisados	19
Tabela 2 - Instituições brasileiras	25
Tabela 3 - Pesquisas com foco em indústria.....	34
Tabela 4 - Pesquisas com foco em saúde	35
Tabela 5 - Pesquisas com foco em educação.....	36
Tabela 6 - Pesquisas com foco no setor agrícola.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1.	OBJETIVOS.....	17
2	METODOLOGIA	18
3	RESULTADOS	25
3.1	O QUE É UM ROBÔ.....	27
3.2	HISTÓRIA DA ROBÓTICA.....	28
3.3	TIPOS DE ROBÔS.....	29
3.4	ÁREAS DE APLICAÇÃO.....	33
3.5	VANTAGENS.....	37
3.6	DESAFIOS E IMPACTOS NEGATIVOS.....	39
4	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

À medida que ocorre uma evolução cada vez maior e veloz em termo de tecnologia o mercado tenta se adequar ao ritmo acelerado buscando por produtos com mais qualidade e rapidez de produção sem perder sua eficiência. Desse modo, a concorrência entre indústrias amplia gradativamente.

Dentro deste contexto, surge a robótica, tida como a ciência dos sistemas que interagem com o mundo real, com pouca ou nenhuma intervenção humana (Martins, 2008). A robótica é um campo multidisciplinar em constante progresso, cujo impacto na indústria é cada vez mais evidente.

Os robôs são concebidos e projetados para auxiliar o humano na realização de determinadas tarefas (Azevedo, Aglaé e Pitta, 2010), representando uma das tecnologias da Indústria 4.0, conceito apresentado pela primeira vez na feira Hannover de 2011, na Alemanha (Hermann, Pentek e Boris, 2016). No ambiente da Indústria 4.0, os sistemas cyberfísicos são conectados às máquinas, componentes e softwares em rede, facilitando o processo de troca de dados e sua monitorização. São geradas novas conexões máquina-máquina, homem-máquina ou homem-homem, via internet das coisas, internet de serviços e internet das pessoas, permitindo o acesso a uma enorme quantidade de dados (Soares e Lucato, 2021).

Contudo, a evolução da automação industrial remonta a longos períodos na história, começando com o desenvolvimento de mecanismos para reduzir o esforço físico (Roggia e Fuentes, 2016), avançando para a criação de autômatos e figuras animadas (Cormier, 2024; Mataric, 2014), culminando no desenvolvimento dos primeiros robôs industriais até os robôs de tecnologia de ponta atuais.

Todavia, é evidente que no Brasil há um atraso ao compararmos com as grandes potências mundiais (Fenerick e Volante, 2020). Embora o país tenha se destacado no desenvolvimento de tecnologia para robôs, o problema ainda é o baixo nível de automação das indústrias brasileiras, que faz com que a nossa produção seja menor que a de países líderes, como Estados Unidos e Japão (Ferreira, 2009). Neste contexto, o presente trabalho busca, por meio de uma revisão sistemática de literatura, discutir o tema da aplicação da robótica, evidenciando as tendências de pesquisa sobre robótica no contexto da indústria 4.0 no Brasil.

1.1. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo analisar as tendências de robótica, no contexto da Indústria 4.0 no Brasil.

Para isso, os objetivos específicos são:

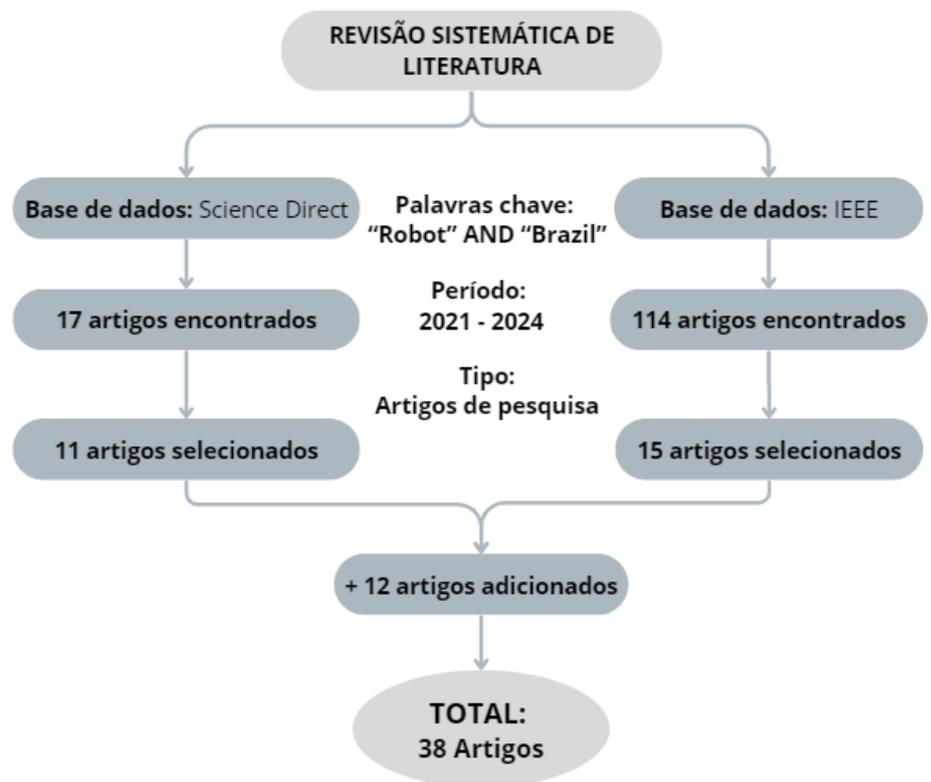
- a) Conceituar os robôs e descrever o histórico da robótica;
- b) Investigar as principais aplicações de robôs estudadas no Brasil;
- c) Verificar as vantagens e desafios para a implementação da robótica.

2 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão sistemática de literatura. Segundo Brizola e Fantin (2016), a revisão sistemática de literatura representa os estudos realizados mais recentemente, o que ajuda os investigadores a comparar os dados que recolheram com os dados de estudos anteriores. Também evita que os investigadores procurem respostas para questões que já foram respondidas.

Foi realizada uma busca nas bases de dados *Science Direct* e *IEEE Xplorer*. A busca utilizou os termos "Robot" AND "Brazil" nos títulos, resumos e palavras-chave, abrangendo o período de 2021 a 2024 e limitando-se a artigos de pesquisa, encontrando-se 17 artigos na base *Science Direct*, dos quais, após análise, foram selecionados 11 relevantes para a presente pesquisa, e 114 na base *IEEE Xplorer*, dos quais foram selecionados 15.

Figura 1 - Filtros de busca da pesquisa teórica



Fonte: elaborado pelo autor

A partir de uma abordagem não sistemática, foram adicionados mais 12 artigos considerados relevantes após uma avaliação qualitativa baseada na leitura dos títulos e resumos, totalizando 38 artigos para estudo (Figura 1).

Assim, o presente trabalho respondeu as seguintes questões:

- a) O que é um robô?
- b) Qual é a história da robótica?
- c) Quais são os principais tipos de robôs que existem?
- d) Quais as principais aplicações de robôs estudadas no Brasil?
- e) Quais as vantagens e desafios para a implementação da robótica?

Na Tabela 1 há os 38 artigos analisados.

Tabela 1 – Artigos analisados

Nº	Título do artigo	Periódico	País	Referência
1	The role of perceived risk and information security on customers acceptance of service robots in the hotel industry	<i>International Journal of Hospitality Management</i>	Estados Unidos, Reino Unido, Espanha, Israel, Índia e Romênia	Pizam <i>et al.</i> (2024)
2	An Adaptable Paw Design for Quadruped Robots Operation in Mining Environments	<i>2023 Latin American Robotics Symposium</i>	Brasil	Barros <i>et al.</i> (2023)
3	On The Quest of Trust Requirements for Socially Assistive Robots	<i>2023 IEEE 31st International Requirements Engineering Conference Workshops</i>	Brasil	Costa, Castro e Kelner (2023)
4	Trajectory Generation using RoboDK for a Staubli SCARA TS 60 Robot	<i>2023 11th International Conference on Control, Mechatronics and Automation</i>	Brasil	Henriques <i>et al.</i> (2023)

5	Proposal for a framework to manage the barriers that hinder the development of agriculture 4.0 in the agricultural production chain	<i>Computers and Electronics in Agriculture</i>	Brasil	Silveira <i>et al.</i> (2023)
6	Automated Deindustrialization: How Global Robotization Affects Emerging Economies — Evidence from Brazil	<i>World Development</i>	Alemanha	Stemler (2023)
7	Automation of a tertiary hospital pharmacy drug dispensing system in a lower-middle-income country: A case study and preliminary results	<i>Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy</i>	Brasil	Bagattini <i>et al.</i> (2022)
8	Virtual Reality Platform to Develop and Test Applications on Human-Robot Social Interaction	<i>2022 Latin American Robotics Symposium</i>	Brasil	Bottega <i>et al.</i> (2022)
9	Intuitiveness Level: Frustration-Based Methodology for Human–Robot Interaction Gesture Elicitation	<i>IEEE Access</i>	Brasil	Canuto <i>et al.</i> (2022)
10	Adaptive Multimodal Emotion Detection Architecture for Social Robots	<i>IEEE Access</i>	Brasil	Heredia <i>et al.</i> (2022)
11	Design Principles for industrie 4.0 Scenarios	<i>Hawaii International Conference on System Sciences</i>	Estados Unidos	Hermann, Pentek e Otto (2022)

12	Remote teaching of dynamics and control of robots using ROS 2	<i>IFAC PapersOnLine</i>	Brasil	Lages (2022)
13	Reliability assessment of repairable systems with series–parallel structure subjected to hierarchical competing risks under minimal repair regime	<i>Reliability Engineering and System Safety</i>	Brasil e Chile	Louzada <i>et al.</i> (2022)
14	The Role of Robotics in Achieving the United Nations Sustainable Development Goals	<i>IEEE Robotics & Automation Magazine</i>	Brasil	Mai <i>et al.</i> (2022)
15	Running Cooperative Tasks in a Multi-Robot System With Cyber-Physical Features	<i>2022 Latin American Robotics Symposium</i>	Brasil	Morais, Almeida e Arruda (2022)
16	Process automation using RPA – a literature review	<i>Procedia Computer Science</i>	Portugal	Moreira, Mamede e Santos (2022)
17	Robot Dance: A mathematical optimization platform for intervention against COVID-19 in a complex network	<i>EURO Journal on Computational Optimization</i>	Brasil	Nonato <i>et al.</i> (2022)
18	On the Effect of Heterogeneous Robot Fleets on Smart Warehouses' Order Time, Energy, and Operating Costs	<i>2022 XII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering</i>	Brasil	Oliveira <i>et al.</i> (2022)
19	Cost-Effectiveness Analysis of Robotic-Assisted Radical Prostatectomy for Localized Prostate Cancer From the	<i>Economic Evaluation</i>	Brasil	Faria <i>et al.</i> (2021)

	Brazilian Public System Perspective			
20	Automação: introdução a robótica industrial	<i>Interface Tecnológica</i>	Brasil	Frasca e Bruno (2021)
21	Redundant Robot Kinematics Error Analysis for Neurosurgical Procedures	<i>2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications</i>	Brasil	Godoy et al. (2021)
22	Cooperative Robotics and Machine Learning for Smart Manufacturing: Platform Design and Trends Within the Context of Industrial Internet of Things	<i>IEEE Access</i>	Brasil e Canadá	Lins e Givigi (2021)
23	Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry	<i>Sustainable Production and Consumption</i>	Brasil	Nara et al. (2021)
24	A Review of Emotions in Human-Robot Interaction	<i>2021 Latin American Robotics Symposium</i>	Brasil	Otoni et al. (2021)
25	Development of a Robotic Hand Using Bioinspired Optimization for Mechanical and Control Design: UnB-Hand	<i>IEEE Access</i>	Brasil	Pertuz, Llanos e Muñoz (2021)
26	Industry 4.0 and corporate sustainability: An exploratory analysis of possible impacts in the Brazilian context	<i>Technological Forecasting & Social Change</i>	Brasil, Canada e Alemanha	Siltori et al. (2021)

27	Robótica colaborativa na indústria 4.0, sua importância e desafio	<i>Interface Tecnológica</i>	Brasil	Soares e Lucato (2021)
28	Identification by Recursive Least Squares With Kalman Filter (RLS-KF) Applied to a Robotic Manipulator	<i>IEEE Access</i>	Brasil	Souza <i>et al.</i> (2021)
29	Development of Intelligent Robotic Process Automation: A Utility Case Study in Brazil	<i>IEEE Access</i>	Brasil	Vajgel <i>et al.</i> (2021)
30	Uterine Transplantation with Robot-assisted Uterus Retrieval from Living Donor: First Case in Brazil	<i>The journal of minimally invasive gynecology</i>	Brasil	Vieira <i>et al.</i> (2021)
31	A evolução das indústrias, os benefícios da automação e as Perspectivas do mercado da robótica no Brasil e no mundo	<i>Interface Tecnológica</i>	Brasil	Fenerick e Volante (2020)
32	Humanoid Robots in Education: A Systematic Mapping Based on National and International Scientific Production	<i>Informática na educação: Teoria & prática</i>	Brasil	Oliveira e Pereira (2020)
33	Fatores impeditivos da normatização brasileira para o uso do robô colaborativo no setor industrial	<i>Dissertação de Mestrado FEI</i>	Brasil	Vido (2018)
34	O uso de robótica educacional como motivação a aprendizagem de matemática	<i>Sociedade brasileira de matemática</i>	Brasil	Mahmud (2017)

35	Manipuladores robóticos industriais	<i>Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas</i>	Brasil	Simplicio, Lima e Junkes (2016)
36	Minicurso: Introdução a Robótica Educacional	<i>Sociedade brasileira para o progresso da ciência</i>	Brasil	Azevedo, Aglaé e Pitta (2010)
37	Sistema de Controle Híbrido para Robôs Móveis Autônomos	<i>Dissertação de Mestrado Unisinos</i>	Brasil	Farlei José Heinen (2002)
38	Aplicação de Robôs nas Indústrias	<i>Aplicação de Robôs e Sensores em Manufatura</i>	Brasil	Filho (1999)

Fonte: elaborado pelo autor

3 RESULTADOS

Essa seção discute as respostas para as perguntas realizadas nessa pesquisa, tais como: a conceituação de robôs, a história da robótica, os tipos de robôs, as aplicações estudadas, e vantagens e barreiras para sua implementação.

Dos 38 artigos analisados, 31 foram escritos exclusivamente por autores brasileiros, três foram produzidos em colaboração entre autores brasileiros e estrangeiros, e quatro foram escritos exclusivamente por estrangeiros.

As respectivas instituições vinculadas às publicações feitas por brasileiros estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Instituições brasileiras vinculadas às publicações

Referência	Vínculo
Barros <i>et al.</i> (2023)	Universidade Federal de Ouro Preto Universidade de São Paulo
Costa, Castro e Kelner (2023)	Universidade Federal de Pernambuco
Henriques <i>et al.</i> (2023)	Instituto Nacional de Telecomunicações
Silveira <i>et al.</i> (2023)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto Federal do Rio Grande do Sul
Bagattini <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de São Paulo Universidade Federal de Goiás
Bottega <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de Rio Grande Universidade Federal de Santa Maria
Canuto <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de Espírito Santo Universidade Federal de Sergipe
Heredia <i>et al.</i> (2022)	Instituto Federal da Bahia
Lages (2022)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Louzada <i>et al.</i> (2022)	Universidade de São Paulo Universidade Federal de Goiás Universidade Federal de Bahia
Mai <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de Rio Grande do Sul

Morais, Almeida, e Arruda (2022)	Universidade Federal de Tecnologia do Paraná
Nonato <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de Pernambuco Universidade de Campinas
Oliveira <i>et al.</i> (2022)	Universidade Federal de Santa Catarina
Faria <i>et al.</i> (2021)	Faculdade de Medicina do ABC
Frasca e Bruno (2021)	Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga
Godoy <i>et al.</i> (2021)	Universidade de São Paulo
Lins e Givigi (2021)	Universidade Federal de ABC
Nara <i>et al.</i> (2021)	Universidade de Santa Cruz do Sul Universidade Federal de Santa Maria Universidade Federal de Rio Grande do Sul
Otoni <i>et al.</i> (2021)	Universidade Federal da Bahia
Pertuz, Llanos e Muñoz (2021)	Universidade de Brasília
Siltori <i>et al.</i> (2021)	Universidade de Campinas Universidade Federal Fluminense
Soares e Lucato (2021)	Universidade de Araraquara
Souza <i>et al.</i> (2021)	Universidade Federal do Ceará Instituto Federal do Ceará
Vajgel <i>et al.</i> (2021)	Universidade de São Paulo Universidade Federal de Minas Gerais
Vieira <i>et al.</i> (2021)	Hospital do Câncer de Barretos
Fenerick e Volante (2020)	Fundação Educacional Inaciana Padre Saboia de Medeiros
Oliveira e Pereira (2020)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Vido (2018)	Centro Universitário Tiradentes
Mahmud (2017)	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Simplicio, Lima e Junkes (2016)	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Azevedo, Aglaé e Pitta (2010)	Universidade Federal do Espírito Santo

Farlei José Heinen (2002)	Universidade Federal Da Paraíba
Filho (1999)	Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga

Fonte: elaborado pelo autor

Destaca-se a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) com participação em cinco das publicações estudadas, seguida pela Universidade de São Paulo (USP), presente em quatro publicações, além da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC/TQ), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com duas publicações cada uma.

3.1 O QUE É UM ROBÔ

Assim como os próprios robôs, a evolução do conceito do que é ou não é um robô também tem evoluído com o passar do tempo e com o avanço da tecnologia, se tornando mais sofisticado.

Os robôs, segundo a Associação de Indústrias de Robôs dos Estados Unidos (*Robot Industries Association* – RIA, 2024), são "manipuladores reprogramáveis e multifuncionais, projetados para manipular materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados, através de movimentos variáveis programados para a realização de tarefas diversas" (Spong e Vidyasagar, 2008). Essa definição destaca a versatilidade e capacidade de adaptação dos robôs para desempenhar uma ampla gama de atividades industriais. Conforme a definição encontrada no dicionário Michaelis (2024), no qual um robô é definido como "um dispositivo automático programável capaz de realizar uma série de operações pré-determinadas".

Por sua vez, de acordo com a norma ISO (*International Organization for Standardization*) 10218, os robôs são definidos como "máquinas manipuladoras com vários graus de liberdade controladas automaticamente, reprogramáveis, multifuncionais, que podem ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial". Esta norma estabelece parâmetros claros e precisos para a fabricação e utilização de robôs industriais em processos automatizados.

Quanto à sua estrutura, um robô é um sistema mecânico, de geometria variada, formada por corpos rígidos, articulados entre si, destinado a sustentar e posicionar/orientar o órgão terminal, que dotado de garra mecânica ou de ferramenta

especializada, fica em contato direto com o processo. A mobilidade do manipulador é o resultado de uma série de movimentos elementares, independentes entre si, denominados graus de liberdade do robô (Filho, 1999). Essa estrutura complexa permite aos robôs realizar uma ampla variedade de tarefas com precisão e eficiência.

Resumidamente, os robôs são concebidos e projetados para auxiliar o humano na realização de determinadas tarefas (Azevedo, Aglaé e Pitta, 2010), reforçando a ideia de que os robôs são ferramentas destinadas a colaborar com os seres humanos, aumentando a eficiência e a produtividade em diversos setores industriais.

3.2 HISTÓRIA DA ROBÓTICA

A evolução da automação industrial remete há longos períodos na história. Desde a pré-história, o homem vem desenvolvendo mecanismos e invenções com o intuito de reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de atividades. Como exemplo, pode-se citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos pela força da água ou força animal (Roggia e Fuentes, 2016).

Desde a antiguidade, o homem tem construído autômatos e figuras animadas artificialmente (Oliveira e Pereira, 2020). O termo robô foi utilizado pela primeira vez na peça teatral de Karen Capeck "Os robôs universais de Russum" (R.U.R) em 1920 (Frasca e Bruno, 2021). A palavra resulta da combinação das palavras tchecas *rabota*, que significa "trabalho obrigatório", e *robotnik* que significa "servo" (Mataric, 2014).

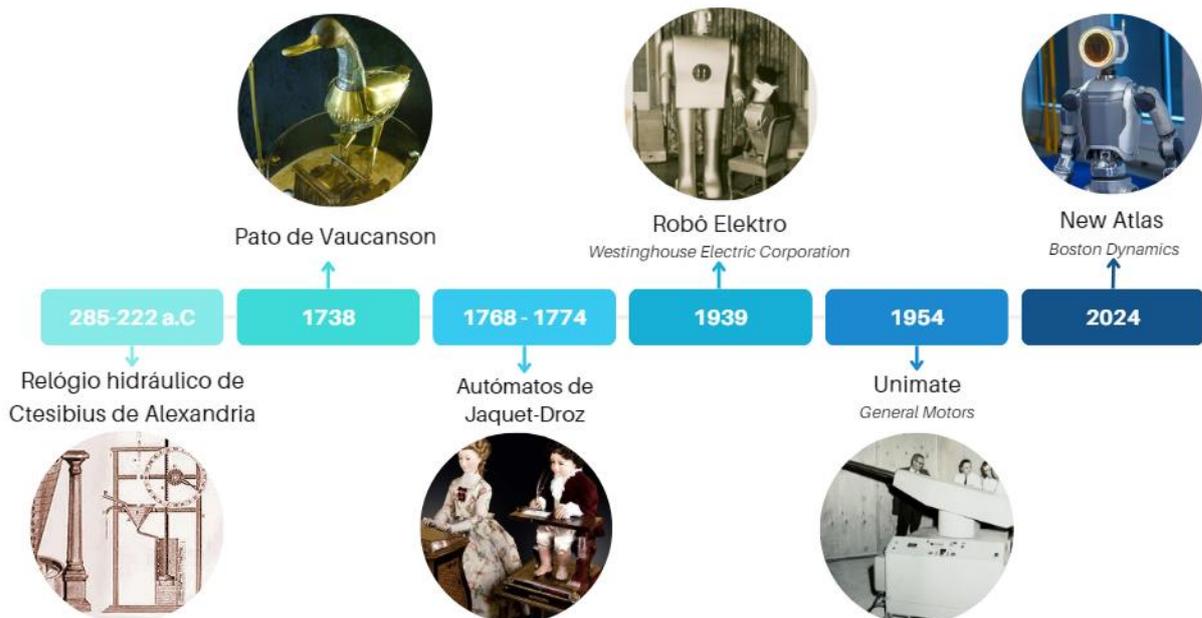
Mas muito antes disso, os gregos Ctesibius (285-222 a.C) e Heron (10-80 d.C), já eram conhecidos por suas engenhocas robóticas (Azevedo, Aglaé e Pitta, 2010). Leonardo Da Vinci, ao estudar a anatomia humana para criar suas obras, indiretamente contribuiu para a criação de conexões mecânicas (Mahmud, 2017).

Jacques de Vaucanson, em 1738 na França, criou um androide que tocava flauta e um pato mecânico que se alimentava (Cormier, 2024). E durante os séculos XVII e XVIII foram construídos vários bonecos realistas baseados em mecanismos de relógio que podiam tocar piano, fazer uma assinatura, e até mesmo respirar, porém, segundo os critérios atuais, apesar de sua contribuição para a robótica, nenhum desses autômatos seria considerado um robô (Mataric, 2014).

Nos anos 30, a então denominada *Westinghouse Electric Corporation*, fez o primeiro robô humanoide conhecido como *Elektro*, que foi exibido no *World's Fair* de 1939 e 1940 (Mahmud, 2017).

O primeiro robô desenvolvido para o uso próprio em um chão de fábrica foi em 1954, um braço mecânico criado pelo inventor George Devol, instalado na General Motors em 1961 (Frasca e Bruno, 2021), que ficou conhecido como "*Unimate*". Desde então, os robôs têm evoluído constantemente ao longo dos anos (Figura 2), transformando drasticamente a forma como realizamos tarefas e interagimos com a tecnologia, como é o caso do robô *New Atlas*, da *Boston Dynamics*, um robô humanoide bípede totalmente elétrico projetado para aplicações do mundo real (Osborne, 2024).

Figura 2 - Robôs ao longo da história



Fonte: elaborado pelo autor

3.3 TIPOS DE ROBÔS

Um robô é considerado uma máquina programável capaz de desempenhar tarefas de forma autônoma ou semiautônoma. Nesse contexto, há uma variedade de tipos de robôs, que podem abranger desde máquinas robustas utilizadas em linhas

industriais até assistentes virtuais. Dentre alguns dos tipos de robôs existentes, podemos citar: humanoides, móveis, de processamento robótico, industriais e colaborativos.

Os robôs humanoides, como o ASIMO desenvolvido pela marca Honda (Figura 3) são projetados para se assemelhar à forma humana e realizar tarefas em ambientes humanos. Suas características incluem corpo que imita a estrutura humana e capacidade de interagir com humanos para realizar tarefas complexas. Segundo Oliveira e Pereira (2020), a definição de um robô humanoide, embora superficialmente baseada na forma, pode ser ancorada pela função que esses robôs exercem. As habilidades como rolar, lutar com múltiplos membros, dançar, são melhorias que permitem a esses robôs executarem ações humanas, no entanto, máquinas que executam tarefas repetitivas e de alta velocidade de uma maneira completamente não antropomórfica, como uma prensa de impressão, não são consideradas robôs humanoides.

Figura 3 - Robô humanoide ASIMO

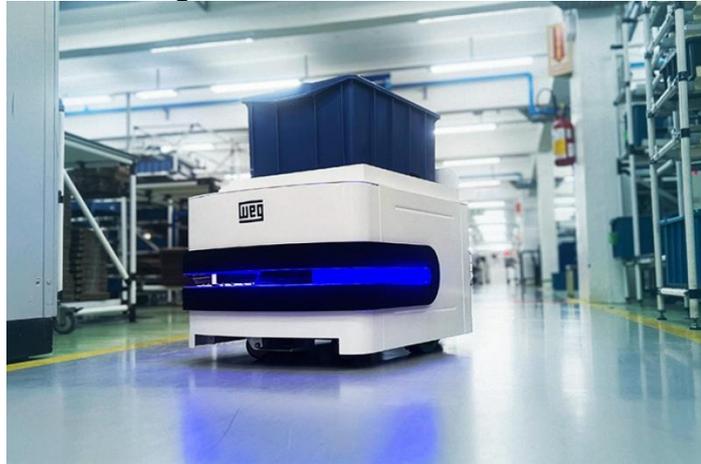


Fonte: (Bloomberg, 2018)

Os robôs móveis, por outro lado, são projetados para se mover autonomamente em diversos ambientes, como o *WEG Mobile Robot (WMR)* (Figura 4) desenvolvido pela empresa WEG. Segundo Heinen (2002), a robótica móvel se destaca pela ênfase em problemas relacionados à locomoção em ambientes complexos e dinâmicos, que podem incluir obstáculos estáticos e móveis. Para operar nesses ambientes, o robô precisa adquirir e utilizar conhecimento sobre o ambiente,

estimar sua posição, reconhecer obstáculos e responder em tempo real às situações que possam ocorrer.

Figura 4 - WEG Mobile Robot



Fonte: (Noticenter, 2023)

Por sua vez, os robôs de Processamento Robótico (RPA), por outro lado, não possuem estrutura física, sendo *softwares* automatizados que executam tarefas administrativas repetitivas. Eles atuam na automação de processos de negócios, como entrada de dados e processamento de transações, reduzindo erros humanos e aumentando a eficiência. Conforme citam Moreira, Mamede e Santos (2023), o uso de RPA é uma tendência crescente na reestruturação de processos de negócios, combinada com a transformação digital.

Robôs industriais, muito populares na era da Indústria 4.0, são máquinas automatizadas usadas principalmente em ambientes de manufatura e produção para realizar tarefas repetitivas, perigosas ou que exigem alta precisão. Pode-se citar como exemplo os braços robóticos produzidos pela empresa KUKA (Figura 5). Segundo Simplício, Lima e Junkes (2016), o uso de manipuladores robóticos na linha de produção traz inúmeras vantagens, como a padronização do produto, agilidade na produção, maior precisão dimensional e melhoria na qualidade final do produto.

Figura 5 - Robô industrial KUKA



Fonte: (Tátil Design, 2024)

Os robôs colaborativos são máquinas que trabalham lado a lado com os humanos, sem a necessidade de dispositivos de segurança, como cortinas de luz e cercas, por exemplo o UR5 da *Universal Robots* (Figura 6). Em um processo de trabalho compartilhado, eles reduzem o desgaste físico e auxiliam o operador humano (Vido, 2018). Atualmente, os robôs colaborativos são seguros, flexíveis e econômicos, tornando a automação mais acessível, e permitindo que sejam implementados mesmo em empresas pequenas ou de médio porte (Soares e Lucato, 2021).

Figura 6 - Robô colaborativo UR5



Fonte: (Donadelli, 2018)

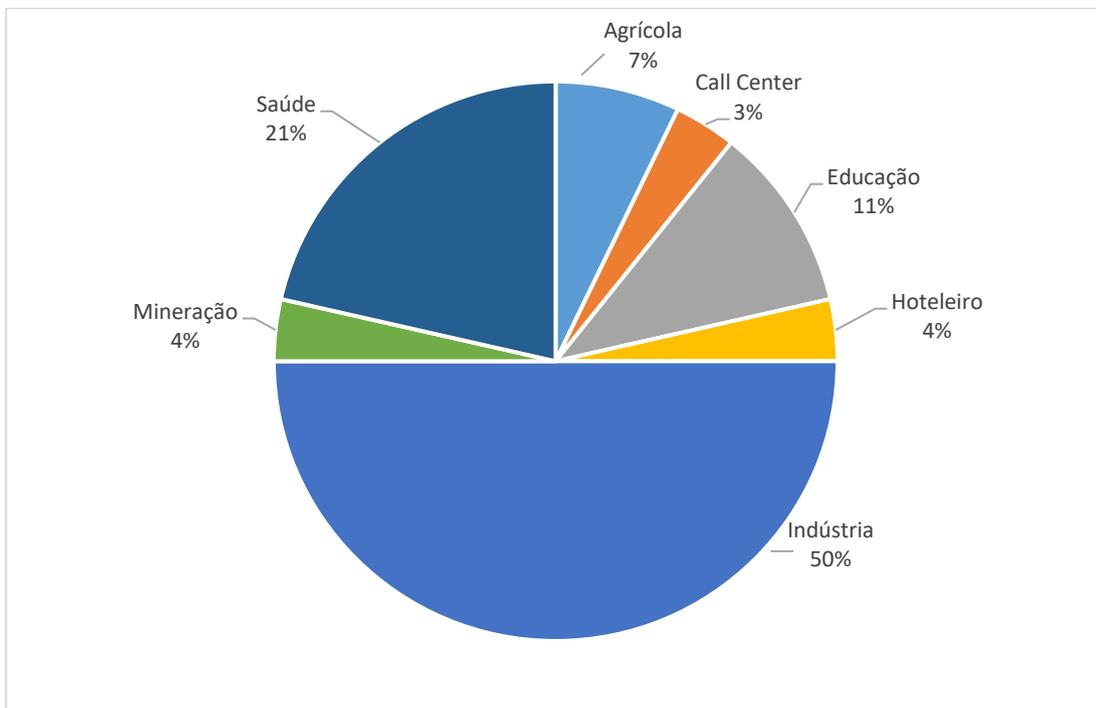
Dessa forma, percebe-se que robôs podem assumir diversas formas e funções, desde tarefas simples e repetitivas até operações complexas e delicadas,

demonstrando assim a versatilidade e adaptabilidade dessas máquinas em atender às necessidades em constante evolução da sociedade moderna.

3.4 ÁREAS DE APLICAÇÃO

As áreas de aplicação de robôs encontradas nas pesquisas foram na indústria, na saúde, na educação, no setor agrícola, de *call center*, de mineração e hoteleiro (Figura 7). Dentre os 38 artigos, 10 não tinham uma área de aplicação determinada, portanto, esses artigos foram excluídos desta análise em questão.

Figura 7 - Gráfico de quantidade de trabalhos por área de aplicação



Fonte: elaborado pelo autor

Dessa forma, foi possível constatar que a grande maioria dos focos de pesquisa em robótica está voltada para aplicações na indústria, com 14 artigos (Tabela 3), representando a metade dos trabalhos.

Tabela 3 - Pesquisas com foco em indústria

Referência	Objetivo
Hermann, Pentek e Otto (2022)	Identificar os cenários para implementação da Indústria 4.0 e com o estudo de caso entender o conceito dessa tecnologia.
Louzada <i>et al.</i> (2022)	Propor um modelo para avaliar os tempos de falha de um sistema reparável único, representado hierarquicamente, exposto a riscos concorrentes e sob uma estrutura de reparo mínimo. A aplicabilidade do modelo foi ilustrada com métodos que tratam da modelagem de confiabilidade de uma unidade robótica ainda em desenvolvimento, fruto de uma parceria entre a Petrobras e outros centros de pesquisa de empresas brasileiras.
Morais, Almeida e Arruda (2022)	Desenvolver um sistema baseado em conceitos cyber-físicos para apoiar robôs em tarefas que exigem trabalho cooperativo e compartilhamento de informações.
Moreira, Mamede e Santos (2022)	Esclarecer o conceito do RPA, os benefícios encontrados nesta adoção, as principais características que os processos devem ter para serem elegíveis e as principais barreiras encontradas para o sucesso da adoção do RPA.
Oliveira <i>et al.</i> (2022)	Apresenta o efeito de diferentes tipos de robôs em frotas operando em um grande armazém inteligente simulado usando um algoritmo de última geração previamente projetado
Lins e Givigi (2021)	Apresentar uma arquitetura para integração de robótica colaborativa e aprendizado de máquina baseada em seis camadas e quatro hierarquias do RAMI 4.0 (<i>Reference Architectural Model Industry 4.0</i>).
Nara <i>et al.</i> (2021)	Investigar os impactos das tecnologias da Indústria 4.0 na sustentabilidade com base em aspectos econômicos, ambientais e sociais, tendo a indústria de plásticos como foco.
Siltori <i>et al.</i> (2021)	Analisar os impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade corporativa, considerando o contexto brasileiro.

Soares e Lucato (2021)	Demonstrar qual a importância da robótica colaborativa na indústria 4.0, trazendo as suas vantagens, desvantagens e desafios que precisam ser superados, apontando aspectos que necessitam de mais estudos.
Souza <i>et al.</i> (2021)	Apresentar um algoritmo híbrido para identificação de manipuladores robóticos industriais baseado no método dos mínimos quadrados recursivos.
Fenerick e Volante (2020)	Demonstrar através de uma pesquisa bibliográfica como as indústrias evoluíram, os benefícios da automação e as perspectivas do mercado da robótica.
Vido (2018)	Identificar os fatores da normatização brasileira que limitam o uso do robô colaborativo nas operações colaborativas no setor industrial brasileiro.
Simplício, Lima e Junkes (2016)	Discorrer sobre os tipos de manipuladores robóticos no ambiente industrial e suas respectivas funções, com enfoque em sua estrutura mecânica e características gerais.
Farlei José Heinen (2002)	Desenvolver um sistema de controle robusto para robôs móveis autônomos capazes de operar e de se adaptar aos diferentes ambientes e condições.

Fonte: elaborado pelo autor

A aplicação na área da saúde está presente em seis dos trabalhos estudados (Tabela 4), demonstrando o crescente uso de robôs, tanto socialmente assistivos, quanto para a realização de cirurgias complexas e delicadas.

Tabela 4 - Pesquisas com foco em saúde

Referência	Objetivo
Bagattini <i>et al.</i> (2023)	Descrever a implementação de um sistema de dispensação automatizada de medicamentos e apresenta os resultados preliminares da dispensação automatizada de medicamentos com robôs no Hospital Sírio-Libanês, um hospital terciário privado no Brasil.

Costa, Castro e Kelner (2023)	Desenvolver um catálogo de exigência de confiança de Robôs Antropomórficos Socialmente Assistivos.
Nonato <i>et al.</i> (2022)	Apresentar uma plataforma de otimização computacional desenvolvida em resposta ao surto de COVID-19, para apoiar a tomada de decisões sobre políticas públicas a nível regional.
Faria <i>et al.</i> (2021)	Calcular a relação custo-efetividade da prostatectomia radical assistida por robótica na perspectiva do sistema público brasileiro.
Godoy <i>et al.</i> (2021)	Explorar a relação cinemática entre a configuração do robô no espaço articular, a resolução da posição do ponto central da ferramenta do robô e a resolução da orientação do efetor final do robô com o objetivo de reduzir erros no contexto da utilização de robôs redundantes em neurocirurgia.
Vieira <i>et al.</i> (2021)	Apresentar a primeira retirada de útero assistida por robô de uma doadora viva para transplante uterino no Brasil.

Fonte: elaborado pelo autor

No âmbito da educação, três pesquisas exploram o uso da robótica como ferramenta educacional (Tabela 5).

Tabela 5 - Pesquisas com foco em educação

Referência	Objetivo
Lages (2022)	Apresentar a utilização do ROS 2 como plataforma de apoio para o curso de Dinâmica e Controle de Robôs da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
Oliveira e Pereira (2020)	Investigar como ocorre o uso de robôs humanoides na educação em âmbito nacional e internacional.
Mahmud (2017)	Análise da implantação de métodos de ensino apropriados à geração Z, especificamente no ensino e aprendizagem da matemática através da robótica educacional.

Fonte: elaborado pelo autor

Dois dos trabalhos analisados estão focados no setor agrícola, evidenciando a crescente tendência de modernização e avanço tecnológico na área (Tabela 6).

Tabela 6 - Pesquisas com foco no setor agrícola

Referência	Objetivo
Stemler (2023)	Investigar como a automação nacional e estrangeira impacta uma economia emergente rica em recursos.
Silveira <i>et al.</i> (2023)	Evidenciar as barreiras que dificultam o desenvolvimento da agricultura 4.0 no Sul do Brasil.

Fonte: elaborado pelo autor

Visando o setor da mineração, Barros *et al.* (2023) apresenta o desenvolvimento de um projeto mecânico de uma pata adaptável com molas de apoio e pinos giratórios para o robô Solo12.

Vajgel *et al.* (2021), ao considerar uma aplicação em *Call Center*, apresenta um RPA inteligente de “Notificação Proativa” para uma companhia concessionária de energia elétrica, capaz de fornecer notificações proativas altamente precisas aos clientes com maior probabilidade de reclamações, e monitorar o sistema responsável por mapear as interrupções de energia, fazendo estimativas para cada ocorrência.

Enquanto Pizam *et al.* (2024) propõe e testa um referencial teórico para investigar as influências do risco e da segurança da informação na intenção dos clientes de hotéis ao utilizar robôs de serviço, com dados coletados de onze países: Estados Unidos, Reino Unido, Turquia, Espanha, Romênia, Japão, Israel, Índia, Grécia, Canadá e Brasil.

3.5 VANTAGENS DOS ROBÔS

A automação, especialmente na robótica, traz impactos significativos aos processos industriais. Ela eleva a eficiência, reduz os refugos, aprimora a qualidade, diminui os custos e a necessidade de mão de obra, além de aumentar a segurança ergonômica dos operários (Fenerick e Volante, 2020). O que vai de acordo com Simplício, Lima e Junkes (2016), que defendem que o uso da robótica na linha de produção traz muitas vantagens na fabricação de peças, incluindo padronização do

produto, velocidade de produção, precisão dimensional e melhoria da qualidade final dos produtos.

Nara *et al.* (2021) também argumentam que a Internet das Coisas, sistemas ciberfísicos, os sensores e a implementação de *big data* são impulsionadores do desenvolvimento sustentável, sendo associados a impactos positivos substanciais nas métricas econômicas.

Para Silveira *et al.* (2023) o emprego da robótica e inteligência artificial, além de outras tecnologias da indústria 4.0, beneficiam todas as etapas e processos da cadeia produtiva agrícola.

Conforme Barros *et al.* (2023) dispositivos robóticos têm sido cada vez mais implementados em ambientes operacionais onde a segurança humana está em risco, como espaços confinados e tarefas que envolvam potenciais acidentes.

No trabalho Siltori *et al.* (2021) foram analisados os impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade corporativa, considerando o contexto brasileiro. A revisão de literatura identificou 12 impactos utilizados para estruturar um questionário aplicado em uma pesquisa com pesquisadores brasileiros experientes. Os principais impactos destacados incluem a redução de ofertas de empregos para atividades manuais e repetitivas, o surgimento de novas profissões de alto valor agregado, o surgimento de negócios inovadores, a redução dos acidentes de trabalho devido ao aumento do uso de robôs em tarefas perigosas, desafios na qualificação dos funcionários para as mudanças de modernização, a integração de todas as atividades da cadeia de valor, permitindo uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos, e por fim, melhorias na ergonomia física e cognitiva devido ao uso de sensores.

No estudo realizado por Mai *et al.* (2022) é associado o uso da robótica com alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da União das Nações Unidas (ONU), entre eles pode-se citar a contribuição dos robôs para melhorar a qualidade dos cuidados médicos, seu potencial educacional, a capacidade de substituir os humanos em empregos perigosos e a atuação na prevenção e resposta a catástrofes.

Em resumo, as principais vantagens encontradas na implementação de robôs incluem:

- Aumento da produtividade e eficiência (Fenerick e Volante, 2020).

- Melhoria da qualidade e consistência (Fenerick e Volante, 2020) (Simplício *et al.*, 2016)
- Segurança em ambientes perigosos (Siltori *et al.*, 2021; Barros *et al.*, 2023; Mai *et al.*, 2022).
- Redução de custos (Fenerick e Volante, 2020).
- Avanços na medicina (Faria *et al.*, 2021; Vieira *et al.*, 2021; Mai *et al.*, 2022)
- Acesso a novos mercados e inovações (Siltori *et al.*, 2021).

3.6 DESAFIOS E IMPACTOS NEGATIVOS

No entanto, a implementação de robôs também apresenta desafios e impactos negativos. De acordo com o estudo de Nara *et al.* (2021), entre esses destacam-se a redução na criação de empregos e limitada influência no desenvolvimento sustentável.

Mai *et al.* (2022) mencionam que, assim como ocorre com toda tecnologia, a robótica é uma ferramenta ambígua que pode gerar resultados positivos ou negativos. O impacto da automação na disponibilidade de empregos é uma preocupação comum quando se discute a implantação da robótica. Historicamente, embora alguns empregos desapareçam, novos são criados; no entanto, isso pode representar um desafio para a sociedade se adaptar à nova demanda. Além disso, surge a questão do impacto ambiental, uma vez que a implementação em larga escala de robôs pode causar efeitos significativos em toda a cadeia, incluindo a extração de matéria-prima, a montagem de materiais, o consumo de energia e a geração de resíduos quando danificados ou obsoletos.

Silveira *et al.* (2023) levantam várias barreiras para a implementação dessa tecnologia, incluindo a falta de infraestrutura, complexidade tecnológica, incompatibilidade entre componentes, preocupações com confiabilidade, questões e problemas de gestão de energia, alto custo de manutenção de instalações e alto custo operacional.

Segundo Stemmler (2023), a automação nos países de destino das exportações diminui o emprego no setor manufatureiro, mas aumenta o emprego no setor de matérias primas no Brasil, mudanças que são refletidas na demanda por bens de exportação do Brasil. A automação estrangeira resulta em menores exportações

de bens manufaturados e no aumento das exportações de matérias-primas. O emprego é menos afetado pela exposição à automação doméstica. Os trabalhadores mais qualificados e as mulheres são menos afetados negativamente por essas mudanças.

Em suma, os principais desafios encontrados na implementação de robôs incluem:

- Redução de ofertas de emprego para mão de obra menos qualificada (Stemmler, 2023) (Nara *et al.*, 2021) (Mai *et al.*, 2022).
- Falta de infraestrutura (Silveira *et al.*, 2023).
- Complexidade tecnológica (Silveira *et al.*, 2023).
- Impactos ambientais (Mai *et al.*, 2022).
- Preocupações com confiabilidade (Silveira *et al.*, 2023).
- Alto custo agregado (Silveira *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÃO

A definição de robô foi sendo modificada de acordo com os avanços tecnológicos, passando de manipuladores reprogramáveis a sistemas complexos com múltiplos graus de liberdade. Essa evolução destaca a versatilidade e a crescente relevância dos robôs em diversas aplicações industriais e cotidianas. A robótica possui uma longa trajetória histórica de inovações, desde autômatos antigos até o primeiro robô industrial moderno, o "*Unimate*", ilustrando a progressão contínua da automação e sua importância na modernização dos processos produtivos.

Diversos tipos de robôs foram discutidos, cada um com suas características e áreas de aplicação específicas, demonstrando a ampla gama de tarefas que os robôs podem realizar, desde operações industriais complexas até interações cotidianas com humanos. A pesquisa identificou que as áreas de aplicação mais populares da robótica no Brasil incluem indústria, saúde, educação, agricultura e setor hoteleiro.

As vantagens da robótica são diversas e incluem o aumento da produtividade e eficiência, melhoria da qualidade e consistência, segurança em ambientes perigosos, flexibilidade e adaptabilidade, redução de custos, capacidades avançadas, avanços na medicina, acesso a novos mercados e inovações, e sustentabilidade. No entanto, a implementação da robótica também apresenta desafios a serem superados. Entre os principais estão a redução de ofertas de emprego, falta de infraestrutura, complexidade tecnológica, incompatibilidade entre componentes, preocupações com confiabilidade, problemas de gestão de energia, alto custo de manutenção e operacional, entre outros.

Este estudo ressalta a importância da robótica no avanço tecnológico e na modernização de diversos setores no Brasil. Embora existam desafios a serem superados, os benefícios potenciais são significativos. Futuras pesquisas podem focar em mitigar os impactos negativos e explorar novas aplicações e tecnologias que contribuam para um desenvolvimento sustentável e inclusivo. Compreender essas dinâmicas é essencial para maximizar os benefícios da robótica, minimizando os possíveis prejuízos sociais e econômicos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S.; AGLAÉ, A.; PITTA, R. Minicurso: Introdução a Robótica Educacional. **Sociedade Brasileira para o progresso da ciência**, p. 1-41, 2010. Disponível em: <<https://www.sbpcnet.org.br/livro/62ra/minicursos/mc%20samuel%20azevedo.pdf>>. Acesso em: 15 JUNHO 2024.

BAGATTINI, Â. M. et al. Automation of a tertiary hospital pharmacy drug dispensing system in a lower-middle-income country: A case study and preliminary results. **Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy**, v. 6, p. 1-4, 2022. ISSN 2667-2766. DOI: 10.1016/j.rcsop.2022.100151. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667276622000506>>. Acesso em: 15 Junho 2024.

BARROS, L. G. D. D. et al. An Adaptable Paw Design for Quadruped Robots Operation in Mining Environments. **2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE)**, p. 224-229, 2023. DOI: 10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10333005. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10333005/>>. Acesso em: 15 junho 2025.

BLOOMBERG, A. P. Japão quer que robôs ajudem a construir arranha-céus. **Tilt UOL**, 2018. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/bloomberg/2018/04/25/japao-quer-que-robos-ajudem-a-construir-arranha-ceus.htm>>. Acesso em: 17 junho 2024.

BOTTEGA, J. A. et al. Virtual Reality Platform to Develop and Test Applications on Human-Robot Social Interaction. **2022 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2022 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2022 Workshop on Robotics in Education (WRE)**, p. 1-6, 2022. DOI: 10.1109/LARS/SBR/WRE56824.2022.9996025. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9996025>>. Acesso em: 15 junho 2024.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de educação do vale do arinos**, Joara, v. 3, n. 2, p. 23-39, 2016. ISSN 2359-0041. Disponível em: <<https://periodicos.unemat.br/index.php/relva/article/view/1738/1630>>. Acesso em: 17 junho 2024.

CANUTO, C. et al. Intuitiveness Level: Frustration-Based Methodology for Human-Robot Interaction Gesture Elicitation. **IEEE Access**, v. 10, p. 17145-17154, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3146838. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9694653>>. Acesso em: 13 junho 2024.

CARVALHO HENRIQUES, J. P. et al. Trajectory Generation Using RoboDK for a Staubli SCARA TS 60 Robot. **2023 11th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA)**, p. 121-126, 2023. DOI: 10.1109/ICCMA59762.2023.10374649. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10374649>>. Acesso em: 15 junho 2024.

CORMIER, K. Robots Take More Human Attributes, 2024. Disponível em: <<https://www.electronicdesign.com/technologies/test-measurement/article/21208733/robots-take-more-human-attributes>>. Acesso em: 15 junho 2024.

COSTA, L. et al. On The Quest of Trust Requirements for Socially Assistive Robots. **2023 IEEE 31st International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)**, p. 252-261, 2023. DOI: 10.1109/REW57809.2023.00051. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10260997/>>. Acesso em: 15 junho 2024.

DONADELLI, M. Implementação de Robôs Colaborativos em uma Indústria do Setor Automotivo. **LinkedIn**, 2018. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/implementa%C3%A7%C3%A3o-de-rob%C3%B4s-colaborativos-em-uma-ind%C3%BAstria-donadelli/>>. Acesso em: 17 junho 2024.

FARIA, E. F. et al. Cost-Effectiveness Analysis of Robotic-Assisted Radical Prostatectomy for Localized Prostate Cancer From the Brazilian Public System Perspective. **Value in Health Regional Issues**, v. 29, p. 60-65, 2022. ISSN 2212-1099. DOI: 10.1016/j.vhri.2021.06.009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221210992100100X>>. Acesso em: 10 JUNHO 2024.

FENERICK, J. A.; VOLANTE, C. R. A evolução das indústrias os benefícios da automação e as perspectivas do mercado da robótica no Brasil e no mundo. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 17, n. 1, p. 734-745, 2020. ISSN 2447-0864. DOI: 10.31510/infa.v17i1.805. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/805/510>>. Acesso em: 17 Junho 2024.

FERREIRA, P. Robos made in Brasil. **Inovação em pauta**, p. 56-61, 2009. Disponível em: <<https://ifgjatai.eu5.org/robos.pdf>>. Acesso em: 17 Junho 2024.

FETTER, W. Remote Teaching of Dynamics and Control of Robots Using ROS 2. **IFAC-PapersOnLine**, 55, n. 17, 2022. 279-284. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322015348>>. Acesso em: 10 JUNHO 2024. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.09.292.

FILHO, T. F. B. Aplicação de Robôs nas Indústrias. **Aplicação de Robôs e Sensores em Manufatura**, p. 1-14, 1999. Disponível em: <<https://www.teodianobastoslabs.net/RobMov/robosindustriais.pdf>>. Acesso em: 15 Junho 2024.

FRASCÁ, G. E.; BRUNO, D. R. AUTOMAÇÃO: introdução a robótica industrial. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2021, p. 639-651, 2021. DOI: 10.31510/infa.v18i2.1244. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1244>>. Acesso em: 14 Janeiro 2024.

GLATZL; LUIZ. Robótica — Um pouco de história. **Medium**, 2021. Disponível em: <<https://luizglatzl.medium.com/rob%C3%B3tica-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-35b217b41b69>>. Acesso em: 17 junho 2024.

GODOY, R. V. et al. Redundant Robot Kinematics Error Analysis for Neurosurgical Procedures. **2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)**, p. 1029-1035, 2021. DOI: 10.1109/INDUSCON51756.2021.9529675. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9529675/>>. Acesso em: 15 junho 2024.

HEINEN, F. J. **Sistema de Controle Híbrido para Robôs Móveis Autônomos**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo. 2002. Acesso em: 13 junho 2024.

HEREDIA, J. et al. Adaptive Multimodal Emotion Detection Architecture for Social Robots. **IEEE Access**, v. 10, p. 20727-20744, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3149214. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9705576>>. Acesso em: 15 junho 2024.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; BORIS, O. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. **2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**, 2016. ISSN 978-0-7695-5670-3. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>>. Acesso em: 13 junho 2024.

LAGES, W. F. Remote Teaching of Dynamics and Control of Robots Using ROS. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 17, p. 279-284, 2022. ISSN 2405-8963. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.09.292. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322015348>>. Acesso em: 10 JUNHO 2024.

LINS, R. G.; GIVIGI, S. N. Cooperative Robotics and Machine Learning for Smart Manufacturing: Platform Design and Trends Within the Context of Industrial Internet of Things. **IEEE Access**, v. 9, p. 95444-95455, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3094374. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9475965/>>. Acesso em: 15 junho 2024.

LOUZADA, F. et al. Reliability assessment of repairable systems with series–parallel structure subjected to hierarchical competing risks under minimal repair regime. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 222, p. 108-364, 2022. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2022.108364. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022000424>>. Acesso em: 13 junho 2024.

MAHMUD, D. A. **O USO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO MOTIVAÇÃO A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA**. Universidade Federal do Amapá. Macapá, p. 1-82. 2017. Acesso em: 17 Junho 2024.

MAI, V. et al. The Role of Robotics in Achieving the United Nations Sustainable Development Goals—The Experts' Meeting at the 2021 IEEE/RSJ IROS Workshop [Industry Activities]. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 29, n. 1, p. 92-107,

2022. DOI: 10.1109/MRA.2022.3143409. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9740074/>>. Acesso em: 13 junho 2024.

MARTINS, A. **O Que E Robotica**. [S.l.]: Brasiliense, 2008. ISBN 9788511001105. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=tAaLPgAACAAJ>>. Acesso em: 15 Junho 2024.

MATARIC, M. J. **Introdução à robótica**. [S.l.]: BLUCHER, 2014. ISBN 9788521208549. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=Nj26DwAAQBAJ>>. Acesso em: 15 Junho 2024.

MEIER, A. The Sensational Return of a Smoking, Walking, Talking World's Fair Robot. **Atlas Obscura**, 2013. Disponível em: <<https://www.atlasobscura.com/articles/elektro-the-robot>>. Acesso em: 17 Junho 2024.

MORAIS, H. R. F.; SILVA DE ALMEIDA, J. P. L.; ARRUDA, L. V. R. Running Cooperative Tasks in a Multi-Robot System with Cyber-Physical Features. **2022 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2022 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2022 Workshop on Robotics in Education (WRE)**, p. 217-222, 2022. DOI: 10.1109/LARS/SBR/WRE56824.2022.9995790. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9995790>>. Acesso em: 15 junho 2024.

MOREIRA, S.; MAMEDE, H. S.; SANTOS, A. Process automation using RPA – a literature review. **Procedia Computer Science**, v. 219, p. 244-254, 2023. ISSN 1877-0509. DOI: 10.1016/j.procs.2023.01.287. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923002958>>. Acesso em: 13 junho 2024.

NARA, E. O. B. et al. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 25, p. 102-122, 2021. ISSN 2352-5509. DOI: 10.1016/j.spc.2020.07.018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550920305212>>. Acesso em: 10 JUNHO 2024.

NONATO, L. G. et al. Robot Dance: A mathematical optimization platform for intervention against COVID-19 in a complex network. **EURO Journal on Computational Optimization**, v. 10, p. 1-13, 2022. ISSN 2192-4406. DOI: 10.1016/j.ejco.2022.100025. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2192440622000016>>. Acesso em: 13 junho 2024.

NOTICENTER. WEG lança robô móvel autônomo para otimizar operações de manufatura e intralogística na indústria. **Noticenter**, 2023. Disponível em: <<https://www.noticenter.com.br/n.php?ID=33428&T=weg-lanca-robo-movel-autonomo-para-otimizar-operacoes-de-manufatura-e-intralogistica-na-industria>>. Acesso em: 17 junho 2024.

OLIVEIRA, E. S.; PEREIRA, P. S. Humanoid Robots in Education: A Systematic Mapping Based on National and International Scientific Production. **INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO: teoria & prática**, v. 23, n. 3, p. 27-47, 2020. ISSN 1982-1654.

Disponível em:

<<https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/download/100302/61032>>. Acesso em: 10 Junho 2024.

OLIVEIRA, G. S.; CARVALHO, J. T.; PENTZ, P. D. M. On the Effect of Heterogeneous Robot Fleets on Smart Warehouses' Order Time, Energy, and Operating Costs. **2022 XII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC)**, p. 1-8, 2022. DOI: 10.1109/SBESC56799.2022.9964584.

Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9964584>>. Acesso em: 15 junho 2024.

OSBORNE, N. Boston Dynamics unveils new Atlas robot for commercial use. **NBC News**. 2024. Disponível em: <<https://www.nbcnews.com/news/weird-news/boston-dynamics-unveils-new-atlas-robot-commercial-use-rcna148212>>. Acesso em: 15 junho 2024.

OTTONI, C.; TOLEDO, L.; JESUS, F. C. A Review of Emotions in Human-Robot Interaction. **2021 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2021 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2021 Workshop on Robotics in Education (WRE)**, p. 7-12, 2021. DOI: 10.1109/LARS/SBR/WRE54079.2021.9605479.

Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9605479/>>. Acesso em: 10 junho 2024.

PERTUZ, S. A.; LLANOS, C. H.; MUÑOZ, D. M. Development of a Robotic Hand Using Bioinspired Optimization for Mechanical and Control Design: UnB-Hand. **IEEE Access**, v. 9, p. 61010-61023, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3073010. Acesso em: 10 junho 2024.

PIZAM, A. et al. The role of perceived risk and information security on customers' acceptance of service robots in the hotel industry. **International Journal of Hospitality Management**, v. 117, p. 103-641, 2024. ISSN 0278-4319. DOI: 10.1016/j.ijhm.2023.103641. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278431923002153>>. Acesso em: 10 junho 2024.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. [S.l.]: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2016. ISBN 9788594500014. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8019816/mod_resource/content/1/06_auto_macao_industrial.pdf>. Acesso em: 15 junho 2024.

SILTORI, P. F. S. et al. Industry 4.0 and corporate sustainability: An exploratory analysis of possible impacts in the Brazilian context. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 167, p. 120-741, 2021. ISSN 0040-1625. DOI:

10.1016/j.techfore.2021.120741. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521001736>>. Acesso em: 10 junho 2024.

SILVEIRA, F. et al. Proposal for a framework to manage the barriers that hinder the development of agriculture 4.0 in the agricultural production chain. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 214, p. 108-281, 2023. ISSN 0168-1699. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108281. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169923006695>>. Acesso em: 13 junho 2024.

SIMPLÍCIO, P. V. G.; LIMA, B. R. Manipuladores Robóticos Industriais. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, 3, n. 3, 2016. 1-85. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/3572>>. Acesso em: 16 junho 2024.

SOARES, R.; LUCATO, A. V. R. ROBÓTICA COLABORATIVA NA INDÚSTRIA 4.0, SUA IMPORTÂNCIA E DESAFIO. **interface tecnológica**, São Paulo, 30 Dezembro 2021. 1-13. Disponível em:

<<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1298/734>>. Acesso em: 15 junho 2024. DOI: 10.31510/infa.v18i2.1298.

SOUZA, D. A. et al. Identification by Recursive Least Squares With Kalman Filter (RLS-KF) Applied to a Robotic Manipulator. **IEEE Access**, v. 9, p. 63779-63789, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3074419. Disponível em:

<<https://ieeexplore.ieee.org/document/9409105/>>. Acesso em: 13 junho 2024.

SPONG, M. W.; VIDYASAGAR, M. **Robot Dynamics And Control**. [S.l.]: Wiley India Pvt. Limited, 2008. ISBN 9788126517800. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=PtxYAv7ZUYMC>>. Acesso em: 15 junho 2024.

STEMMLER, H. Automated Deindustrialization: How Global Robotization Affects Emerging Economies—Evidence from Brazil. **World Development**, v. 171, p. 106-349, 2023. ISSN 0305-750X. DOI: 10.1016/j.worlddev.2023.106349. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X23001675>>. Acesso em: 10 junho 2024.

TÁTIL DESIGN. IA generativa e a terceirização da imaginação. **Medium**, 2024.

Disponível em: <<https://medium.com/@tatildesign/ia-generativa-e-a-terceiriza%C3%A7%C3%A3o-da-imagina%C3%A7%C3%A3o-834350d39450>>.

Acesso em: 17 junho 2024.

TREVISAN, R. et al. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. [S.l.]: Editora Melhoramentos Ltda, 2015. ISBN 978-85-06-04024-9. Acesso em: 10 junho 2024.

VAJGEL, B. et al. Development of Intelligent Robotic Process Automation: A Utility Case Study in Brazil. **IEEE Access**, v. 9, p. 71222-71235, 2021. DOI:

10.1109/ACCESS.2021.3075693. Disponível em:

<<https://ieeexplore.ieee.org/document/9416498/>>. Acesso em: 15 junho 2024.

VIDO, M. **Fatores impeditivos da normatização brasileira para o uso do robô colaborativo no setor industrial**. Centro Universitário FEI. São Bernardo do Campo. 2018. Acesso em: 13 junho 2024.

VIEIRA, M. A. et al. Uterine Transplantation with Robot-assisted Uterus Retrieval from Living Donor: First Case in Brazil. **Journal of Minimally Invasive Gynecology**, v. 28, n. 11, p. 1-1817, 2021. ISSN 1553-4650. DOI: 10.1016/j.jmig.2021.08.028. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1553465021004143>>. Acesso em: 10 junho 2024.