



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS**

**ROBSON APARECIDO JERÔNIMO**

**INDUSTRIA 4.0: OPORTUNIDADES, DESAFIOS E IMPACTOS NO  
MERCADO DE TRABALHO.**

**Mariana-MG**  
Abril 2025

ROBSON APARECIDO JERÔNIMO

**INDUSTRIA 4.0: OPORTUNIDADES, DESAFIOS E IMPACTOS NO  
MERCADO DE TRABALHO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas no Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel Ciências econômicas.

Orientador: Francisco Horácio Pereira de Oliveira

**Mariana-MG**

Abril 2025

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

J56i Jeronimo, Robson Aparecido.  
Indústria 4.0 [manuscrito]: oportunidades, desafios e impactos no mercado de trabalho. / Robson Aparecido Jeronimo. - 2025.  
37 f.: il.: color., gráf., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Horácio Pereira Oliveira.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências Econômicas .

1. Automação industrial. 2. Inovações tecnológicas. 3. Planejamento dos recursos de manufatura. 4. Revolução industrial. 5. Tecnologia de ponta. I. Oliveira, Francisco Horácio Pereira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 005.591.6

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - Bibliotecário Coordenador  
CBICSA/SISBIN/UFOP-CRB6a1407



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Robson Aparecido Jerônimo**

### **Indústria 4.0: oportunidades, desafios e impactos no mercado de trabalho**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas

Aprovada em 10 de abril de 2025

#### Membros da banca

Doutor em Economia - Francisco Horácio Pereira de Oliveira - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Doutor em Economia - André Mourthe de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto  
Doutor em História Econômica - Daniel do Val Cosentino - Universidade Federal de Ouro Preto

Francisco Horácio Pereira de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/04/2025



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Horacio Pereira de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/04/2025, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0894592** e o código CRC **1EFD4EC5**.

Dedico esta Monografia a minha esposa Bruna Pilar por todo apoio e incentivo, aos meus pais Wilson e Maria do Pilar, aos meus irmãos Paulo, Willian e Josiane que são extremamente preciosos para mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela minha vida, e por tudo que me tem proporcionado durante todos esses anos, a graça e paz do Senhor Jesus Cristo devo tudo a Ele! toda conquista tem sempre uma trajetória de esforço superação e somente Deus nos compreende, sustenta e motiva a chegar ao fim de mais uma etapa. Sei que ninguém chega ao objetivo sozinho e durante o caminho sempre a pessoas que nos motivam e todas elas chegam junto comigo ao meu objetivo. Amigos, familiares, professores tem o meu apreço e agradecimento.

A todos os professores que contribuíram com a minha aprendizagem, principalmente ao prof.º Francisco Horácio Pereira de Oliveira por aceitar ser o meu orientador e que com toda paciência me auxiliou na construção deste estudo.

*“Não se amoldem ao padrão deste mundo,  
mas transformem-se”*

(Romanos 12,2)

## RESUMO

A Indústria 4.0 surge como um novo padrão disruptivo na manufatura, caracterizado pela convergência e integração de tecnologias digitais avançadas, incluindo a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), robótica avançada, big data e computação em nuvem, além de outras tecnologias que tem por objetivo integrar o mundo virtual e físico na busca de eficiência e produtividade. Este conceito tem sua origem, na Alemanha e impulsionado por iniciativas globais, representa uma evolução significativa dos modelos industriais preexistentes, transformando a automação, introduzindo sistemas produtivos altamente integrados, flexíveis e inteligentes. O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo investigar conceito e definições da Indústria 4.0, explorando, as tecnologias pilares que a sustentam e os impactos que promove na economia, na sociedade e no mercado de trabalho. A pesquisa busca apresentar as perspectivas em relação ao mercado de trabalho e quais as possíveis consequências, que as novas tecnologias acarretarão no emprego e quais setores podem sofrer os maiores impactos no mundo do trabalho. A pesquisa analisa a visão da Indústria 4.0 como sendo, uma quarta revolução industrial, mas sem desconsiderar as perspectivas que a tratam como um desdobramento evolutivo da terceira revolução industrial. A análise das tecnologias habilitadoras revela um ecossistema interconectado, onde a coleta e análise de dados em tempo real possibilitam a otimização de processos, a personalização da produção e a criação de novos modelos de negócio. Em acréscimo, o estudo se debruça sobre as implicações da Indústria 4.0 no mercado de trabalho, confrontando a potencial substituição de tarefas rotineiras pela automação com a emergência de novas demandas por competências especializadas em áreas como análise de dados, inteligência artificial e sustentabilidade. Por fim, a pesquisa examina os benefícios da crescente adoção de tecnologias avançadas na Indústria 4.0, incluindo o aumento da eficiência produtiva, a redução de custos operacionais e o fomento da sustentabilidade, bem como, as empresas que são pioneiras no mercado de indústria 4.0 e as que tem investido em pesquisas e desenvolvimento para que esse novo conceito se perpetue e crie um mercado cada vez mais competitivo, eficiente e duradouro.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Tecnologias Avançadas, Transformação Digital, Manufatura Avançada, Fábrica Inteligente, Inovação Tecnológica.

## ABSTRACT

Industry 4.0 emerges as a new disruptive standard in manufacturing, characterized by the convergence and integration of advanced digital technologies, including the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), advanced robotics, big data and cloud computing, as well as other technologies that aim to integrate the virtual and physical worlds in the search for efficiency and productivity. This concept originated in Germany and, driven by global initiatives, represents a significant evolution of preexisting industrial models, transforming automation and introducing highly integrated, flexible and intelligent production systems. This final project aims to investigate the concept and definitions of Industry 4.0, exploring the pillar technologies that support it and the impacts it promotes on the economy, society and the job market. The research analyzes the vision of Industry 4.0 as being a fourth industrial revolution, but without disregard the perspectives that treat it as an evolutionary unfolding of the third industrial revolution. The analysis of enabling technologies reveals an interconnected ecosystem, where real-time data collection and analysis enable process optimization, production customization, and the creation of new business models. In addition, the study focuses on the implications of Industry 4.0 on the labor market, comparing the potential replacement of routine tasks by automation with the emergence of new demands for specialized skills in areas such as data analysis, artificial intelligence, and sustainability. Finally, the research examines the benefits of the increasing adoption of advanced technologies in Industry 4.0, including increased production efficiency, reduced operating costs and the promotion of sustainability, as well as the companies that are pioneers in the Industry 4.0 market and those that have invested in research and development so that this new concept is perpetuated and creates an increasingly competitive, efficient and lasting market.

**Keywords:** Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Advanced Technologies, Digital Transformation, Advanced Manufacturing, Smart Factory, Technological Innovation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As revoluções industriais.....	14
Figura 2– A confluência de tecnologias-chaves para a transformação industrial.....	18
Figura 3 – Curva de maturidade das tecnologias da Indústria 4.0.....	24
Figura 4 – Mercado mundial da Indústria 4.0.....	25
Figura 5 – Estimativa de investimentos para 2030.....	26
Figura 6 – Aplicação mundial de tecnologias da Indústria 4.0 por setor econômico.....	27
Figura 7 – Uso de tecnologias da Indústria 4.0 por continentes.....	28
Figura 8 – Número de fábricas com robôs industriais.....	29
Figura 9 – Países com maior número de fábricas com robôs industriais.....	29
Figura 10 – Ásia, Europa e Américas – número de fábricas com robôs industriais.....	30

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

3D	Três dimensões
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
CNI	Confederaao Nacional das Indústrias
CESAR	Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife
IA	Inteligência Artificial
IEDI	Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial
IoT	Internet Of Things
RA	Realidade aumentada
TI	Tecnologia da Informaao
TIC	Tecnologia da Informaao e Comunicaoes
WEF	World Economic Forum

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1. A INDÚSTRIA 4.0.....</b>	<b>16</b>
1.1 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E A INDÚSTRIA 4.0.....	16
a) Internet das Coisas - <i>Internet Of Things</i> .....	19
b) Inteligência Artificial – IA.....	20
c) Robótica Avançada.....	21
d) Computação em nuvem ( <i>Cloud Computing</i> ) e Segurança Cibernética.....	22
e) Big Data e outras aplicações.....	22
<b>2. O MERCADO DA INDÚSTIA 4.0.....</b>	<b>23</b>
2.1 Produção, investimentos estimados e participação mundial.....	23
2.2 O mercado de robótica na automação industrial.....	28
<b>3. COMO FICA O MERCADO DE TRABALHO PARA A INDUSTRIA 4,0?.....</b>	<b>32</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>36</b>

## INTRODUÇÃO

A história do capitalismo é caracterizada por diversas transformações estruturais ocorridas ao longo das décadas, e até mesmo dos séculos. As gêneses dessas transformações e o motor que as perpetua ao longo dos anos podem ser muito variados e ocorrerem simultaneamente, mas todos possuem forte relação com o mundo do trabalho e com a acumulação de capital (HOBSBAWM, 1986). A indústria foi a gênese e ao mesmo tempo o motor destas grandes mudanças, a tal ponto que existem períodos históricos chamados de “revoluções industriais” que marcaram e influenciaram de forma permanente os tipos de organização do trabalho, o desenvolvimento da estrutura social, os processos industriais, assim como outras formas de existência da sociedade.

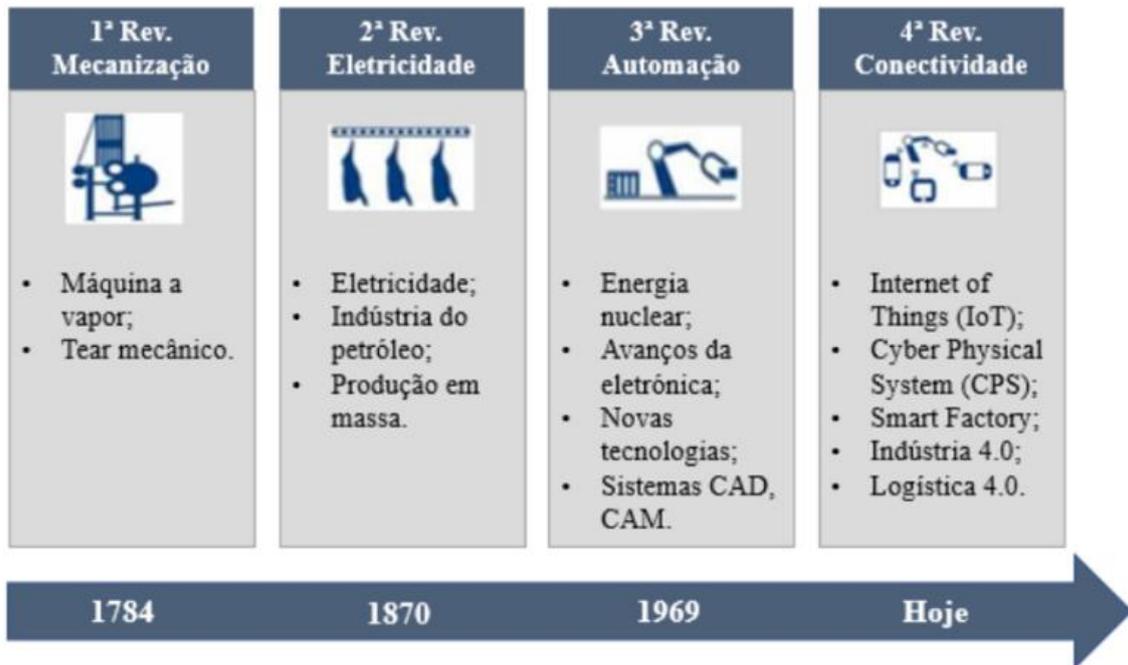
Entre as mudanças estruturais que marcaram o desenvolvimento da indústria ao longo da história, a incorporação de novas tecnologias ao estoque de capital – na forma de novas máquinas, equipamentos e mudanças na divisão do trabalho – desencadeou inúmeras transformações que permitiram a produção em grande escala, proporcionando a aquisição de novos mercados e o transbordamento do modo de produção capitalista para todos os continentes (HUBERMAN, 2010).

A Primeira Revolução Industrial teve seu ponto de partida no final do século XVIII, na Grã-Bretanha, e foi caracterizada pela mecanização da produção no setor têxtil, que substituiu grande parte do trabalho manual por máquinas com maior eficiência e produtividade. Além do tear mecânico, o desenvolvimento da máquina a vapor permitiu a expansão da siderurgia, da exploração do ferro e carvão. O concomitante investimento em ferrovias permitiu reduzir os custos de transporte e integrar mercados que antes eram inacessíveis (SANTOS, 2018).

Ao final do século XIX, um conjunto de inovações tecnológicas advindas da Europa e EUA permitiu não apenas um “boom” na escala da indústria, como também o surgimento de novos setores industriais e modificações radicais nos processos de produção dos setores tradicionais. Essas inovações ocorreram na geração, distribuição e uso da energia elétrica e na diversificação de bens de consumo derivados do refino de petróleo. Esses novos setores “elétrico e petroquímico” modificaram tanto padrões de consumo como padrões de produção, caracterizando a “Segunda Revolução Industrial” (HOBSBAWM, 2015). Os avanços no uso da eletricidade permitiram a difusão de inovações como o rádio, telefone, televisão e a expansão da iluminação elétrica tanto nos domicílios como nas cidades. A Segunda Revolução Industrial

marcou o início do mundo moderno (SCHWAB, 2018). A figura 1 traz uma síntese das principais inovações tecnológicas associadas às “Revoluções Industriais”.

Figura 1 – As Revoluções Industriais



Fonte: SCHWAB, 2018

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como “Era Digital”, teve seu início em meados do século XX e se estende até o primeiro quarto do século XXI. Ela foi caracterizada pelo surgimento e adoção em massa de computadores, tecnologias digitais e da energia nuclear. Esse período histórico presenciou o surgimento de computadores pessoais (PCs), da internet, dos telefones celulares e outras tecnologias denominadas da informação e comunicação (TIC).

Essas tecnologias proporcionaram não apenas a difusão de novos produtos como a modificação radical de máquinas, equipamentos e processos produtivos dos setores já existentes. Avanços significativos nas tecnologias de informação e comunicação proporcionam novas possibilidades de integração e interconexão entre áreas, disciplinas e técnicas de conhecimento, resultando em mudanças profundas nas estruturas industrial, social e econômica (ABDI, 2017). A Terceira Revolução Industrial criou indústrias novas como telecomunicações, mídia e entretenimento, e levou ao período conhecido como de “globalização dos mercados”.

Já a “Quarta Revolução Industrial”, A Indústria 4.0, ao integrar sistemas físicos e digitais, transcende os limites da produção tradicional, impactando profundamente departamentos como engenharia, design e logística. Diferentemente das revoluções industriais

anteriores, a atual revolução digitaliza não apenas os processos de fabricação, mas também os fluxos de informação e tomadas de decisão das empresas e consumidores.

KUBOTA (2024) destaca que essa digitalização abrangente permite reproduzir a complexidade das cadeias de valor através de sistemas de gestão e *softwares* que podem ser utilizados em um celular ou *gadget* pessoal. Isso agiliza a identificação dos pontos específicos que limitam a capacidade de um sistema produtivo ou de distribuição, os chamados “gargalos”, e por consequência permite a otimização dos processos em uma velocidade jamais presenciada na história do capitalismo.

A capacidade de analisar grandes volumes de dados e simular diferentes cenários possibilita aumentos significativos na produtividade dos fatores de produção e a tomada de decisões estratégicas de gestão em “tempo real” (*just in time*), sem a necessidade de interromper os fluxos de produção. Além disso, a automatização proporcionada pela digitalização e pelo uso da robótica permite uma gestão mais eficiente dos riscos, a otimização da logística e a colaboração entre diferentes atores da cadeia de valor.

No entanto, é fundamental considerar os impactos sociais da Indústria 4.0 como a necessidade de requalificação profissional e as questões éticas relacionadas ao uso de dados. A longo prazo, a digitalização da indústria pode contribuir para a criação de processos mais sustentáveis e eficientes, alinhados com os desafios da sociedade contemporânea, mas essas transformações e mudanças nos mecanismos de produção exigem, para sua efetiva implementação, uma profunda adequação do mercado de trabalho, que passa pela profissionalização e investimento em educação.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma discussão introdutória sobre o conceito e os impactos da Indústria 4.0, abordando os desafios e oportunidades que essa nova era industrial apresenta para o mercado de trabalho. Nesta seção, desvendaremos a estrutura da Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0. Exploraremos suas definições e características marcantes, além de mergulharmos nas principais tecnologias que a compõem, impulsionando a transformação digital das empresas. Um estudo sobre a Indústria 4.0, mesmo que introdutório, tem bastante relevância no cenário econômico do início do século XXI, no qual a conectividade e a globalização estão transformando rapidamente a forma como as empresas operam e como as pessoas vivem e trabalham.

Este trabalho está dividido em 3 capítulos, no primeiro capítulo abordamos a transformação digital e a Indústria 4.0 e como está representando um momento crucial de transformação na manufatura, impulsionada pela adoção de tecnologias digitais avançadas, a visão dos especialistas sobre os impactos significativos dessas inovações na economia e na

sociedade, assim como as tecnologias pilares da indústria 4.0, tecnologias como Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Robótica Avançada, computação em nuvem e Segurança Cibernética, entre outras. No segundo capítulo exploramos o mercado da Indústria 4.0, as projeções de crescimento, a curva de maturidade das tecnologias e o mercado da robótica na automação industrial. O terceiro capítulo apresenta o problema de pesquisa: como fica o mercado de trabalho para a indústria 4.0? o impacto das tecnologias na criação ou destruição em massa de trabalho, sendo utilizado o Relatório "The Future of Jobs Report 2023", elaborado pelo Fórum Econômico Mundial, trazendo visão da conjuntura atual e perspectivas futuras entre 2023 a 2027 sobre o mercado de trabalho e por fim, as considerações finais.

## **1. A INDÚSTRIA 4.0**

### **1.1 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E A INDÚSTRIA 4.0**

A indústria apresenta um momento de profunda transformação no início do século XXI, impulsionada pela adoção de novas tecnologias da “Era Digital”. Não existe um consenso entre os autores se as mudanças em curso são suficientes para caracterizar uma Quarta Revolução Industrial, ou se a Indústria 4.0 representa uma continuação ou desdobramento da Terceira Revolução. Um exemplo é o chamado “chip eletrônico” (80% da produção mundial está concentrada em Coreia do Sul, Taiwan e China), que é uma tecnologia resultante dos desenvolvimentos tradicionais de semicondutores, mas que apresenta um desempenho muito superior devido à automação no processo de produção proporcionada pela Robótica Avançada (CNI, 2025b). Apesar da diversidade de perspectivas, existe um consenso entre os autores sobre as principais tecnologias que impulsionaram a transformação da manufatura e seus impactos abrangentes na economia e na sociedade nestas últimas duas décadas (LUCENA e ROSELINO 2020).

O termo Indústria 4.0 teve sua origem na Alemanha, quando a Chanceler Angela Merkel o utilizou pela primeira vez em seu discurso de abertura na Feira de Hanover em abril de 2011 (KAGERMANN et al 2022). Essa nova expressão rapidamente ganhou popularidade e o fomento à Indústria 4.0 não é uma exclusividade da Alemanha, pois países como os Estados Unidos, China e Coreia do Sul estão ativamente desenvolvendo seus próprios programas de indústria inteligente. Apesar de adotarem terminologias diferentes, essas iniciativas compartilham características fundamentais da Indústria 4.0 (CNI, 2025a). Essas iniciativas governamentais refletem a compreensão mais ampla de que a transformação digital e a

integração de tecnologias avançadas, tornam-se essenciais para impulsionar a eficiência, a inovação e a competitividade na produção industrial em todo o mundo.

As tecnologias vinculadas à Indústria 4.0 fazem parte de um amplo sistema tecnológico em um conjunto interconectado de tecnologias, como aquelas relacionadas à informação, que dependem de infraestruturas de coleta de dados para fornecer informações aos dispositivos de processamento de dados. (LUCENA e ROSELINO 2020). O conceito de indústria 4.0, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, (2025a), refere-se à utilização de um conjunto de diferentes tecnologias com o objetivo de acelerar o processo de digitalização das atividades no setor industrial para alcançar ganhos de produtividade através da digitalização e automação dos produtos e processos produtivos. A rápida evolução e difusão da tecnologia da informação e comunicação, principalmente a internet e os dispositivos digitais, tem exercido papel fundamental e tem sido responsável por mudanças significativas no modo como as empresas operam e como os indivíduos interagem no mundo globalizado, bem como no ambiente de trabalho, proporcionando benefícios significativos em termos de eficiência, qualidade e sustentabilidade. (SCHWERTNER, 2017)

A transformação digital envolve a implementação de tecnologias digitais em todas as áreas de uma organização, desde operações, processos internos, até interações com clientes e estratégias de negócios (SALLES, 2021). Isso inclui a utilização de tecnologias como inteligência artificial, análise de dados, computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT) e automação, entre outras (SCHALLMO; WILLIAMS, 2018). Essas tecnologias oferecem diversas oportunidades para melhorar a eficiência operacional, aprimorar a experiência do cliente, impulsionar a inovação e criar, novos modelos de negócios.

À medida que a digitalização se acelera e o agrupamento de tecnologia criam cenários de crescimento e oportunidades, apresenta também grandes desafios, tais como a segurança dos dados. Com a interconexão e o aumento de dispositivos uma grande quantidade de dados é gerada e armazenada e cada vez mais informações ficam disponíveis. De quem é a responsabilidade e como será a garantida a segurança dos dados?

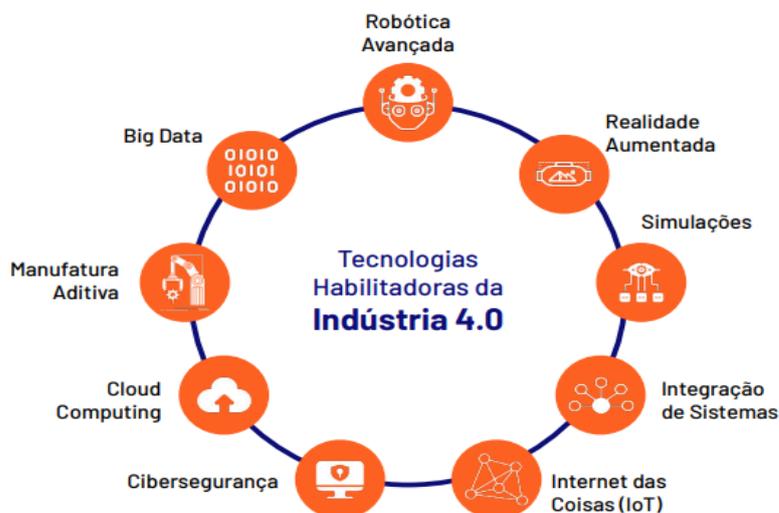
A integração de diversas tecnologias ligadas a indústria 4.0, aceleram e formatam ainda mais a transformação digital, consistindo em uma integração de sistemas computacionais e físicos, permitindo que máquinas, dispositivos e sistemas interajam e comuniquem entre si de forma autônoma modernizando a indústria ao integrar a automação em todas as etapas de produção e do negócio (SPADINGER, 2024)

Schwertner (2017) discorre sobre o processo de transformação digital e as etapas necessária que devem ser realizadas por uma empresa que deseja incorporar em seu processo o

uso de tecnologias digitais. A transformação digital requer uma análise minuciosa do processo atual e do modelo de negócios da organização, uma vez que a transformação digital requer tempo para sua efetiva implementação. Questões como gestão de apoio a estratégia de negócios, grau de utilização de tecnologias digitais pelos colaboradores, frequência na utilização dos canais de comunicação digital, ferramentas digitais que atendem às necessidades dos clientes e processos internos, aporte para encontrar soluções digitais, além de quais recursos e como serão destinados para o processo de transformação, são temas que devem ser respondidos dentro de diversas áreas da organização para garantir a eficácia na promoção da transformação digital. (SCHWERTNER, 2017)

As principais tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0 são a Internet das Coisas (IoT) – *Internet of Things*), Inteligência Artificial (IA), Robótica Avançada (RA) e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*). Todas elas possibilitam uma nova configuração de desenvolvimento industrial a partir da integração de várias tecnologias para obter maior eficiência, flexibilidade e personalização na produção. Em outras palavras, a Indústria 4.0 é impulsionada pela convergência entre os mundos físico e digital, permitindo a transferência de informações em tempo real e a tomada de decisões automatizada (SCHWAB, 2018). As tecnologias digitais – como mídias sociais, dispositivos móveis, análise de dados e computação em nuvem – estão remodelando as organizações e impactando profundamente diversos setores e áreas da atividade humana. (SCHWERTNER, 2017). Após a figura 2, tem-se uma síntese dessas principais tecnologias.

Figura 2 – A confluência de tecnologias-chaves para a transformação digital industrial



Fonte: Fateclog (adaptado pelo CESAR)

Fonte: CNI, 2025b

### a) Internet das Coisas - *Internet Of Things*

A *Internet Of Things* (IoT), que tem como tradução livre “Internet das Coisas”, é o principal pilar para a Indústria 4.0, pois possibilita a conectividade e a necessária interação entre pessoas, dispositivos e máquinas, muito além do que a experimentada até final do século XX (CNI, 2025b). Ao final do primeiro quarto do século XXI, 80 bilhões de dispositivos estarão conectados através da sensores inteligentes e permitindo o intercâmbio de dados entre si através da Computação em Nuvem. Os dados compartilhados entre dispositivos poderão ser utilizados por indivíduos e empresas para cumprir protocolos de um sistema ou usuário (SCHWAB, 2018).

A associação com a IA permitirá um nível de automação tanto nos processos produtivos como na forma de consumo de bens tradicionais eletroeletrônicos, tais como televisores e geladeiras. Um exemplo já disseminado são as *Smart TVs* (TVs inteligentes) que estão disponíveis no mercado a preços acessíveis aos consumidores de média e baixa renda e com uma oferta bastante diversificada. Já as *Smart Freezers* (Geladeiras Inteligentes), ainda não disseminadas em função dos preços elevados, são um excelente exemplo de como *hardware*, *software*, Internet na Nuvem e IA podem ser integradas para gerar não apenas uma inovação no produto, mas proporcionar modificações na forma de consumir produtos alimentícios tradicionais, além de introduzir mudanças na cadeia de distribuição dos mesmos (CNI, 2025b).

Como funciona uma Geladeira Inteligente? Além dos componentes tradicionais, ela possui sensores inteligentes com chips eletrônicos incorporados. Esses sensores, por meio de *softwares*, monitoram em tempo real o consumo dos produtos pré-selecionados pelo usuário, como bebidas e alimentos em geral. Esses sensores são conectados via Internet em Nuvem e IAs à aplicativos de compras que já disparam pedidos de reposição dos itens faltantes na geladeira, à medida que eles são consumidos pelo usuário. É possível também que o usuário possa introduzir planos alimentares no *software* da geladeira (a partir de um aplicativo instalado no seu celular ou na *Smart TV*), que faz a previsão do consumo dos itens e solicita reposições, de forma que a geladeira possa funcionar na lógica de um sistema produtivo *just in time*, ou seja, otimizado para minimizar o desperdício e a formação de estoques ociosos (CNI, 2025b).

De uma forma geral, a IoT possui 3 capacidades centrais que torna possível sua utilização em grande escala. Conforme Schwab (2018) a primeira é o uso inteligente de grandes quantidades de dados, desde o armazenamento, processamento e análise dos dados. Essa capacidade é central para oferecer dados sobre o desempenho das mais diversas tarefas (desde o consumo familiar de alimentos, até o processo produtivo industrial), auxiliando pessoas e

empresas a verificarem e prever o desempenho das tarefas, solucionar e antecipar problemas em potencial e tornar mais eficiente a tomada de decisão sobre a gestão dessas tarefas e processos.

A segunda capacidade central está ligada à comunicação entre dispositivos inteligentes, o que proporciona um aprimoramento da produtividade, eficiência da produção e redução de custos. A interação entre homens e máquinas e suas novas formas de colaboração reduziram o tempo de execução de tarefas rotineiras, liberando espaços para criatividade dos indivíduos na elaboração de soluções em resposta aos desafios de maior complexidade (SCHWAB, 2018).

A terceira capacidade central é a de integração dos objetos inteligentes através do compartilhamento com outras tecnologias, como a IA em nuvem, blockchain, big datas, drones, produção de energia e outros mais. Assim essas três capacidades iram proporcionar mudanças significativas nos modelos de negócio, parques industriais, produtos e serviços entregues a população, gestão de recursos e redução dos custos (SCWHAB, 2018).

## **b) Inteligência Artificial - IA**

A Inteligência Artificial (IA) é um conjunto de tecnologias computacionais e algoritmos matemáticos que permitem a *softwares* executarem tarefas, até então, típicas da cognição humana. Considerando que uma característica central da Indústria 4.0 é a integração digital entre diferentes tecnologias, as aplicações da IA são diversas. Incorporadas a chips eletrônicos e sensores avançados, com acesso ilimitado a internet e acoplados a máquinas com robótica avançada, pode-se produzir não apenas *smart freezers*, mas também veículos autônomos, linhas de produção e distribuição (como galpões e portos) sem a presença humana, e até mesmo robôs que simulam não apenas o comportamento, mas o corpo de uma pessoa. Essa área de desenvolvimento é denominada como biomimética e já existem empresas de capital aberto que anunciam esse “autômato humano” ainda para o final dessa década. A empresa *Clone Robotics* já apresentou “o *Protoclone VI*, um robô bípede composto por músculos sintéticos que replica a anatomia humana, visando movimentos articulares mais realistas” (GALILEU, 2025). Empresas como a *Tesla* e a chinesa *BYD* já possuem não apenas carros 100% autônomos disponíveis no mercado, como também caminhões para frete. Já existem “caminhões inteligentes” em funcionamento em portos no Brasil, com a produção de empresas nacionais. Em *Portocel* – terminal portuário da Suzano e da Cenibra no norte do Espírito Santo – o primeiro desses caminhões já está em funcionamento desde fevereiro de 2025, e existe a previsão de mais 13 destes veículos estarem em operação até o final deste ano. Essa “tecnologia

embarcada” foi desenvolvida pela startup *Lume Robotics* e a *VIX Logística*, ambas nacionais (A GAZETA, 2025).

A capacidade da IA de processar e analisar com rapidez e eficiência grandes quantidades de dados é um dos principais destaques. Isso levou ao desenvolvimento de sistemas de IA que podem executar tarefas como reconhecimento de voz, tradução automática, diagnóstico médico e direção autônoma (SCHWAB, 2016). Aplicativos baseados em IA têm o potencial de melhorar nossa qualidade de vida, simplificar tarefas diárias e tornar vários setores mais eficientes. A IA tem o potencial de transformar a sociedade de maneiras sem precedentes, promovendo uma nova revolução industrial que pode modificar radicalmente a maneira como vivemos e trabalhamos, mas ainda existem inúmeras questões tecnológicas, éticas e sociais a serem resolvidas. Uma delas é o potencial “poupador de mão de obra” que essas tecnologias possuem, o que poderá, em caso de ampla utilização, elevar o desemprego a níveis muito elevados.

### **c) Robótica Avançada**

A Robótica Avançada é a sofisticação de máquinas através do uso de Inteligência Artificial, a fim de que fiquem cada vez mais automatizadas e inteligentes. O avanço da robótica vem provocando o uso cada vez maior destes dispositivos inteligentes em tarefas que antes eram feitas por humanos e outras atividades em que somente a robótica avançada pode realizar, por se tratar de atividades repetitivas e com alta precisão, como requer a produção industrial atual (CNI, 2021). Anos atrás o uso da robótica estava ligado diretamente a tarefas rigidamente controladas a setores específicos. Atualmente, com os avanços tecnológicos os robôs estão ficando mais adaptados flexíveis e sua utilização têm se difundido em diversos setores, tais como agricultura de precisão, enfermagem e outros (SCHWAB, 2016).

O incremento na capacidade dos sensores e a interconexão entre eles possibilitam aos robôs melhor assimilação de dados e resposta ao seu ambiente para executar tarefas variadas. Ao contrário do passado, quando eles precisavam ser programados por uma unidade autônoma, os robôs podem agora acessar informações remotas através da nuvem e assim se conectar a uma rede de outros robôs (Schwab, 2016). Conforme dados publicados pela Federação Internacional de Robótica (IFR, 2023), a China ultrapassou a Alemanha no uso de robôs na indústria em 2023. Em termos de densidade de robôs, um indicador importante para comparações internacionais da automação da indústria de manufatura, a Coreia do Sul é líder mundial, com 1.012 robôs por 10.000 funcionários, um aumento de 5% desde 2018 (IFR, 2023).

#### **d) Computação em nuvem (*Cloud Computing*) e Segurança Cibernética**

Neste mundo “globalizado da internet”, informações em tempo real podem ser acessadas e armazenadas para a tomada de decisões ágeis e estratégicas. Essa necessidade impulsiona investimentos em Tecnologia da Informação (TI), que por sua vez proporciona dispositivos mais velozes e inteligentes, capazes de processar grandes volumes de dados com rapidez e eficiência. O processamento, armazenamento e análise desses dados são os pilares da Indústria 4.0, abrindo caminho para uma nova era de manufatura mais eficiente, produtiva e inovadora. A computação em nuvem, segundo a Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2025a; 2025b), pode ser definida como a distribuição de serviços de computação – servidores, armazenamento, bancos de dados, redes, software, análises – pela Internet, com utilização de memória, capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores hospedados em *Datacenters*. Isso proporciona recursos flexíveis e economias de escala, pois a capacidade computacional tanto de usuários domésticos como empresas não possui mais a restrição física de armazenamento e processamento de computadores pessoais ou corporativos. Existem custos associados ao serviço de *cloud computing*, mas a possibilidade de acesso e processamento de softwares e big datas na internet não se restringem mais a investimentos expressivos em *hardware*. Além disso, grandes quantidades de dados armazenados podem ser acessadas por dispositivos remotos. A computação em nuvem aliado a IoT e outras tecnologia constituem o arranjo necessário para uma transformação da indústria e dos modelos de negócio (CNI, 2025b).

A cyber segurança é um dos principais desafios da integração e disponibilidades de dados em rede, porque estes podem ser acessados de qualquer dispositivo. A ameaça de roubo de dados ou interferência no processo produtivo está presente e pode representar um temor as empresas aderir ou acelerar o processo de informatização e adoção completa da indústria 4.0 (SCHAWB, 2018). A cyber segurança pode ser compreendida por um conjunto de hardwares e softwares destinado a proteção e segurança de dados, protegendo-os de ameaças externas ao processo, armazenamento e transporte de dados.

#### **e) Big Data e outras aplicações**

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e a necessidade de armazenar, processar e analisar um grande volume de informações, a “big data *analytcs*”, é uma tecnologia que exige complexidade do ponto de vista da Ciência da Computação, porque ela não está ligada apenas ao grande volume de dados, mas sua grande vantagem competitiva é a “automação das análises pelas máquinas.” (CEZAR 2021). Uma variedade de serviços emergiu quando os modelos

computacionais com a capacidade de “*big data*” se consolidaram. Um desses serviços são os sistemas baseados em realidade aumentada (RA). A realidade aumentada permite que elementos virtuais sejam sobrepostos ao mundo real, criando uma experiência híbrida, onde o usuário pode interagir com informações digitais de maneira contextual e integrada ao ambiente físico. Isso é alcançado através de dispositivos como tablets, smartphones, ou outros dispositivos de visualização (LOPES, 2019). Uma das principais aplicações é a seleção de peças ou instruções de reparo enviados por um smartphone ou tablet, o que possibilita incorporar novas interfaces homem-máquina no processo produtivo, com informações em tempo real no processo de fabricação (SANTOS, 2018). A adição de componentes virtuais, como sons, imagens e vídeos similares aos objetos reais, proporciona uma experiência mais rica e envolvente para o usuário. A capacidade de interação em tempo real, onde os elementos virtuais respondem às ações do usuário ou às mudanças no ambiente físico é um dos aspectos mais distintivos da realidade aumentada.

Essa utilização de computadores e conjunto de técnicas para gerar modelos digitais que descrevem ou exibem a interação complexa entre várias variáveis dentro de um sistema, imitando processos do mundo real, é uma das inovações mais impactantes para a indústria (CNI, 2018). Ela também ficou popularmente conhecida como “impressão 3D”. A impressão em 3D começa com um material bruto e, em seguida, cria um objeto em três dimensões por meio de um modelo digital.

Nesta seção, foram sintetizadas as tecnologias que impulsionam a Indústria 4.0, tal como a Internet das Coisas, a Inteligência Artificial e a Robótica. Essas ferramentas estão transformando os processos industriais, tornando-os mais eficientes e flexíveis. Após explorar as tecnologias da Indústria 4.0, vamos apresentar uma síntese do mercado da Indústria 4.0.

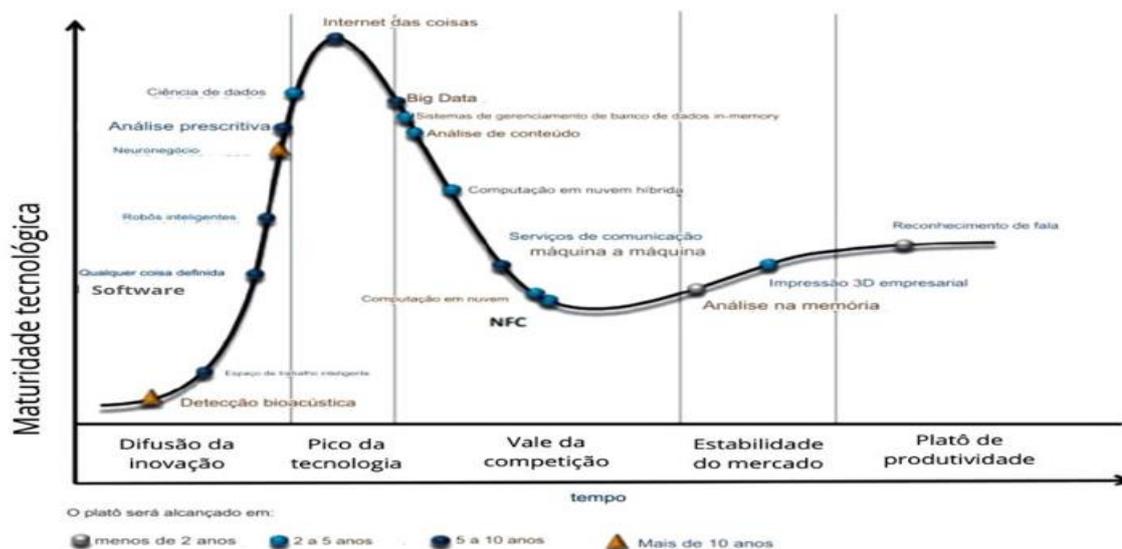
## **2. O MERCADO DA INDÚSTRIA 4.0**

### **2.1 Produção, investimentos estimados e participação mundial**

O mercado da indústria 4.0 engloba uma gama de tecnologias, como automação industrial, dispositivos inteligentes, robótica, inteligência artificial. Dentre elas a IoT é um dos pilares dessa grande transformação, pois torna possível a interconexão de vários dispositivos possibilitando que os dados gerados entre eles sejam utilizados dentro do processo produtivo. Neste contexto, a utilização e tratamento dos dados otimizam o processo produtivo impulsionando a inovação em diversos setores econômicos. (GUPTAL, 2025). No entanto, é importante ressaltar que as projeções sobre os impactos dessas tecnologias podem variar ao

longo do tempo, acelerando ou diminuindo por diversos fatores. A figura 3 mostra a Curva de Maturidade das tecnologias da Indústria 4.0.

Figura 3 – Curva de Maturidade das tecnologias da Indústria 4.0



Fonte: IEL (2021), 2017

Na figura é apresentado estudo sobre curva de maturidade demonstrando que o desenvolvimento e a ampla utilização de novas tecnologias podem variar entre 2 e 10 anos. A curva de maturidade descreve as fases de vida de uma tecnologia entre o início do desenvolvimento, ou seja, da difusão da inovação, para o pico da tecnologia, até o vale da competição, para a estabilidade do mercado e, por fim, ao platô de produtividade. (IEL (2021), 2017)

Algumas tecnologias como a impressão 3D já se encontram em um estágio avançado de maturidade, por outro lado, outras tecnologias, como a internet das coisas, ainda estão em fase de maturação, e possuem um grande potencial de evolução, com novas aplicações e funcionalidades surgindo a todo momento. (IEL (2021), 2017)

As projeções para o futuro são baseadas no constante crescimento da utilização destas tecnologias e na posição em que elas se encontram na Curva de Maturidade. A automação industrial, em movimento crescente, ligada a aprendizagem de máquinas, permite a difusão de plantas industriais, grandes hubs de distribuição (inclusive portos) nos quais as máquinas se tornem cada vez mais autônomas. A IoT permite monitorar o estado dos equipamentos em

tempo real, permitindo a realização de manutenção preditiva e evitando paradas não programadas.

Assim, o tamanho do mercado mundial foi estimado em 86,45 bilhões de dólares no ano de 2023 e com um crescimento previsto para o ano de 2024 para 102,27 bilhões de dólares e continuará em crescimento mostrando uma taxa de crescimento de 14,80% nos anos que compreendem 2024-2032 tendo como impulsionador a adoção de dispositivos inteligentes e as tecnologias referentes à indústria 4.0 (GUPTA, 2025)

Figura 4 – Mercado Mundial da Indústria 4.0



Fonte: GUPTA, 2025

Aumentos significativo de investimentos estão previstos para os próximos anos baseados na adoção de novas tecnologias, à medida que as fabricas ficam cada vez mais inteligentes com o uso crescente da automação industrial. A Figura 5 mostra esse aumento nos investimentos estimados entre 2021 e 2030. (GUPTA, 2025)

Figura 5 – Estimativa de Investimentos para 2030



Fonte: Gupta, 2025

Segundo a CNI (2025a ;2025b) a utilização das tecnologias digitais na indústria, irão permitir um aumento de 22% na capacidade produtiva de empresas de pequeno e médio porte nos segmentos de alimentos e bebidas, metalmeccânica, vestuário e calçados. Já a ABDI (2017) - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ressalta que a adoção das tecnologias da indústria 4.0 poderia gerar uma economia de R\$73 bilhões ao ano para as empresas, através da implementação dos dispositivos inteligentes conectado à internet, analisando dados em tempo real, e máquinas trabalhando de forma colaborativa e integrada. Isso possibilitaria a diminuição de gastos com reparos, desperdício de energia no processo produtivo, além de gerar ganhos de eficiência.

Dados analisados pela CNI (2025a; 2025b) atestam que o mercado brasileiro da Indústria 4.0 alcançou o patamar US\$ 1,77 bilhão em 2022, o que equivale a uma taxa de crescimento anual composta de 18,8% entre 2017 e 2022. Estima-se que esse valor pode atingir US\$ 5,62 bilhões em 2028, com uma taxa de crescimento anual composta de 21% no período de 2023 a 2028. Esse volume de investimento revela oportunidades de aumento de participação do setor industrial no PIB brasileiro, dado a importância do setor industrial na economia do país além da possibilidade de colocar em destaque a indústria brasileira globalmente. A Figura 6 a seguir mostra quais setores mais utilizam a automação no mundo.

Figura 6 – Aplicação mundial de tecnologias da Indústria 4.0 por setor econômico

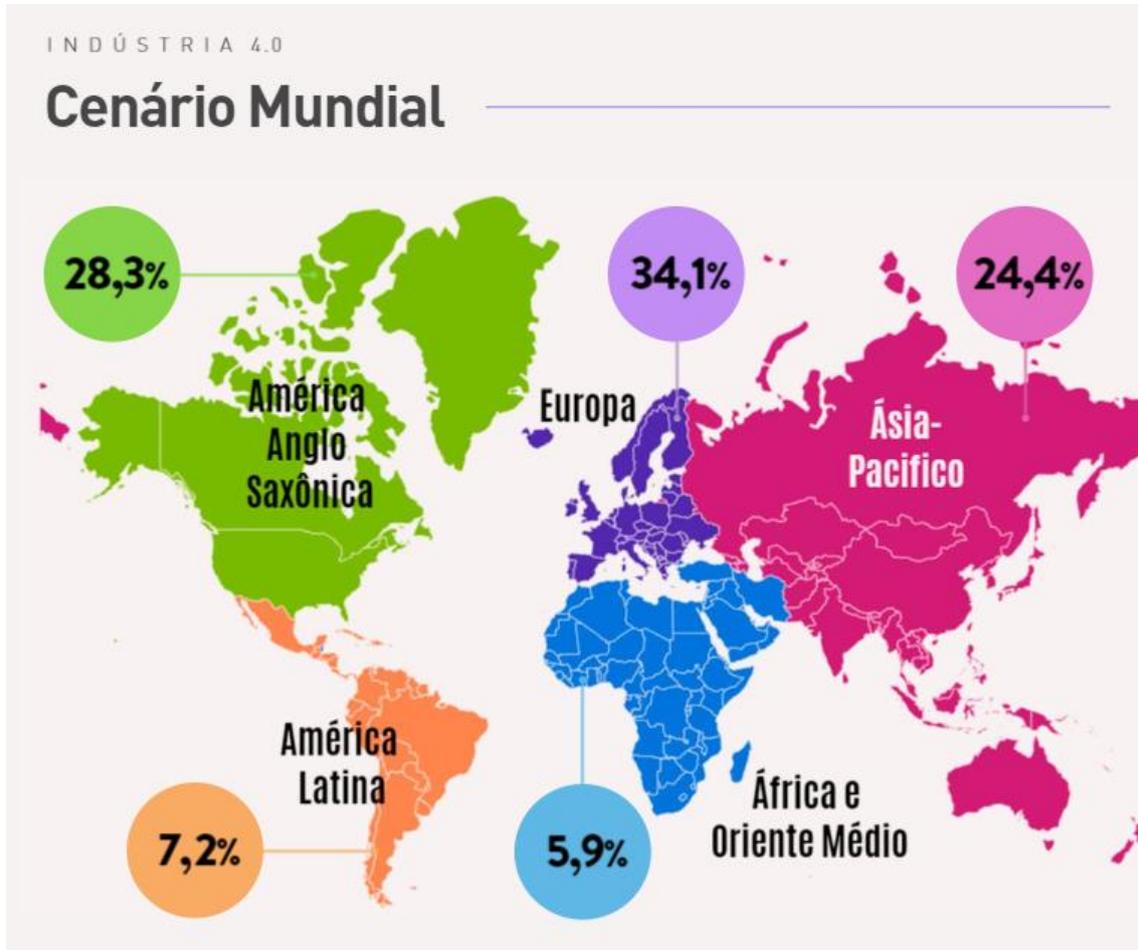


Fonte: CNI (2025b)

De acordo com a CNI, entre os anos de 2017 a 2022 os setores com maior utilização da automação no mundo foram os setores de gás e petróleo (18,4%), alimentos e bebidas (15,2%), energia e serviços públicos (14,2%), eletrônica e fundição (12,8%), automotivo (12,1), manufatura (10,4%), aeroespacial (7%). (CNI, 2025b)

Quanto a distribuição de participação no mercado mundial, destaque para a Europa, com maior participação (34,1%), seguido pelos EUA com (28,3%), a Ásia (24,4%), a América Latina com 7,2% e a África (5,9%) com a menor participação na distribuição do mercado mundial, (CNI, 2025b).

Figura 7 – Uso de tecnologias da Indústria 4.0 por continentes

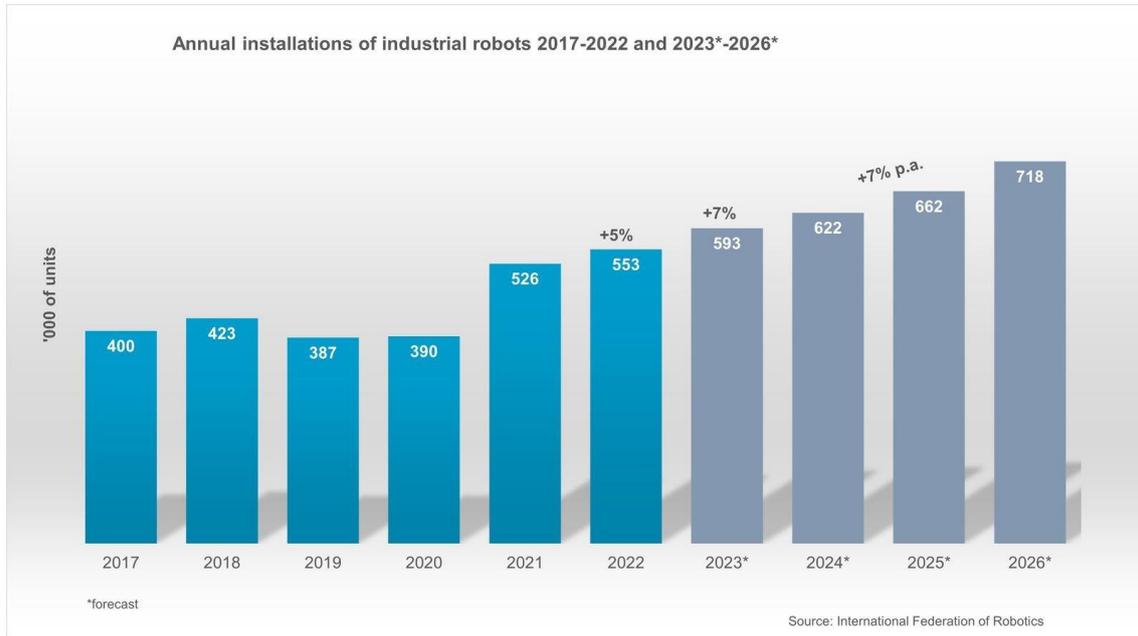


Fonte: CNI (2025b)

## 2.2 O mercado de robótica na automação industrial

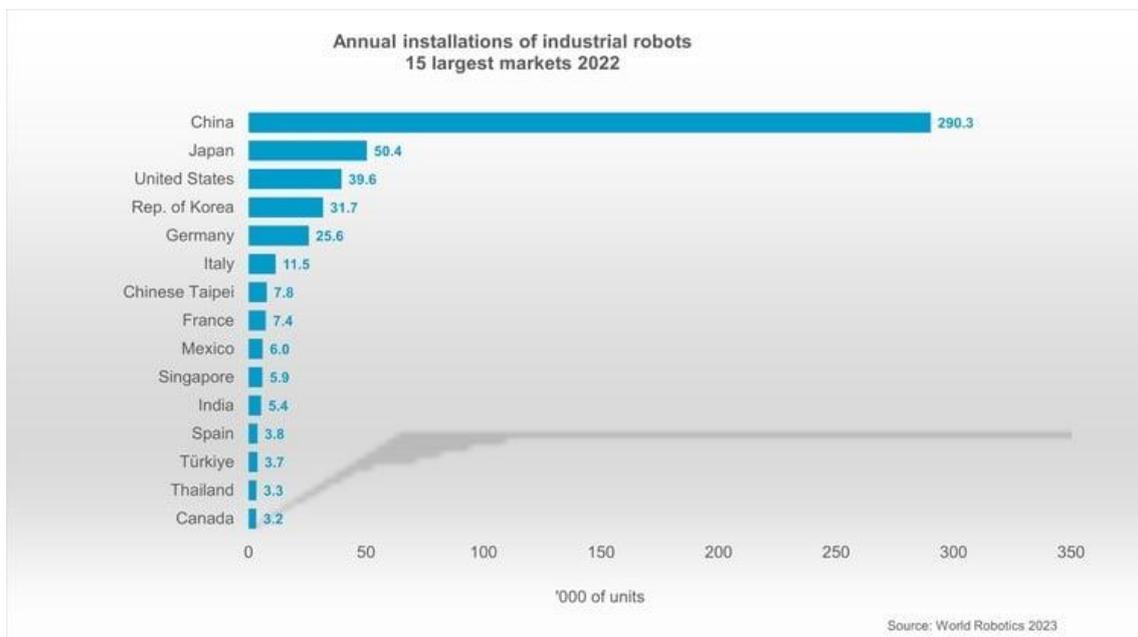
Em 2023 foram registradas 553.052 instalações de robôs industriais em fábricas ao redor do mundo. Por região, 73% de todos os robôs recém-implantados foram instalados na Ásia, 15% na Europa e 10% nas Américas. “O recorde mundial de 500.000 unidades foi superado pelo segundo ano consecutivo”, diz Marina Bill, presidente da Federação Internacional de Robótica (IFR, 2023). A estimativa para 2023 é que o mercado de robôs industriais deve crescer 7% para mais de 590.000 unidades em todo o mundo, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Número de fábricas com robôs industriais



Fonte: (IFR, 2023)

Figura 9 – Países com maior número de fábricas com robôs industriais



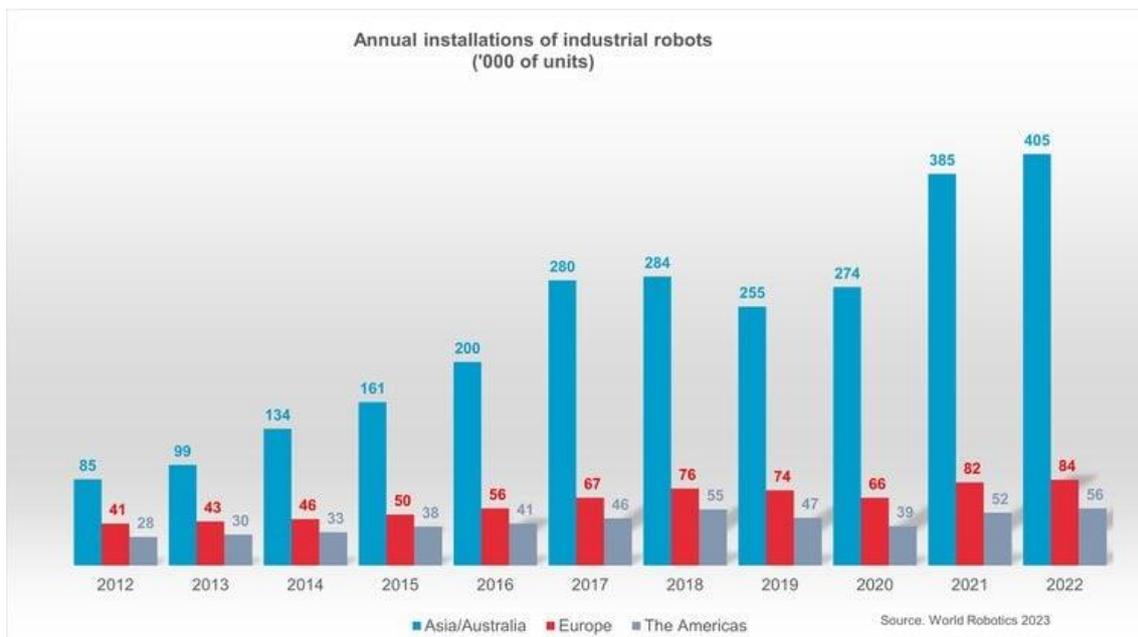
Fonte: (IFR, 2023)

A China desponta como o maior mercado do mundo. Em 2022, instalações anuais de 290.258 unidades substituíram o recorde anterior de 2021 com um crescimento de 5%. Em 2021, a taxa de crescimento foi de 57% em comparação a 2020. Para atender a esse mercado dinâmico, fornecedores nacionais e internacionais de robôs estabeleceram plantas de produção na China e aumentaram continuamente a capacidade. Em média, as instalações anuais de robôs cresceram 13% a cada ano (2017-2022).

As instalações de robôs no Japão aumentaram 9% para 50.413 unidades, excedendo o nível pré-pandêmico de 49.908 unidades em 2019. O nível máximo permanece em 55.240 unidades em 2018. O país ocupa o segundo lugar depois da China em tamanho de mercado para robôs industriais. As instalações anuais ganharam 2% em média por ano (2017-2022). O Japão é o país predominante na fabricação de robôs do mundo, com uma participação de mercado de 46% da produção global de robôs (IFR, 2023).

O mercado na República da Coreia cresceu 1% - as instalações atingiram 31.716 unidades em 2022. Este foi o segundo ano de crescimento marginal, após quatro anos de números de instalação em declínio. A República da Coreia continua sendo o quarto maior mercado de robôs do mundo, depois dos Estados Unidos, Japão e China (IFR, 2023).

Figura 10 - Ásia, Europa e Américas – número de fábricas com robôs industriais



Fonte: IFR, 2023

A União Europeia continua sendo o segundo maior mercado do mundo (70.781 unidades; +5%) em 2022. A Alemanha é um dos cinco maiores adotantes em todo o mundo, com uma participação de mercado de 36% na UE. As instalações da Alemanha caíram 1% para 25.636 unidades. A Itália segue com uma participação de mercado de 16% na UE - as instalações cresceram 8% para 11.475 unidades. O terceiro maior mercado da UE, a França, registrou uma participação de mercado regional de 10% e ganhou 13%, instalando 7.380 unidades em 2022. No Reino Unido, pós-Brexit, as instalações de robôs industriais aumentaram 3%, para 2.534 unidades em 2022. Isso é menos de um décimo das vendas da Alemanha (IFR, 2023).

Nas Américas, as instalações aumentaram 8% para 56.053 unidades em 2022, superando o nível de pico de 2018 (55.212 unidades). Os Estados Unidos, o maior mercado regional, foram responsáveis por 71% das instalações nas Américas em 2022. As instalações de robôs aumentaram 10% para 39.576 unidades. Isso ficou um pouco abaixo do nível de pico de 40.373 unidades alcançado em 2018. O principal impulsionador do crescimento foi a indústria automotiva, que apresentou instalações crescentes de +47% (14.472 unidades). A participação da indústria automotiva agora cresceu novamente para 37%, seguida pela indústria de metais e máquinas (3.900 unidades) e pela indústria elétrica/eletrônica (3.732 unidades) (IFR, 2023).

Os outros dois principais mercados são o México – aqui as instalações cresceram 13% (6.000 unidades) – e o Canadá, onde a demanda caiu 24% (3.223 unidades). Isso foi resultado da menor demanda da indústria automotiva (IFR, 2023).

O Brasil é um importante local de produção de veículos automotores e peças automotivas: a Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (OICA) relata uma produção de 2,4 milhões de veículos em 2022. Isso mostra o enorme potencial de automação no país. As contagens anuais de instalações cresceram lentamente com altos e baixos cíclicos. Em 2022, 1.858 robôs foram instalados. Isso foi 4% a mais do que no ano anterior (IFR, 2023).

Segundo a IFR (2023), as empresas listadas abaixo estão na vanguarda da produção da robótica aplicada à indústria, desde a produção de robôs, sensores, *softwares* com IAs integradas, gerenciamento de big data e automação de plantas industriais, com soluções inovadoras aplicáveis aos mais diversos setores. São elas:

- Bosch Rexroth AG
- SAS
- A Wittenstein AG

- Daimler AG
- Companhia Geral de Energia Elétrica
- Siemens

### **3. COMO FICA O MERCADO DE TRABALHO PARA A INDÚSTRIA 4,0?**

Como já mencionado neste trabalho os impactos relacionados à implementação de tecnologias e digitalização do trabalho tem sido objeto de estudo uma vez que, essa transformação tecnológica acontece, e em uma velocidade sem precedentes, fazendo com que as previsões se modifiquem de forma constante. Abordaremos este assunto neste capítulo com o que dizem alguns autores, além disso foi incorporado à resolução desta pergunta problema o Relatório "The Future of Jobs Report 2023", elaborado pelo Fórum Econômico Mundial, trazendo visão da conjuntura atual e perspectivas futuras entre 2023 a 2027 sobre o mercado de trabalho.

O mercado de trabalho tem sofrido impactos significativos com a adoção de novas tecnologias e o aprimoramento do processo produtivo, estamos observando a crescente tendência em direção à automação nos ambientes de trabalho, isso poderá ter um impacto direto na empregabilidade de profissionais com níveis de qualificação mais básicos, e que ocupam funções envolvendo tarefas de caráter repetitivo e rotineiras. Como resultado, haverá grande possibilidade de que essas atividades sejam gradativamente assumidas por sistemas automatizados, resultando na substituição gradual dos trabalhadores por processos automatizados. (Schwab, 2016).

Por outro lado, a demanda por empregos tende a aumentar em funções que necessitam a aplicação de habilidades ligadas à criatividade, cognição e aptidões sociais. Poderá ocorrer um incremento nas profissões que valorizam traços intrinsecamente humanos, como empatia e compaixão. (Araujo, 2020). Os impactos da indústria 4.0 no mercado de trabalho exigirá o desenvolvimento de novas competências, se por um lado, tarefas simples e rotineiras poderão ser extintas, por outro lado tarefas que requer um nível de conhecimento específico irão surgir. Será necessário um investimento em educação para preparar os futuros trabalhadores para essa nova indústria o desenvolvimento profissional deverá sofrer uma reformulação para que atenda os novos requisitos que as novas tecnologias e modelos de negócios iram exigir. (Schwab, 2018)

Para Schwab em relação ao vínculo de trabalho, o autor sugere que tais interações tenderão a ser interpretadas de maneira mais "transacional". Isso implica que os laços entre as partes envolvidas não serão de longo prazo. Os profissionais assumirão uma postura autônoma

e independente, atuando em projetos específicos, sem estabelecer vínculos formais de longo prazo com as empresas.

O Relatório "The Future of Jobs Report 2023", elaborado pelo Fórum Econômico Mundial, oferece um panorama abrangente das transformações que moldarão o mercado de trabalho nos próximos anos. Este estudo destaca as oportunidades e desafios que surgem com a automação, inteligência artificial e outras tecnologias disruptivas, e propõe ações para garantir um futuro do trabalho justo, inclusivo e sustentável.

O relatório identifica que as funções com maior crescimento em termos de volume estão sendo impulsionadas por três fatores principais: tecnologia, digitalização e sustentabilidade. A maioria das funções em rápido crescimento estão relacionadas à tecnologia, com especialistas em IA liderando a lista, seguidos por especialistas em sustentabilidade, analistas de business intelligence e analistas de segurança da informação. A crescente demanda por energia renovável justifica o crescimento de funções como engenheiros de energia renovável e engenheiros de instalação e sistema de energia solar (WEF,2023).

Em contraste com o crescimento das funções tecnológicas, o relatório também destaca o declínio de funções tradicionais. Funções como: escrivão ou secretariado, como caixas de banco, além de, funcionários de serviços postais, caixas e funcionários de bilheteria, bem como, funções tradicionais de segurança, fábrica e comércio tendem ao enfrentamento do declínio mais acentuado com previsão entre as organizações pesquisadas 26 milhões de empregos a menos até 2027 (WEF,2023).

O relatório prevê um crescimento significativo de empregos em setores específicos: educação, agricultura, comércio digital. Espera-se que os empregos no setor de educação cresçam cerca de 10%, resultando em 3 milhões de empregos adicionais para professores de educação profissionalizante e professores de universidades e ensino superior (WEF,2023).

Os empregos para profissionais da agricultura, especialmente operadores de equipamentos agrícolas, devem ter um aumento de cerca de 30%, gerando mais 3 milhões de empregos (WEF,2023). O crescimento também é previsto para aproximadamente 4 milhões de funções habilitadas digitalmente, como especialistas em comércio eletrônico, especialistas em transformação digital e especialistas em estratégia e marketing digital (WEF,2023).

O relatório destaca que o pensamento analítico e o pensamento criativo continuam sendo as habilidades mais importantes para os trabalhadores em 2023 (WEF,2023). O pensamento analítico é considerado uma habilidade essencial por mais empresas do que qualquer outra e constitui em média, 9% das habilidades essenciais relatadas pelas empresas. O pensamento criativo, outra habilidade cognitiva, está em segundo lugar, à frente de três habilidades de

autoeficácia: resiliência, flexibilidade e agilidade; motivação e autoconsciência; e curiosidade e aprendizado contínuo (WEF,2023). Isso reflete a importância da capacidade dos funcionários de se adaptarem a locais de trabalho em constante mudança.

Os estudos sobre o impacto da indústria 4.0 no mercado de trabalho ainda estão longe de uma conclusão em termos de criação ou destruição de emprego, se trará mais benefícios ou malefícios em termos sociais, mas o que se admite é que profissões que requer baixo nível de estudo ou tarefas braçais irão desaparecer para dar lugar a máquinas, por outro lado outras tantas funções serão criadas para que continue a evolução da indústria e do mundo tecnológico e inteligente. (Schwab, 2018).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A introdução da Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, trouxe consigo a integração de diversas tecnologias avançadas, que estão redefinindo completamente a maneira como a indústria opera. Essas tecnologias incluem a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), robótica avançada, big data, computação em nuvem e segurança cibernética. Essa convergência entre o mundo físico e o digital está revolucionando a produção, possibilitando a tomada de decisões automatizadas em tempo real e criando um ambiente de produção mais eficiente, flexível e personalizado.

A Indústria 4.0 oferece uma série de benefícios, como aumento da capacidade produtiva, ganhos de eficiência, redução de custos, melhor utilização de recursos e redução do desperdício. Empresas que adotam essas tecnologias têm a oportunidade de se tornarem mais competitivas e de se adaptarem rapidamente às mudanças do mercado.

No entanto, a adoção da Indústria 4.0 também tem implicações significativas para o mercado de trabalho. A automação e a digitalização podem levar à substituição de tarefas repetitivas por máquinas, o que afeta principalmente trabalhadores pouco qualificados. Por outro lado, surgirão novas oportunidades de emprego que demandarão habilidades mais complexas, como criatividade, capacidade de resolução de problemas e interação social. O mercado de trabalho se tornará mais fluido e orientado por projetos, onde os profissionais podem trabalhar em tarefas específicas de maneira autônoma e independente, sem vínculos formais de longo prazo com as empresas.

A adaptação a essa nova realidade requer investimentos em educação e desenvolvimento profissional para preparar os trabalhadores para as demandas da Indústria 4.0. A busca por habilidades mais avançadas e a capacidade de se manter atualizado se tornam cruciais para enfrentar os desafios dessa revolução tecnológica.

A Indústria 4.0 representa uma mudança profunda na forma como a indústria opera, trazendo consigo uma série de tecnologias avançadas que têm o potencial de transformar a produção, o mercado de trabalho e a sociedade como um todo. O desafio está em equilibrar os benefícios econômicos e sociais dessas inovações, garantindo que os avanços tecnológicos se traduzam em um progresso sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI (2017) – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil.** Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>. Acesso em 20/02/2025.

A GAZETA (2025). **Protocol quer 100% de seus caminhões automatizados até o final de 2025.** Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/portocel-quer-100-de-seus-caminhoes-automatizados-ate-o-final-de-2025-0125>. Acesso em 20/02/2025.

ARAUJO (2020), I. C. et al. **Indústria 4.0 e seus impactos para o mercado de trabalho/Impacts of industry 4.0 on labor market.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 2326-2342, 2020.

CNI (2025a) – Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em 20/02/2025.

CNI (2025b) – Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: principais tecnologias. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/#tecnologias>. Acesso em 20/02/2025.

GALILEU (2025). Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/tecnologia/noticia/2025/02/criado-robo-humanoide-que-conta-com-musculos-e-movimentos-fluidos-video.ghtml>

GUPTA, A. (2025) **Industry 4.0 Market Trends.** Market Research Future (MRFR) Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/upstream-bioprocessing-market-21580>. Acesso 01/03/2025.

HOBBSAWM, Eric. Da revolução industrial inglesa ao imperialismo. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1986.

HOBBSAWM, Eric. A era dos impérios: 1875-1914. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2015.

IEL (2021). Instituto Euvaldo Lodi, Confederação Nacional da Indústria. **Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil.** Disponível em: [https://www.iedi.org.br/cartas/carta\\_IEL\\_\(2021\)\\_n\\_797.html](https://www.iedi.org.br/cartas/carta_IEL_(2021)_n_797.html). Acesso em 18 dez.2024

IFR (2023) – Federação Internacional de Robótica. Disponível em: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas> Acesso em: dezembro/2024.

KAGERMANN, H. WAHLSTER, W (2022). **Ten years of Industrie 4.0.** Sci, v. 4, n. 3, p. 26, 2022.

KUBOTA, Luís Claudio; ROSA, Maurício Benedeti. Adoção de tecnologias da indústria 4.0 por empresas brasileiras. 2024.

LEMSTRA, Mary Anny Moraes Silva; DE MESQUITA, Marco Aurélio. Industry 4.0: A tertiary literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 186, p. 122204, 2023.

LOPES, L. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, v. 35, 2019.

LUCENA, Felipe Andrade; ROSELINO, José Eduardo; DIEGUES, Antônio Carlos. A Indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. *Geosul*, v. 35, n. 75, p. 113-138, 2020.

SCHALLMO, Daniel RA; WILLIAMS, Christopher A. *Digital Transformation Now! Guiding the Successful*. 2018.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2016.

SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. **Aplicando a quarta revolução industrial**. Edipro, 2018.

SPADINGER, Robert. Implementação da tecnologia 5G no contexto da transformação digital e da indústria 4.0. Nota Técnica 79, Diset, IPEA, 2021.

SCHWERTNER, Krassimira. Digital transformation of business. *Trakia Journal of Sciences*, v. 15, n. 1, p. 388-393, 2017.