

ROBOTICA E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS: UMA ANALISE HISTORICA

Jose Antonio de Aquino
Jose.aquino2@fatec.sp.gov.br

Automação Industrial
Fatec Bauru

Prof. Dr. Tiago Aparecido Vicentin
Doutorado em Agronomia- UNESP
f196.automacaoindustrial@fatec.sp.gov.br

RESUMO: Este trabalho examina a evolução da robótica e da automação industrial, destacando seus impactos sociais e econômicos ao longo da história. Por meio de uma revisão bibliográfica e estudos de caso, analisa-se desde as primeiras técnicas produtivas até as inovações da Indústria 4.0. A pesquisa revela como tecnologias como o motor a vapor, CNCs, CLPs e sistemas inteligentes transformaram setores como manufatura, agricultura, logística e energia. Além dos ganhos em produtividade, segurança e sustentabilidade, há também desafios, como a substituição de empregos repetitivos e a necessidade de requalificação profissional. O estudo aborda iniciativas de empresas e políticas públicas que promovem a inclusão digital e social, destacando também o papel das tecnologias assistivas na inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho. A Indústria 4.0, ao integrar inteligência artificial, IoT e robôs colaborativos, representa um novo patamar de eficiência produtiva, mas também exige planejamento, educação e regulação para garantir uma transição justa e sustentável para toda a sociedade.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Inclusão social; Inovação tecnológica, Historia, Automação.

1. INTRODUÇÃO

Robótica e automação industrial são tecnologias interdependentes, impulsionando a inovação na indústria. A combinação de ambas é fundamental para um futuro mais eficiente e produtivo, beneficiando desde grandes empresas até microempreendedores. No entanto, as empresas encontram algumas adversidades no campo da robótica e da automação, uma vez que o custo para compra e implantação ainda é muito elevados, e há falta de mão de obra qualificada tanto para operar quanto para dar manutenção no equipamento.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), em sua pesquisa mais recente publicada em 2023, os principais desafios enfrentados pelas indústrias brasileiras na implementação de tecnologias digitais e automação continuam sendo a falta de recursos financeiros, os elevados custos de investimento e a escassez de profissionais qualificados. A dificuldade de acesso ao crédito e a qualificação da mão de obra permanecem como fatores críticos que dificultam a transformação digital do setor industrial. Destaca-se ainda que, mesmo com a intensificação dos debates sobre a Indústria 4.0, 38% das empresas brasileiras declararam que o alto custo das tecnologias e 37% afirmaram a falta de profissionais capacitados como as principais barreiras à adoção dessas inovações (CNI, 2023). O gerente de vendas da Mitsubishi Electric, André Chimura, concorda com a CNI e ainda ressalta:

Como em qualquer investimento, o projeto de automação industrial requer um planejamento financeiro e estratégico que deve apontar de forma consistente e segura um melhor resultado focado no ambiente do seu negócio e no valor operacional. Não devemos pensar apenas no curto prazo, esperando um retorno do investimento entre um ano e 18 meses. O investimento em automação industrial costuma render no médio e longo prazo, e o mais importante, de forma sustentável. Vale ressaltar que cada segmento da indústria enfrenta seus próprios desafios, por isso a importância de cada empresa conhecer sobre seu processo de produção e assim buscar o que há de mais avançado e adequado para si próprio. Ainda temos muito a crescer automação industrial ainda está em estágio inicial no Brasil e muitas empresas estão em fase de implementação de seus projetos. (Chimura, 2022)

1.1 Justificativa

O tema escolhido é um tanto delicado para a atualidade, pois a divergência de ideias, e para compreender sobre o assunto é necessário analisar o contexto histórico e o ponto onde essa necessidade começou a ser atendida e como a tecnologia a impactou ao longo da história, e qual a sua importância na indústria hoje.

As contribuições sociais nas indústrias hoje, têm sido deixadas de lado, focando apenas em produtividade e vendas, esquecendo que a produtividade depende dos trabalhadores, que necessitam de um olhar mais social e humanizado para que possam continuar produzindo.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a evolução da robótica e automação industrial na história e suas contribuições ao trabalhador. Como objetivo específico destaca-se a busca na história, desde o primórdio da produção, qual o momento que a automação e a robótica entram na produção, quais a tecnologia que proporcionou

esse momento, e como contribuiu socialmente com as pessoas, quais foram os impactos dessa evolução na sociedade como um todo.

1.3 Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, com base em livros, artigos científicos e relatórios institucionais que tratam da evolução tecnológica e seus impactos sociais. Também foram analisados estudos de caso de empresas que aplicam robótica e automação em seus processos. A abordagem adotada priorizou fontes recentes e confiáveis, visando compreender os desafios e oportunidades que acompanham a automação industrial. Devido à abrangência do tema, optou-se por não realizar pesquisa empírica.

2. PANORAMA HISTÓRICO DA PRODUÇÃO E AUTOMAÇÃO

2.1 Do Neolítico à Revolução Industrial

A história da produção começa no período neolítico (cerca de 8.000 a 3.000 a.C.), quando os humanos desenvolveram técnicas fundamentais como carpintaria, moldagem e cozedura de argila, fiação e tecelagem, além do polimento de pedras para ferramentas mais eficientes. A metalurgia teve início na Mesopotâmia, com a extração do cobre, que levou à Idade do Bronze (3.500-1.500 a.C.). Posteriormente, a Idade do Ferro (a partir de 1.000 a.C.) trouxe a têmpera do ferro, que substituiu o bronze em diversas aplicações, como agricultura e armamentos.

2.2 Avanços Tecnológicos: Da Máquina a Vapor à Automação Digital

No século I a.C., Heron de Alexandria criou a primeira máquina a vapor, a eolítica, um marco inicial na mecanização (Tikkanen et al., 2025). Já no século XVII, inventores como Denis Papin e Thomas Savery desenvolveram motores a vapor práticos, culminando no motor de Newcomen em 1712. (Groover, 2014). O motor a vapor de Newcomen foi um marco tecnológico que impulsionou profundas transformações sociais: ampliou a produção industrial e a mecanização do trabalho, acelerou a urbanização, mas também gerou condições laborais precárias e intensificou desigualdades sociais e impactos ambientais. Essas mudanças moldaram a sociedade da época, lançando as bases para o desenvolvimento industrial e econômico posterior, apesar dos significativos custos sociais. (Rodrigues *et al.*, 2023). James Watt aperfeiçoou essa máquina em 1769, tornando-a mais eficiente e impulsionando a Revolução Industrial (1760-1830). Esse período marcou a transição de uma economia agrícola para uma economia industrial, com o surgimento de máquinas-ferramenta como o torno mecânico e o tear mecânico, além da expansão das ferrovias e navios a vapor, que aumentaram a demanda por ferro e aço. (Groover, 2014).

A Segunda Revolução Industrial, no final do século XIX e início do XX, foi caracterizada pela produção em massa, linhas de montagem e eletrificação das fábricas. Em 1801, Eli Whitney introduziu o sistema de peças intercambiáveis, facilitando a fabricação em série. Henry Ford, em 1913, popularizou a linha de montagem com o Modelo T, tornando os automóveis acessíveis à população. Na

década de 1920, a eletricidade superou o vapor como principal fonte de energia nas indústrias, abrindo caminho para a automação. Paralelamente, o movimento da administração científica, liderado por Frederick Taylor e colaboradores, otimizou processos produtivos por meio do estudo de movimentos, tempos e padrões de trabalho, além da introdução de incentivos e controle de custos, aumentando a eficiência fabril (Groover, 2014).

A partir dos anos 1950, o controle dos processos industriais começou a ser realizado por computadores, substituindo dispositivos analógicos. Refinarias pioneiras usaram computadores para monitorar fluxos e temperaturas, e, nos anos 1960, o controle digital direto (DDC) foi introduzido. Na década de 1970, surgiram os controladores lógicos programáveis (CLPs), que passaram a ser amplamente utilizados para automatizar máquinas-ferramenta e processos industriais. O Controle Numérico (CN), iniciado nos anos 1940 na indústria aeroespacial, evoluiu para o Controle Numérico Computadorizado (CNC) nos anos 1970, com o uso de minicomputadores para controlar máquinas com precisão. A linguagem de programação APT, desenvolvida em 1958, tornou-se padrão para esse tipo de controle (Groover, 2014).

2.3 Surgimento da Robótica Industrial

A robótica industrial teve seu início na década de 1950, quando George Devol e Joseph Engelberger criaram o primeiro robô industrial, o Unimate, que foi utilizado em 1961 na General Motors para descarregar máquinas de fundição. O termo "robô" foi popularizado na década de 1920, mas só ganhou aplicação prática na indústria décadas depois. Na mesma época, Richard Morley desenvolveu o primeiro CLP, o Modicon Modelo 084, em 1968. Esses controladores evoluíram rapidamente, com o surgimento dos micro-CLPs e nano-CLPs nas décadas seguintes, impulsionados pelo avanço dos microprocessadores, tornando a automação cada vez mais acessível e sofisticada (Groover, 2014).

3. DA PRODUÇÃO ARTESANAL À INDÚSTRIA MODERNA

Durante os séculos X e XV, surgiram as guildas, corporações de ofício da Idade Média, desempenharam um papel central na organização da produção e do comércio. Reunindo artesãos de uma mesma profissão, essas associações estabeleciam padrões de qualidade para os produtos, regulamentavam o aprendizado de novos mestres e garantiam os direitos e privilégios de seus membros.

3.1 Guildas e o Papel Social dos Ofícios

Um dos aspectos mais relevantes das guildas era a assistência social oferecida aos seus associados em momentos de necessidade, como doença, velhice ou morte. Além disso, essas corporações tinham um papel fundamental na transmissão do conhecimento técnico de geração em geração, preservando as tradições artesanais e garantindo a continuidade dos ofícios. A coesão social e a solidariedade entre os membros eram pilares das guildas, que promoviam um forte senso de comunidade e identidade profissional.

3.2 Transição para a Era Industrial

A transição do sistema de guildas para a Revolução Industrial, marcou o declínio da produção artesanal e a ascensão da industrialização com mecanização, a produção em fábricas e o liberalismo econômico. Esses fatores substituíram o trabalho manual por máquinas, desestruturaram a organização comunitária das guildas e priorizaram a produção em larga escala, caracterizando a modernização industrial. Esse processo, impulsionado pela Revolução Industrial, substituiu a economia artesanal por um modelo capitalista industrial, encerrando a era das guildas. (Santiago, 2012).

4. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E ROBÓTICA: CONCEITOS E TECNOLOGIAS

4.1 Definições e Tipos de Automação

A automação industrial consiste na aplicação de tecnologias para controlar e monitorar processos e máquinas com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a segurança operacional. Ela pode ser classificada em três principais tipos: automação fixa, automação programável e automação flexível. A automação fixa é caracterizada por processos altamente repetitivos com baixa variabilidade, comum na produção em massa. Já a automação programável permite ajustes entre lotes de produção, ideal para produtos variados em volumes médios. Por fim, a automação flexível é voltada à produção altamente customizável com rápida adaptação a diferentes produtos e processos (Groover, 2014).

4.2 Controladores, CNCs e CLPs

Os CLPs surgiram na década de 1960 como alternativa aos complexos sistemas baseados em relés. Eles permitem o controle de processos industriais por meio de programação lógica, sendo amplamente usados para automatizar linhas de produção, máquinas e sistemas de transporte. O CNC, por sua vez, revolucionou a usinagem ao permitir o controle preciso de ferramentas por meio de códigos numéricos. Isso possibilitou maior receptibilidades, qualidade e redução de desperdícios na manufatura. A linguagem APT (Automatically Programmed Tool) se tornou padrão para programar operações complexas em máquinas CNC (Groover, 2014).

4.3 Robôs Industriais e Sistemas Inteligentes

Robôs industriais são máquinas programáveis, controladas automaticamente, projetadas para realizar tarefas em ambientes de manufatura. A definição da Organização Internacional de Normalização (ISO), citada em Servnews, de 26 de setembro de 2023, descreve-os como manipuladores multiuso reprogramáveis, operando em três ou mais eixos. Tipos incluem:

- a. **Articulados:** Semelhantes a um braço humano, com múltiplos eixos, usados em soldagem, pintura e montagem

- b. **Cartesianos:** Movimentam-se em X, Y, Z, ideais para pick-and-place e 3D printing.
- c. **SCARA:** Usados em montagem horizontal, com alta precisão, especialmente em eletrônicos.
- d. **Delta:** Robôs rápidos, aplicados em embalagem e manipulação de alimentos.

Esses robôs aumentam produtividade, reduzem custos e melhoram segurança, executando tarefas como soldagem, montagem e inspeção. (Robots Brasil, 2023) Sistemas inteligentes, por outro lado, referem-se à integração de tecnologias como Inteligência Artificial (IA), Aprendizado de Máquina, Internet das Coisas (IoT) e análise de Big Data, conforme Betenheuser Metal Técnica. Esses sistemas tornam a automação mais autônoma, permitindo decisões baseadas em dados, como manutenção preditiva via IA, e monitoramento remoto via IoT. Eles são parte da Indústria 4.0, onde fábricas inteligentes integram cyber-físicos, IoT e serviços, promovendo eficiência e inovação (Betenheuser, 2024)

5. SETORES COM MAIOR IMPACTO DE AUTOMAÇÃO E ROBOTIZAÇÃO

5.1 Manufatura: Um dos setores mais afetados, com demissões significativas devido à automação das linhas de produção. No entanto, algumas empresas investiram em capacitação e requalificação dos funcionários para operar e manter a nova tecnologia. Tecnológica (Ramos *et al.*, 2024).

5.2 Automotivo: A precisão e velocidade aumentaram na montagem de veículos, levando a demissões. Contudo, muitas montadoras investiram em treinamentos para que trabalhadores pudessem se adaptar às novas tecnologias (Os Impactos [...], 2023).

5.3 Agricultura: A automação de processos, como colheita e tratamento de culturas, reduziu drasticamente a necessidade de mão-de-obra manual, resultando em demissões. Alguns produtores investiram em qualificação dos trabalhadores para operar máquinas automatizadas (César, 2018).

5.4 Energia: Automação de plantas de energia e refinarias melhorou a eficiência e segurança, causando algumas demissões. No entanto, houve investimentos em formação para que os trabalhadores se adaptassem aos novos sistemas (Edge, 2023).

5.5 Logística e Transporte: Robôs em armazéns e sistemas automatizados reduziram a necessidade de trabalhadores, resultando em demissões. Empresas

têm criado programas de treinamento para que funcionários possam assumir novos papéis na gestão dos sistemas automatizados (Lemos, 2024)

6. SETORES TRANSFORMADOS PELA AUTOMAÇÃO E ROBOTIZAÇÃO: OPORTUNIDADES E RECOLOCAÇÃO

6.1 Manufatura: A Microsoft lidera entre as citadas no investimento em requalificação e adaptação da força de trabalho, a Dell, Siemens e Google não são bem claras em suas ações para mitigar as demissões, enquanto Amazon e Tesla são as que menos demonstram preocupação com medidas para evitar demissões em massa ou recolocar funcionários. Essa análise está em consonância com estudos e recomendações do Fórum Econômico Mundial e especialistas em mercado de trabalho, que destacam a importância da educação contínua e do desenvolvimento de novas habilidades para enfrentar os impactos da automação (Souza, 2025)

6.2 Automotivo: A Ford Motor Company desde 1913, foi a pioneira na automação da linha de montagem, reduzindo drasticamente o tempo de produção e realocando trabalhadores para funções de supervisão e manutenção dos sistemas automatizados. (Fronteiras, 2025). Outras duas empresas que estão nesta mesma linha se seguimento é a Caoa Chery (Brasil), Volkswagen

6.3 Agricultura: No Brasil, a John Deere implementou o programa "Conectar Agro" em parceria com a Embrapa e outras entidades, promovendo conectividade rural e treinando trabalhadores para usar tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e sensores, o que criou oportunidades em fazendas de soja e milho no Mato Grosso. Isso permitiu que trabalhadores rurais migrassem de funções manuais para cargos técnicos, reduzindo o impacto de demissões. (Zaparolli *et al.*, 2020). Outras empresas no seguimento agrícola no Brasil e no mundo tomarão a mesma posição que a John Deere, são: Solinftec (Brasil), Índigo Agricultura (EUA e América do Sul), Jacto (Brasil), CNH Industria

6.4 Energia: Refinaria de Mataripe (Acelen): Desde 2021, a Acelen gerencia a automação da refinaria de Mataripe, enfrentando desafios de obsolescência tecnológica. A empresa mantém um compromisso com a segurança energética e a integridade dos ativos, o que inclui a gestão de equipes especializadas para operar e manter sistemas automatizados, contribuindo para a manutenção dos empregos técnicos na planta.(Ferreira, 2024)

6.5 Logística e Transporte: À Amazon é líder mundial em automação de seus centros de distribuição, usando mais de 750 mil robôs que trabalham junto com seus funcionários. Robôs avançados, como o Vulcan, ajudam a mover e organizar os produtos, enquanto os funcionários cuidam de tarefas mais complexas. Em alguns centros, há mais robôs do que pessoas, o que aumenta a produtividade e reduz custos. Mesmo assim, a empresa investe em treinar seus trabalhadores para que possam atuar ao lado das máquinas, evitando demissões em massa. Assim, a

Amazon mostra como é possível usar tecnologia para melhorar a logística sem deixar de lado os empregos. (Amazon *et al.*,2024)

7. EVOLUÇÃO DA ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS

7.1 Transformações no Trabalho: Demissões e Requalificação

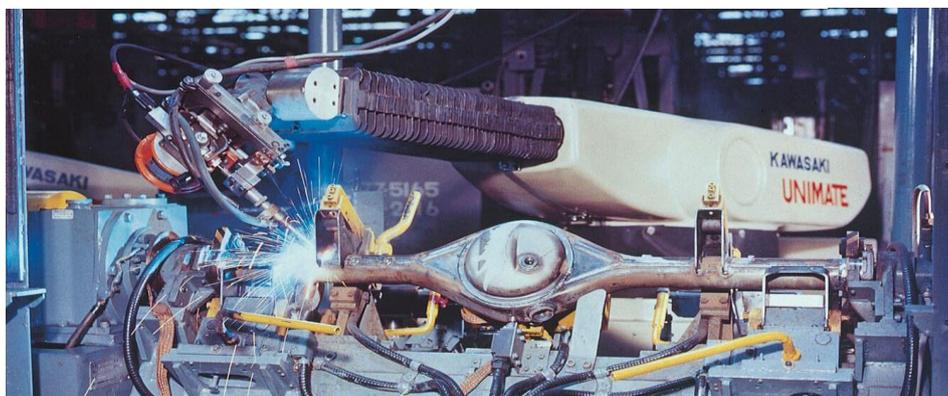
A evolução da robótica e automação industrial trouxe melhorias na eficiência produtiva, redução de custos, eliminação de tarefas perigosas e fisicamente exaustivas, contribuindo para a saúde ocupacional dos trabalhadores. Também criou novos empregos e aumentou a necessidade de mão de obra qualificada, resultando em melhores salários e condições de trabalho. A crescente demanda por uma força de trabalho qualificada incentivará investimentos em educação técnica e programas de requalificação profissional, preparando os trabalhadores para o futuro e fortalecendo a economia.

7.2 Desafios e Oportunidades para Empresas e Trabalhadores

Desde a introdução dos micros controladores na década de 1970, essas tecnologias mudaram radicalmente a produção, trazendo ganhos econômicos e sociais. Com o surgimento dos primeiros robôs industriais, como o Unimate na General Motors em 1961(Figura 1), tarefas repetitivas e perigosas foram automatizadas, liberando os trabalhadores para funções mais complexas e seguras. (Automação [...], 2024).

A introdução do Unimate e seus sucessores revolucionou a indústria, trazendo maior segurança ao substituir humanos em tarefas de alto risco e aumentando a eficiência com redução de custos e desperdícios. Contudo, essa automação gerou desemprego em setores de baixa qualificação, aprofundando desigualdades e desafiando a sociedade a requalificar trabalhadores. A necessidade de habilidades técnicas e criativas mostra um dilema: a tecnologia facilita a vida, mas deixa de fora quem não consegue acompanhar. Pensar nesse avanço é perguntar se ele inclui todo mundo ou se só valoriza a eficiência, esquecendo a justiça social. (Ribeiro, 2023)

Figura 1:Unimate soldando em uma indústria



Fonte: LMLOGIX Automação2022

7.3 Contribuições para a Inclusão e a Sustentabilidade

7.3.1 Tecnologias Assistivas e PcDs

A automação industrial tem o potencial de promover uma maior sustentabilidade ao tornar os processos produtivos mais ecológicos, reduzindo assim o consumo de recursos naturais e a emissão de poluentes. Além disso, a tecnologia assistiva têm a capacidade de integrar pessoas PcDs ao mercado de trabalho, oferecendo oportunidades iguais para todos (Automação [...], 2024).

Globalmente, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que mais de 2,5 bilhões de pessoas necessitam de pelo menos um dispositivo assistivo, como cadeiras de rodas inteligentes ou softwares de acessibilidade, mas quase 1 bilhão não tem acesso, especialmente em países de baixa renda, onde apenas 3% das necessidades são atendidas (OMS, 2022). A tecnologia assistiva, impulsionada pela automação, como robôs colaborativos e exoesqueletos, tem permitido que PcDs realizem tarefas complexas, desde a operação de máquinas até a navegação em ambientes industriais. Por exemplo, um relatório da empresa de consultoria Reports and Data diz que o mercado global de robótica assistiva deve atingir US\$ 25,16 bilhões até 2028, com crescimento anual de 22,1% (França, 2021).

7.3.2 Acessibilidade e Inclusão digital

No Brasil, iniciativas como o Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA), instituído pelo Decreto nº 10.645/2021, incentivam a inovação e a produção de dispositivos que promovem a inclusão no trabalho (Brasil,2021) Cadeiras de rodas com inteligência artificial, como o modelo Whill C2 e softwares como o Hand Talk, que traduz textos para Libras, são exemplos de como a automação facilita a integração de PcDs. Contudo, barreiras como altos custos e falta de treinamento ainda limitam o acesso, com cerca de 30% dos dispositivos assistivos sendo abandonados nos primeiros cinco anos devido à inadequação. (Negrão; Sá, 2023)

Portanto, a automação e a robotização não apenas potencializam a inclusão de PcDs na indústria, mas também geram benefícios econômicos e sociais, como a redução de custos com saúde e o aumento da produtividade. Investir em acessibilidade digital e em tecnologias personalizadas é essencial para que mais PcDs participem ativamente do mercado de trabalho, promovendo uma sociedade mais inclusiva.

8. EXEMPLOS PRÁTICOS E ESTUDOS DE CASO

8.1 Automobilística: A Tesla, com suas fábricas altamente automatizadas, conseguiu reduzir o tempo de montagem de um carro de dias para poucas horas. Utilizando robôs avançados em suas fábricas para montar veículos com alta precisão e eficiência. Esses robôs não só aumentam a produtividade, mas também melhoram a qualidade e a segurança do trabalho, reduzindo o tempo de produção e minimizando erros (Quirino, 2024).

8.2 Indústria Eletrônica: Na Foxconn, robôs são amplamente utilizados para a fabricação de dispositivos eletrônicos garantindo alta precisão e eficiência. Embora

algumas funções manuais tenham sido substituídas, a empresa investiu em treinamento para que os trabalhadores pudessem operar e manter os robôs, elevando a qualificação técnica de sua força de trabalho (Foxconn, 2024).

8.3 Agronegócio: Máquinas automatizadas como tratores autônomos aumentam a produtividade agrícola ao minimizar erros humanos, empresas do agronegócio já estão utilizando tratores autônomos para aumentar a produtividade e eficiência. Uma das mais conhecidas é a John Deere, que lançou tratores autônomos equipados com inteligência artificial, permitindo que operem sem a necessidade de um motorista (Máquinas [...], 2024).

8.3.1 Irrigação inteligente: é um dos principais avanços, garantindo a quantidade exata de água para cada cultura, o que reduz desperdícios e aumenta a produtividade. No entanto, a conectividade no campo ainda é limitada, com apenas 58% das fazendas possuindo cobertura total de internet, o que dificulta a transmissão de dados em tempo real.

8.3.2 Drones e a agricultura de precisão: também estão revolucionando o setor, ajudando na análise de lavouras e na aplicação de insumos. Apesar dos benefícios, a adoção dessas tecnologias ainda é relativamente baixa, variando entre 10% e 16% dependendo da atividade.

8.3.3 Monitoramento sustentável: tem sido amplamente adotado contra as pragas, com 90% das fazendas de grande porte investindo nessa prática para garantir a qualidade da produção (Redação GS1 Brasil, 2025).

8.4 Mineração: Empresas de mineração, como a Rio Tinto, têm utilizado veículos autônomos e sistemas de perfuração automatizados, diminuindo os riscos associados a essas operações. Isso não só melhorou a segurança dos trabalhadores, mas também aumentou a eficiência das operações (Mineral, 2021).

9. INDÚSTRIA 4.0 OU QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Indústria 4.0 começou a influenciar a automação industrial e a robótica por volta de 2010, quando o conceito começou a ganhar destaque. Desde então, a integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, inteligência artificial e machine learning tem revolucionado os processos de manufatura, tornando-os mais eficientes e flexíveis. Esta revolução traz a automação inteligente, onde robôs colaborativos (cobots) trabalham ao lado dos humanos, aumentando a eficiência e a produtividade, como mostra na figura 2 (Bastos, 2023)

Figura 2: setor de treinamento I4.0, IoT, Big data Senai



Fonte: Senai MG

9.1 Tecnologias emergentes (IoT, IA, Cobots)

A partir de 2014, o termo "Indústria 4.0" se tornou amplamente reconhecido, e muitas empresas começaram a investir e implementar essas tecnologias em suas operações. Em 2019, uma pesquisa da McKinsey mostrou que 68% das empresas consideravam a Indústria 4.0 uma prioridade estratégica e já estavam testando ou implantando novas tecnologias (Indústria [...], 2021).

Com o desenvolvimento contínuo da inteligência artificial e do aprendizado de máquina, espera-se que a próxima geração de robôs, serão capazes de aprender e se adaptar em tempo real, realizando tarefas que atualmente requerem intervenção humana.

Exemplo A Boston Dynamics desenvolveu robôs como o Spot, mostrado na figura 3, que podem realizar inspeções em locais perigosos e coletar dados com alta precisão. Esses robôs podem assumir funções em diversas indústrias, liberando os trabalhadores para se concentrarem em tarefas que exigem criatividade e julgamento humano (Dynamics, 2024).

Figura 3: Cão robô spot em túnel de mineração



Fonte: Boston Dynamics (2024)

9.2 Perspectivas para o Mercado de Trabalho

Desde 2014, o Brasil começou a acompanhar o movimento global da Indústria 4.0, com iniciativas lideradas pelo governo e pelo setor privado. Em 2017, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços criou o Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0 (GTI 4.0), envolvendo mais de 50 entidades para promover a digitalização.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), 69% das empresas industriais brasileiras usavam pelo menos uma tecnologia 4.0 em 2022, mas apenas 7% aplicavam 10 ou mais. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) estima que essas tecnologias podem gerar uma economia de R\$ 73 bilhões por ano, com ganhos em eficiência e redução de custos de manutenção (CNI, 2016)

9.3 Papel das Empresas Privadas

O governo também lançou o programa Nova Indústria Brasil em 2024, com R\$ 300 bilhões em investimentos até 2026, focando em setores como automotivo, agroindústria e tecnologia da informação. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) criou o SENAI 4.0, oferecendo capacitação e avaliações para empresas. Apesar disso, desafios como conectividade limitada e falta de profissionais qualificados ainda dificultam a expansão.

Várias empresas no Brasil já adotam tecnologias 4.0, especialmente em setores como automotivo, cosméticos e agronegócio. A Bosch utiliza IoT e automação em suas fábricas, conectando máquinas para aumentar a produtividade. A Renault, reconhecida pelo Fórum Econômico Mundial, implementou sensores e manutenção preditiva em sua planta no Paraná. A Natura usa realidade aumentada e impressão 3D para otimizar processos e embalagens. A WEG, em parceria com Claro e Ericsson, aplica conectividade 5G e IoT em sua fábrica em Santa Catarina. A Volkswagen investe em IoT para monitoramento em tempo real, reduzindo custos com manutenção (Tecnicon, 2022).

A Indústria 4.0 no Brasil cresce 18,8% ao ano, com mercado projetado para US\$ 5,62 bilhões até 2028, segundo o Observatório Nacional da Indústria. Além de reduzir custos, essas tecnologias promovem sustentabilidade, diminuindo consumo de energia e emissões. Contudo, apenas 5% das empresas se consideram prontas para a transição, segundo a FIESP. Investimentos em capacitação e infraestrutura, como a expansão do 5G, são essenciais para acelerar a adoção. (Fernandes, 2023)

10. CITAÇÕES

"Diante do cenário de competição global, empresas vêm investindo em novas tecnologias para otimizar seus processos industriais, buscando atender demandas dos clientes com eficiência em custos e prazos, aumentar a agilidade operacional e reduzir despesas" (Melo, 2020).

"A automação industrial desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade do trabalho e aumento da produção. Substituindo o trabalho manual repetitivo, promove eficiência, precisão e gera novas oportunidades de emprego e crescimento salarial." (Nacaratti *et al.*, 2018).

"A evolução exponencial da era digital irá promover a desigualdade e este problema provavelmente irá se agravar nas próximas décadas. O robô e a inteligência artificial (IA) aumentará substancialmente as taxas de desempregos ao longo do tempo." (Borges, 2024).

"A automação tem o potencial de aprofundar as desigualdades sociais, ampliando a lacuna entre os trabalhadores qualificados e os menos qualificados." (Flex bor, 2024).

"A automação promove o deslocamento de trabalhadores, gerando o desemprego, o que não significa também que aqueles trabalhadores que ainda serão preservados tenham ganhos salariais, decorrentes das suas competências 'mais tecnológicas'." (Acemoglu; Restrepo, 2020).

"A automação industrial contribui para a sustentabilidade ambiental ao otimizar o uso de recursos e reduzir o desperdício." (Autentica Engenharia, 2024.).

"Máquinas podem assumir tarefas perigosas, como manuseio de materiais pesados ou manipulação de substâncias tóxicas. Isso não só diminui o risco de acidentes, mas também proporciona um ambiente de trabalho mais saudável para os colaboradores." (Transportes, 2025)

"À automação tem aumentado a produtividade, reduzido custos operacionais e aprimorado a segurança dos trabalhadores." (Souza; Santos; Areces, 2024).

"Reduzindo os acidentes, agregando nas realizações de tarefas e trazendo benefícios ao colaborador" (Xavier *et al.*, 2023).

"Podem causar um caos na sociedade pela possibilidade da extinção de algumas profissões embora possa criar outras." (Silva *et al.*, 2023).

"O setor de manufatura tem enfrentado um número crescente de ameaças cibernéticas cada vez mais sofisticadas causadas, majoritariamente, por atores de ransomware" (Pwc, 2024).

No contexto da adoção tecnológica, dados indicam que a falta de atenção aos fatores humanos pode comprometer até 50-75% das implementações de tecnologias avançadas nos Estados Unidos. Isso afeta atributos como agilidade, confiabilidade, flexibilidade e eficácia dos processos, reforçando a importância de considerar aspectos humanos na implantação de novas tecnologias industriais (Arbix, 2017).

"A automação industrial é uma grande força motriz na economia moderna, permitindo às empresas aumentar a produtividade e reduzir custos, automatizando uma ampla gama de processos industriais. [...] os sistemas automatizados podem operar de forma mais eficiente que os humanos, utilizando menos energia e matérias-primas para produzir a mesma quantidade de bens." (Uni, 2024)

11. PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E PRIVADAS

A Constituição Federal de 1988 prevê proteção ao trabalhador diante da automação, porém o Brasil ainda não conta com legislação específica sobre demissões em massa resultantes de automação industrial e robotização. Apesar da apresentação de diversos projetos de lei no Congresso Nacional, ainda não houve consenso ou aprovação. Entre as propostas recorrentes estão programas de requalificação profissional e a definição de critérios para eventual compensação aos trabalhadores. Especialistas divergem sobre como avançar na regulamentação, ponderando a necessidade de se proteger o trabalhador sem comprometer a inovação e o dinamismo econômico (Carvalho; Behnke, 2019).

Em 2024, a Procuradoria-Geral da República (PGR) propôs a Ação Direta de Inconstitucionalidade por Omissão (ADO) 73 ao Supremo Tribunal Federal (STF), argumentando que a falta de regulamentação do artigo 7º, inciso XXVII, da Constituição, fragiliza a proteção dos trabalhadores. O julgamento da ação, iniciado

em agosto de 2024, ainda não foi concluído e representa novo impulso para discussão do tema pelo Legislativo. O debate concentrou-se na necessidade de equilibrar avanços tecnológicos com a garantia de padrões mínimos de proteção social e segurança jurídica (STF, 2024).

11.1 Regulamentação

Entre as propostas em análise, destaca-se o anteprojeto da Associação Nacional dos Magistrados da Justiça do Trabalho (ANAMATRA), que fundamentou o PL nº 1.091/2019 e prevê medidas como negociação coletiva prévia à automação, planos de demissão voluntária e ampliação do seguro-desemprego. O texto também propõe contribuição das empresas ao Fundo de Amparo ao Trabalhador para financiar requalificação profissional. Os principais desafios incluem a resistência de alguns setores empresariais, preocupados em manter a competitividade, e as especificidades do mercado de trabalho brasileiro, marcado por alta informalidade e diversidade regional. O avanço desse debate tende a depender do diálogo entre os diversos setores e do acompanhamento das transformações tecnológicas e sociais. Para o futuro, é fundamental que as políticas públicas considerem aspectos como capacitação, proteção previdenciária e fiscalização de ambientes de trabalho automatizados, colocando o trabalhador como elemento central do processo de transformação (Moraes; Feliciano, 2019).

A regulamentação da automação no Brasil para a proteção dos trabalhadores permanece um desafio não resolvido, apesar do mandato constitucional de 1988. O PL nº 1.091/2019, a ADO 73 e as discussões acadêmicas representam os avanços mais relevantes até 2025, mas a ausência de uma lei aprovada e a descontinuidade de iniciativas como o Comitê de Estudos Avançados evidenciam a necessidade de maior prioridade política. Políticas públicas devem focar na negociação coletiva, requalificação profissional e proteção previdenciária, equilibrando inovação tecnológica com justiça social. A pressão do STF e a mobilização de sindicatos e magistrados podem acelerar esse processo, mas a efetividade dependerá de uma abordagem Inter setorial e de longo prazo.

12. AUTOMATIZAR PARA PROTEGER: O IMPACTO DA TECNOLOGIA NA REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO NO BRASIL

A adoção de robôs industriais e colaborativos (cobots) no Brasil tem crescido, especialmente no setor automotivo e metal mecânico, onde tarefas como soldagem, pintura e transporte de materiais pesados são transferidas para máquinas. Um exemplo é a empresa Etalex, que utiliza o robô UR10 da Universal Robots para operar prensas, eliminando a exposição humana a áreas de alto risco (Universal Robots, 2025). Essa automação está alinhada à Norma Regulamentadora 12 (NR-12), que estabelece requisitos de segurança para máquinas e equipamentos, visando reduzir acidentes causados por falhas mecânicas ou humanas (Fersiltec, 2019). Apesar do potencial, a implementação ainda é limitada em pequenas e médias empresas devido aos altos custos de aquisição e manutenção, o que restringe a disseminação dessas tecnologias no Brasil (Sesi-RS, 2019).

Figura 4: Cobot UR10 da Universal Robots



Fonte: Divulgação/Universal Robots

12.1 Um Cenário Crítico: A Realidade dos Acidentes de Trabalho no Brasil

Os acidentes de trabalho permanecem um desafio significativo no Brasil. Em 2022, foram registrados 612.900 acidentes, com 2.538 óbitos, sendo o setor industrial, incluindo o metal mecânico e automotivo, um dos mais afetados, com uma taxa de incidência de 28,8 acidentes por mil trabalhadores, o dobro da média nacional de 14,8 (Agência Brasil, 2023; Steffani; Sakae; Magajewski, 2018). Em 2023, os números caíram ligeiramente, com 499.955 acidentes e 2.888 fatais, segundo o e Social do Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil, 2024). As principais causas incluem cortes, fraturas e esmagamentos, com 16% dos casos associados a máquinas, conforme dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT) citados por Steffani, Sakae e Magajewski (2018).

12.2 O Papel Transformador da Automação na Segurança

A automação tem potencial para reduzir até 72% dessas lesões, especialmente em tarefas repetitivas e pesadas, como apontado por estudos da Universal Robots (2025), mas a ausência de dados comparativos pré e pós-automação dificulta a validação empírica dessa afirmação. Estudos regionais reforçam a necessidade de automação para mitigar riscos. Em Santa Catarina, entre 2007 e 2015, soldadores e montadores da indústria metal mecânica foram os mais afetados por acidentes, com lesões por cortes e esmagamentos devido a tarefas manuais pesadas (Steffani; Sakae; Magajewski, 2018). Nesse contexto, a introdução de robôs colaborativos, como na Aircraft Tooling, que utiliza cobots para pulverização de plasma, reduz a exposição a substâncias tóxicas e riscos físicos (Universal robot, 2025).

12.3 Inovações Globais e o Futuro no Brasil

No cenário internacional, grandes empresas já exploram tecnologias avançadas para melhorar a segurança. A Mercedes-Benz iniciou testes com robôs humanoides chamados Apollo Figura 5, desenvolvidos pela Appttronik, em fábricas na Alemanha (Berlim) e na Hungria (Kecskemét). Esses robôs realizam tarefas como logística interna, inspeção de qualidade e atividades repetitivas, visando reduzir a sobrecarga

física dos trabalhadores e aumentar a eficiência, outro exemplo é o teste do robô humanoide figure 02 (Figura 6) pela BMW em Spartanburg (EUA), que demonstrou viabilidade em tarefas de submontagem, embora sem aplicação contínua no Brasil (Autopapo, 2024). Esses casos sugerem que a automação pode melhorar a segurança, mas a falta de estatísticas específicas no Brasil impede a mensuração do impacto real nos índices de acidentes.

Figura 7: Funcionários da Mercedes-Benz testam robô humanoide Apollo da Apptronik:



Fonte: Divulgação/Mercedes-Benz

Figura 8: Robô humanoide Figure 02, na fábrica da BMW em Spartanburg, Carolina do Sul



Fonte: Divulgação/BMW

13. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental. Foram selecionadas fontes recentes e relevantes, abrangendo artigos científicos, relatórios institucionais, documentos governamentais e estudos de caso de empresas líderes na aplicação de tecnologias de automação e robótica. O recorte temporal compreendeu publicações entre os anos

de 2014 e 2025, com prioridade para dados de órgãos como CNI, SENAI, OMS, MTE, entre outros.

A metodologia foi estruturada em quatro eixos principais: (i) levantamento histórico-tecnológico, abordando a evolução da produção e da automação desde a manufatura artesanal até os sistemas ciber. físicos da Indústria 4.0; (ii) análise de estudos de caso representativos em setores-chave como automotivo, agronegócio, mineração e logística; (iii) diagnóstico da realidade brasileira no contexto da automação industrial, considerando aspectos econômicos, sociais e estruturais; e (iv) avaliação crítica do arcabouço normativo e das políticas públicas voltadas à proteção e requalificação da força de trabalho frente aos impactos da robotização.

Por se tratar de uma temática ampla e em constante atualização, optou-se por não realizar experimentações empíricas. A análise baseou-se no cruzamento de dados secundários e na interpretação transdisciplinar dos conteúdos coletados, permitindo uma visão estratégica dos desafios e oportunidades da automação industrial contemporânea.

14. RESULTADO

Os resultados evidenciam que a robótica e a automação industrial são elementos essenciais para a modernização e competitividade das empresas, promovendo ganhos econômicos e sociais. A automação tem eliminado tarefas perigosas e exaustivas, melhorando a saúde ocupacional e criando novas oportunidades de trabalho para profissionais qualificados. Além disso, impulsiona a produtividade, a eficiência e a flexibilidade dos processos industriais

Figura 9 Ações e Resultados em Diferentes Setores

Empresa	Ação Principal	Resultados
Amazon	750 mil robôs; treina funcionários	 Produtividade,  Realocação, ↓ Custos,
Tesla	Fábricas automatizadas	 Produtividade,  Mais demissões
Ford	Automação; realoca trabalhadores	 Eficiência,  Realocação
John Deere	Tratores autônomos; Conectar Agro	 Eficiência,  Realocação
Foxconn	Robôs na fabricação; treinamento	 Precisão,  Requalificação
Etalex	Robô UR10 em prensas	 ↓ 72% lesões
Mercedes-Benz	Robôs Apollo para logística	 Eficiência,  ↓ Sobrecarga física
BMW	Robô Figure 02 para submontagem	 Eficiência,  ↓ Sobrecarga física



Fonte: Amazon et al., 2024; Quirino, 2024; Fronteiras, 2025; Zapparoli et al., 2020; Foxconn, 2024; Universal Robots, 2025; Autopapo, 2024.

15. DISCUSSÃO

A análise dos dados revelou cinco principais achados, que evidenciam o impacto transformador da robótica e da automação nos ambientes produtivos e sociais.

- a. O primeiro resultado diz respeito à profunda reconfiguração estrutural da indústria. A implementação de tecnologias como CNCs, CLPs, robôs colaborativos e sistemas inteligentes resultou em ganhos significativos de produtividade, precisão e segurança, especialmente em setores como o automotivo, agrícola e logístico. Empresas como Tesla, Foxconn e John Deere demonstram como a automação pode acelerar processos, reduzir erros e melhorar a eficiência operacional.
- b. O segundo achado refere-se à substituição de postos de trabalho operacionais por funções técnicas especializadas. Embora tenha ocorrido a eliminação de atividades repetitivas e exaustivas, observou-se a criação de novos empregos voltados à manutenção, programação e supervisão de sistemas automatizados. No entanto, a requalificação da força de trabalho permanece limitada e desigual, sendo um dos principais gargalos da transformação digital.
- c. Como terceiro ponto, a pesquisa identificou a contribuição da automação para a segurança do trabalho. Robôs colaborativos (cobots) e dispositivos automatizados reduziram substancialmente a exposição dos trabalhadores a ambientes de risco. Casos como o uso do robô UR10 na empresa Etalex e dos cobots da Aircraft Tooling demonstram melhorias na prevenção de acidentes, embora faltem estatísticas nacionais robustas que comprovem esses avanços em larga escala.
- d. O quarto resultado evidencia o papel das tecnologias assistivas na promoção da inclusão de pessoas com deficiência no mercado industrial. Equipamentos como exoesqueletos, cadeiras motorizadas com inteligência artificial e softwares de acessibilidade estão sendo gradualmente integrados às rotinas produtivas. No entanto, obstáculos como o alto custo, a falta de treinamento e a baixa cobertura de conectividade ainda limitam a ampla adoção dessas soluções.
- e. Por fim, constatou-se a ausência de uma regulamentação eficaz que acompanhe os impactos sociais da automação. Embora iniciativas como o Projeto de Lei nº 1.091/2019 e a Ação Direta de Inconstitucionalidade por Omissão (ADO 73) representem avanços no debate jurídico, ainda não há uma legislação consolidada que proteja os trabalhadores afetados pela substituição tecnológica. A ausência de um marco regulatório específico para automação no Brasil revela uma lacuna crítica entre o avanço tecnológico e a proteção social.

15.1 Dilemas e Caminhos para a Inclusão Social e Produtiva

Entretanto, persistem desafios significativos. O alto custo de implantação das tecnologias, a escassez de mão de obra especializada e a necessidade constante de

adaptação dos trabalhadores são barreiras que dificultam uma adoção mais ampla. A Indústria 4.0 representa um novo paradigma, com robôs colaborativos e sistemas inteligentes que ampliam a automação, mas também exigem políticas públicas eficazes e investimentos contínuos em educação técnica e requalificação profissional.

A falta de atenção aos aspectos humanos durante a implementação de tecnologias tem levado a falhas significativas em diversos países, como demonstrado por estudos internacionais. A exclusão de trabalhadores menos qualificados e a carência de regulamentação específica no Brasil também acentuam a desigualdade social, o que exige uma atuação articulada entre governos, empresas e instituições de ensino.

16. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A robótica e a automação industrial têm transformado profundamente a forma como os produtos são fabricados, distribuídos e utilizados. Embora possam gerar desemprego em setores específicos, essas tecnologias também criam novas oportunidades em áreas como desenvolvimento de software, manutenção de equipamentos e análise de dados. O equilíbrio entre os avanços tecnológicos e a inclusão social é essencial.

Para garantir que todos os trabalhadores possam se adaptar a esse novo cenário, é fundamental que governos, empresas e instituições educacionais atuem conjuntamente. A requalificação profissional deve ser contínua e incluir não apenas habilidades técnicas como programação, robótica e análise de dados, mas também competências sócio emocionais, como comunicação, trabalho em equipe e resolução de problemas.

Além disso, é imprescindível que as empresas invistam em tecnologias assistivas e garantam a inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho. A Indústria 4.0 oferece grande potencial para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a qualidade de vida. No entanto, esses benefícios só serão plenamente alcançados se forem acompanhados de políticas inclusivas, regulamentação adequada e estratégias de mitigação dos impactos sociais negativos.

Com planejamento, responsabilidade e cooperação entre os diversos setores da sociedade, a robótica e a automação industrial podem contribuir para um futuro mais próspero, sustentável e justo para todos.

17. REFERÊNCIA

ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. **Desvendando o viés de competência: Automação e novas tarefas**, [s. l.], v. 110, p. 356-361, maio 2020. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20201063>. Acesso em: 7 jun. 2025.

AGÊNCIA, Brasil. **Acidentes de trabalho no Brasil somam 612 mil em 2022**. Agência Brasil, 27 jul. 2023. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2023-03/brasil-registra-mais-de-612-mil-acidentes-de-trabalho-em-2022>. Acesso em: 1 jun. 2025.

AMAZON, Equipe About; *et al.* **Amazon revela seu centro de distribuição mais avançado do mundo**: equipado com IA e 10 vezes mais tecnologia robótica, [s. l.], 14 out. 2024. Disponível em: <https://www.aboutamazon.es/noticias/trabajar-en-amazon/amazon-presenta-su-centro-logistico-impulsado-por-ia>. Acesso em: 18 maio 2025.

ARBIX, Glauco *et al.* **O Brasil e a nova onda de manufatura avançada**: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. Novos estudos CEBRAP, v. 36, p. 29-49, 2017.

AUTOMAÇÃO industrial: história, características e tipos. Mestrovirtuale.com, 2024. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/automacao-industrial-historia-caracteristicas-e-tipos/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

AUTOPAPO. **BMW tem sucesso em testes com robôs humanoides**. Auto Papo, 7 ago. 2024. Disponível em: <https://autopapo.com.br/noticia/bmw-testa-robot-humanoid/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

BASTOS, Athena. **Indústria 4.0**: os desafios e as perspectivas para as empresas. São Paulo: Alura, 22 dez. 2023. Disponível em: <https://www.alura.com.br/empresas/artigos/industria-4-0>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BETENHEUSER, Metal Técnica. **Manutenção preditiva na indústria 4.0**: Como ia iot auxiliam processo, [s. l.], 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/25362-manutencao-preditiva-industria-40-poderia-iot-auxiliam-processo>. Acesso em: 8 jun. 2025.

BORGES, Maicom. **Impactos das Tecnologias Digitais no Mundo do Trabalho, Central Única dos Trabalhadores**, 1 mar. 2024. Disponível em: <https://www.cut.org.br/artigos/impactos-das-tecnologias-digitais-no-mundo-do-trabalho-ce41>. Acesso em: 7 jun. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.645, de 11 de março de 2021. **Institui o Plano Nacional de Tecnologia Assistiva - PNTA**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.645-de-11-de-marco-de-2021-308227295>. Acesso em: 1 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **No Brasil foram registrados 2.888 acidentes fatais em 2023, segundo dados do eSocial**. Site do Ministério do Trabalho e Emprego, Brasília, DF, 21 julho 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/noticias-e-conteudo/2024/julho/no-brasil-foram-registrados-2.888-acidentes-fatais-em-2023-segundo-dados-do-esocial>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CARVALHO, Ana Luiza de; BEHNKE, Emilly. **Automação sem lei**: 30 anos depois, ainda não há regulamentação para robôs no País. Automação sem lei, São Paulo, 15 jul. 2019. Disponível em: <https://arte.estadao.com.br/focas/estadaoqr/materia/automacao-sem-lei-30-anos-depois-ainda-nao-ha-regulamentacao-para-robos-no-pais>. Acesso em: 18 nov. 2024.

CÉSAR, Aldo; **O crescimento da automação industrial no Brasil**. São Paulo, 25 maio 2018. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/tecnologia/o-crescimento-da-automacao-industrial-no-brasil/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

CHIMURA, André.: **A estratégia da indústria para superar os desafios**. Cuiabá: Portal Gazeta Digital, 12 mar. 2022. Disponível em: <https://www.gazetadigital.com.br/colunas-e-opiniao/colunas-e-artigos/automao-industrial-a-estrategia-da-industria-para-superar-os-desafios/684786>. Acesso em: 6 out. 2024.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**, [s. l.], Brasília 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Confederação Nacional da Indústria (CNI). **Indústria 4.0: Avanços e Desafios da Digitalização na Indústria Brasileira**. 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2023/8/industria-40-avancos-e-desafios-da-digitalizacao-na-industria-brasileira/>. Acesso em: 03 jun. 2025.

DYNAMICS, Boston. **Robótica para operações mais seguras e previsíveis**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://bostondynamics.com/products/spot/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

EDGE, global supply. **Como a automação industrial pode revolucionar a eficiência energética**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://edgeglobal.com.br/blog/a-automacao-industrial-pode-revolucionar-a-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ENGENHARIA, Autentica. **Quais são os Benefícios e Impactos da Automação Industrial nas Empresas**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://autenticaengenharia.com/blog/quais-sao-os-beneficios-impactos-da-automacao-industrial-nas-empresas/>. Acesso em: 7 jun. 2025

FERNANDES, Marcella. **Mercado de Indústria 4.0 pode chegar a US\$ 5,62 bilhões no Brasil até 2028**. Observatório Nacional da Indústria, [s. l.], 5 maio 2023. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/competitividade/mercado-de-industria-40-pode-chegar-a-us-562-bilhoes-no-brasil-ate-2028/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

FERREIRA, Celso. **Gestão dos Ativos de Automação da Refinaria de Mataripe: Relevância da automação para a segunda maior refinaria do país**, [s. l.], 20 maio 2024. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/gest%C3%A3o-dos-ativos-de-automat%C3%A7%C3%A3o-da-refinaria-mataripe-celso-ferreira-q83lf/>. Acesso em: 18 maio 2025.

FERSILTEC. **Segurança em automação industrial, produtividade e economia**. Fersiltec, 13 fev. 2019. Disponível em: <https://fersiltec.com.br/seguranca-em-automacao-industrial-produtividade-e-economia/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

FLEX BOR. **Impacto da Automação no Mercado de Trabalho**. Mercado de Trabalho, [s. l.], 26 abr. 2024. Disponível em: <https://flexbor.com/impacto-automacao-desafios-oportunidades/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

FOXCONN, James Wu. **Foxconn tem resultado acima do esperado com boom de IA**. CNN Brasil, 14 ago. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/foxconn-tem-resultado-acima-do-esperado-com-boom-de-ia/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FRANÇA, Renan. **Mercado de robótica assistiva deve atingir US\$ 25 bilhões em 2028**, [s. l.], 21 out. 2021. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/noticias/mercado-de-robotica-assistiva-deve-atingir-us-25-bilhoes-em-2028/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

FROTEIRAS, Motores100. **A história da Ford: Uma Jornada de Inovação e Transformação na Indústria Automobilística**, [s. l.], 1 fev. 2025. Disponível em: <https://motores100fronteiras.com.br/a-historia-da-ford/>. Acesso em: 18 maio 2025.

GROOVER, Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo-SP, ed.3ª, março 2014.

INDÚSTRIA 4.0: o que é, consequências, impactos positivos e negativos. São Paulo: FIA business school, 23 ago. 2021. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/industria-4-0/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

LEMOS, Rodrigo. **Automação Industrial e o Avanço dos Robôs no Brasil**. Belo Horizonte MG, 24 mar. 2024. Disponível em: <https://www.netlinks.com.br/blog/robots/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MÁQUINAS autônomas: O futuro da agricultura ou apenas uma tendência passageira. Itajaí-SC: Futuro Máquinas Agrícolas, 19 jul. 2024. Disponível em: <https://www.futuroagronegocios.com.br/maquinas-autonomas-o-futuro-da-agricultura-ou-apenas-uma-tendencia-passageira>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MELO, R. **A Indústria 4.0 e seus impactos**. Trabalho de conclusão de curso, bacharelado em Ciências e Tecnologia, Centro Multidisciplinar de Angicos. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA. 14 p. 2020.

MINERAL, Brasil. **Rio Tinto e Caterpillar buscam emissão zero: Caminhões Autônomos**. São Paulo, 16 set. 2021. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/rio-tinto-e-caterpillar-buscam-emissao-zero>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MORAES, Paulo Douglas Almeida de; FELICIANO, Guilherme Guimarães. **Automação e trabalho: Sobre monturos, futuros e apuros**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.prt24.mpt.mp.br/informe-se/noticias-do-mpt-ms/986-automacao-e-trabalho-sobre-monturos-futuros-e-apuros>. Acesso em: 1 jun. 2025.

NACARATTI, Paulo Roberto Agrizzi et al. **Automação Industrial: Impactos e desafios**, *Revista de Trabalhos Acadêmicos – universo belo horizonte*, v. 1, ed. 3, 2018. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=3universobelohorizonte3&page=article&op=view&path%5B%5D=6500>. Acesso em: 7 jun. 2025.

NEGRÃO, Davidson Nilson Mendes; SÁ, Rafaela Oliveira da Silva. **Tecnologia assistiva: A tecnologia a favor da acessibilidade e inclusão**, [s. l.], 17 abr. 2023. Disponível em: <https://www.each.usp.br/petsi/jornal/?p=2844>. Acesso em: 1 jun. 2025.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Relatório global sobre tecnologia assistiva**. Organização Mundial da Saúde e Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), [s. l.], 15 maio 2022. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/354357>. Acesso em: 1 jun. 2025.

PWC. **Ameaças cibernéticas ao Setor da produção**, [s. l.], 10 abr. 2024. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/servicos/consultoria-negocios/2024/ameacas-ciberneticas-ao-setor-da-manufatura.html>. Acesso em: 8 jun. 2025.

QG do Enem: junho, 12, 2016 <https://www.enem.com.br/a-influencia-da-maquina-a-vapor-na-primeira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 10 nov. 2024

QUIRINO, Robson. **ELON Musk ataca novamente**: Tesla muda por completo a forma de produzir carros elétricos. Garagem360, 2024. Disponível em: <https://garagem360.com.br/elon-musk-ataca-novamente-tesla-muda-por-completo-a-forma-de-produzir-carros-eletricos/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

RAMOS, Cleber Arruda *et al.* **O Avanço da automação industrial no Brasil: Cenários atual e perspectivas futuras**. Automação industrial, Rio de Janeiro, v. 28, ed. 134, 14 maio 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/o-avanco-da-automacao-industrial-no-brasil-cenario-atual-e-perspectivas-futuras/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

REDAÇÃO GS1 Brasil (São Paulo – SP). **Automação no Agronegócio. Tecnologia impulsiona eficiência**, [s. l.], fevereiro 2025. Disponível em: <https://noticias.gs1br.org/automacao-no-agronegocio-tecnologia-impulsiona-eficiencia/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

RIBEIRO, Viviane Pires. **Qual é o impacto dos robôs sobre o mercado de trabalho?** Adoção de robôs nas indústrias, [s. l.], 17 mar. 2023. Disponível em: <https://www.idp.edu.br/blog/laipp/qual-e-o-impacto-dos-robos-sobre-o-mercado-de-trabalho/>. Acesso em: 31 maio 2025.

Robótica. **Os Impactos da Automação Industrial no Brasil**. Bahia: Robótica, 2023. Disponível em: <https://robotika.com.br/impactos-da-automacao-industrial-no-brasil/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ROBOTS Brasil, Universal. **Tipos de automação industrial**: Descubra quais são e confira exemplos, [s. l.], 26 abr. 2023. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/tipos-de-automac%C3%A3o-industrial-descubra-quais-s%C3%A3o-e-confira-exemplos/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

RODRIGUES, Luana De Nazaré Leite *et al.* **O papel da termodinâmica na revolução industrial**. Máquina de Newcomen, [s. l.], 2023. Disponível em: <http://semuni.unilab.edu.br/submissao/index.php?pagina=gerar-trabalho&trabalhold=6404>. Acesso em: 24 maio 2025.

SANTIAGO, Emerson. **Idade Média**. Guildas, [s. l.], agosto 2012. Disponível em: <https://www.infoescola.com/idade-media/guildas/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SERVNEWS, Robótica e Automação. **Robôs industriais**: O que são e como funcionam, [s. l.], 26 out. 2023. Disponível em: <https://servnews.com.br/artigos/robos-industriais-o-que-sao-e-como-funcionam/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

SESI-RS. **Robótica avançada**: entenda o que é isso e o cenário brasileiro., 25 jun. 2019. Disponível em: <https://www.sesirs.org.br/noticia/robotica-avancada-entenda-o-que-e-isso-e-o-cenario-brasileiro>. Acesso em: 1 jun. 2025.

SILVA, Jonathan Viana *et al.* **O impacto da automação industrial na vida**: Cotidiana dos trabalhadores das indústrias, [s. l.], 2023. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/2023/arquivos/10282023_181017_653d812910cf3.pdf. Acesso em: 8 jun. 2025.

SOUZA, Bruno. **Automação e o Mercado de Trabalho**.: O Fim do Emprego ou Apenas uma Nova Revolução? [s. l.], 25 mar. 2025. Disponível em: <https://www.modal.org.br/2025/03/25/automacao-mercado-trabalho-impactos/>. Acesso em: 18 maio 2025.

SOUZA, Juliana Romão; SANTOS, Rita de Cassia Pedrosa; ARECES, Enrique Alvarez. O impacto da automação na eficiência e. Segurança das operações de mineração, **Revista foco**, v. 17, n. 138, ed. 10, 30 set. 2024. DOI 10.54751/revistafoco. V17n10-138. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/6632/4733>. Acesso em: 8 jun. 2025.

STEFFANI, B. B. G.; SAKAE, T. M.; MAGAJEWSKI, F. L. Acidentes de trabalho em uma indústria metal mecânica: análise de riscos ocupacionais e perfil sócio demográfico. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 16, n. 4, p. 150-158, 2018. DOI: 10.5327/Z1679443520180086. Disponível em: <https://www.rbmt.org.br>. Acesso em: 1 jun. 2025.

STF, Supremo Tribunal Federal. **STF começa a julgar ação sobre proteção de trabalhadores contra automação**: Constituição prevê o direito, que depende de regulamentação, [s. l.], 22 ago. 2024. Disponível em: <https://noticias.stf.jus.br/postsnoticias/stf-comeca-a-julgar-acao-sobre-protECAo-a-trabalhadores-da-automacao/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

TECNICON, Sistemas Gerenciais. **4 exemplos práticos da adoção da Indústria 4.0 nas fábricas**, [s. l.], 23 dez. 2022. Disponível em: https://www.tecnicon.com.br/blog/476-4-exemplos_praticos_da_adocao_da_Industria_4_0_nas_fabricas. Acesso em: 1 jun. 2025.

TIKKANEN , Amy *et al.* **Eolípila**. Turbina a vapor, Enciclopédia Britânica, 11 jun. 2025. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Heron-of-Alexandria>. Acesso em: 30 jun. 2025.

TRANSPORTES, PACTO. **Impactos da Automação na Força de Trabalho Industrial**, [s. l.], 2025. Disponível em:

<https://www.pactotransportes.com.br/impactos-da-automacao-na-forca-de-trabalho-industrial/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

UNI, Foa. **Automação industrial**: Transformando o futuro das indústrias, Blog, Engenharia Elétrica, 13 dez. 2024. Disponível em:

[https://www.unifoa.edu.br/automacao-industrial-futuro-industrias/#:~:text=Benef%C3%ADcios%20da%20automa%C3%A7%C3%A3o%20industrial&text=Um%20dos%20principais%20benef%C3%ADcios%20da,produzir%20mais%20em%20menos%20tempo.&text=A%20automa%C3%A7%C3%A3o%20garante%20consist%C3%Aancia%20na,algo%20dif%C3%ADcil%20de%20alcan%C3%A7ar%20manualmente.&text=Embora%20o%20investimento%20inicial%20em,materiais%20resultando%20em%20economia%20significativa.&text=Automatizar%20processos%20perigosos%20diminui%20o,e%20a%20seguran%C3%A7a%20dos%20trabalhadores](https://www.unifoa.edu.br/automacao-industrial-futuro-industrias/#:~:text=Benef%C3%ADcios%20da%20automa%C3%A7%C3%A3o%20industrial&text=Um%20dos%20principais%20benef%C3%ADcios%20da,produzir%20mais%20em%20menos%20tempo.&text=A%20automa%C3%A7%C3%A3o%20garante%20consist%C3%Aancia%20na,algo%20dif%C3%ADcil%20de%20alcan%C3%A7ar%20manualmente.&text=Embora%20o%20investimento%20inicial%20em,materiais%20resultando%20em%20economia%20significativa.&text=Automatizar%20processos%20perigosos%20diminui%20o,e%20a%20seguran%C3%A7a%20dos%20trabalhadores.). Acesso em: 7 jun. 2025.

UNIVERSAL, Robots. **Como a automação industrial pode reduzir lesões no local de trabalho e melhorar a confiança dos funcionários?** Universal Robots, 20 jan. 2025. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/como-a-automacao-industrial-pode-reduzir-lesoes-no-local-de-trabalho-e-melhorar-a-confianca-dos-funcionarios/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

XAVIER, Andreza Batista Xavier *et al.* A automação industrial como solução e. Não como ameaça aos trabalhadores, **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 6, junho 2023. DOI 10.7769/gesec. V14i6.2278. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/371485154_A_automacao_industrial_como_solucao_e_nao_como_ameaca_aos_trabalhadores. Acesso em: 8 jun. 2025.

ZAPAROLLI, Domingos *et al.* **Fazendas conectadas**: Agricultura 4.0., [s. l.], ano 21, ed. 287, janeiro 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2020/01/Pesquisa-287_Completo-2.pdf. Acesso em: 18 maio 2025.