

A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: DESAFIOS DE SUSTENTABILIDADE E REQUALIFICAÇÃO NO TRABALHO

THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION: SUSTAINABILITY CHALLENGES AND RESKILLING IN THE WORKPLACE

Recebido em: 25/05/2026

Aceito em: 16/07/2026

Publicado em: 25/08/2026

Beatriz Marttos dos Santos¹ 

Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha

Resumo: A Quarta Revolução Industrial refere-se à fusão das tecnologias digitais, físicas e biológicas que afetam os setores produtivos e a sociedade como um todo. O presente artigo busca analisar aqui suas principais características, bem como algumas de suas implicações sociais e econômicas com base nas tendências recentes nesse novo cenário. A pesquisa de literatura foi realizada por meio de uma análise da literatura acadêmica, relatórios de organizações apropriadas e estudos de caso. As descobertas indicam que, embora as novas exposições tecnológicas, como inteligência artificial (IA) e internet das coisas (IoT), sejam benéficas em termos de eficiência/ inovação, elas também apresentam desafios éticos, como a proteção da privacidade de dados e o acesso desigual às novas tecnologias. A Quarta Revolução Industrial está alterando a maneira como trabalhamos, em favor da colaboração flexível e remota. À medida que a automação e a adoção da inteligência artificial aumentam, os requisitos de habilidades estão mudando, tornando a requalificação da força de trabalho uma necessidade. As descobertas indicam a importância de uma conversa contínua entre as partes interessadas para estabelecer políticas que promovam uma transformação social justa e sustentável à luz das mudanças devido à Quarta Revolução Industrial.

Palavras-chave: Quarta Revolução Industrial; Inteligência Artificial; Internet das Coisas; Impactos Sociais; Requalificação.

Abstract: The Fourth Industrial Revolution refers to the fusion of digital, physical, and biological technologies that affect productive sectors and society as a whole. This article seeks to analyze its main characteristics, as well as some of its social and economic implications based on recent trends in this new scenario. A literature search was conducted through an analysis of academic literature, reports from related organizations, and case studies. The findings indicate that, while new technological breakthroughs, such as artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT), are beneficial in terms of efficiency and innovation, they also present ethical challenges, such as data privacy protection and unequal access to new technologies. The Fourth Industrial Revolution is changing the way we earn money, favoring flexible and remote collaboration. As automation and the adoption of artificial intelligence increase, skill requirements are shifting, making workforce reskilling a necessity. The findings indicate the importance of an ongoing conversation among stakeholders to establish policies that promote a just and sustainable social transformation in light of the changes due to the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: Fourth Industrial Revolution; Artificial Intelligence; Internet of Things; Social Impacts; Reskilling.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial representa uma era de transformação na qual sistemas digitais, físicos e biológicos são integrados. Esta revolução não é apenas

¹ Advogada. Graduada em Direito pela à Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Mantenedora do Centro universitário Eurípides de Marília, Marília, São Paulo. Professor pela Faculdade de Tecnologia Paulista. Pós-graduada em Direito do Trabalho e Previdenciário pela Universidade de Marília/Unimar. Especialização em Advocacia Civil pela ESAOAB. Aluna da Pós-graduação *Strito Sensu* Mestrado em Direito pela Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Mantenedora do Centro universitário Eurípides de Marília. Brasil, São Paulo, Marília. E-mail: beatrizmarttos@hotmail.com

tecnológica, envolve um conjunto de transformações que impactam nosso modo de viver, trabalhar e interagir, como é o caso da Inteligência artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT), automação e análise de Big Data que estão transformando processos de produção e facilitando novas maneiras de colaborar e trabalhar na vida profissional.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é analisar alguns fatores da Quarta Revolução Industrial e suas implicações sociais e econômicas, se baseando através de uma análise extensa da literatura acadêmica, como estudos de caso, análises realizadas por órgãos especializados ou documentos pertinentes ao tema, realizando uma abordagem de natureza qualitativa, expressando discussões sobre tendências emergentes e os desafios trazidos por esta nova era.

A pesquisa mostra que, enquanto novas tecnologias trazem uma série de oportunidades para melhorar a eficiência e impulsionar a criatividade, elas também apresentam questões éticas e sociais importantes. No centro do debate estão questões de proteção da privacidade de dados, acesso desigual a novas tecnologias e requalificação da força de trabalho, à medida que a presença da automação e tecnologia de Inteligência Artificial se tornam cada vez mais prevalentes. No entanto, as habilidades demandadas no mercado de trabalho podem mudar fundamentalmente, razão pela qual as práticas educacionais precisarão ser revisadas, assim como o desenvolvimento de políticas para o desenvolvimento da força de trabalho pública.

É evidente que os avanços tecnológicos dos últimos séculos transformaram nossa cultura e mudaram a forma como as pessoas vivem, interagem em família e na sociedade, principalmente, a forma com que trabalham. As rápidas e profundas mudanças que caracterizam a sociedade pós-moderna afetam diretamente as modalidades de trabalho e a contratação de mão de obra. A mercantilização que permeia todos os aspectos das relações interpessoais também se reflete no mercado de trabalho. Em busca do desenvolvimento econômico, a força de trabalho é igualmente tratada como mercadoria., sendo um fator crucial na formação dos preços dos produtos, dessa forma o custo da mão de obra é constantemente reduzido através da diminuição de salários e benefícios, ao mesmo tempo em que são impostas maiores exigências produtivas, resultando na precarização das relações laborais.

Além disso, o presente artigo também destaca que governos, empresas e sociedade civil devem engajar-se em uma conversa contínua para construir políticas que levem a uma transformação social mais equitativa e sustentável. Este ponto é crucial tanto para reduzir os riscos da Quarta Revolução Industrial quanto para realizar seus benefícios de maneira justa e equitativa. Portanto, ao examinar a complexa e dinâmica interação entre tecnologia, trabalho e

sociedade, esta pesquisa contribuirá para uma melhor compreensão das dinâmicas subjacentes ao futuro do trabalho, da sociedade e da coexistência humana na era digital.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial representa uma mudança fundamental nos conceitos de produção predominantes, sob os quais as tecnologias digitais (DT), físicas (RL) e o mundo biológico se entrelaçam, criando um ecossistema produtivo inteligente. Isso é o que distingue a Indústria 4.0: esta nova convergência de tecnologias que antes eram separadas, Klaus Shwab, fundador e presidente executivo do Fórum Econômico Mundial em seu livro *A Quarta Revolução Industrial* escreve, "as principais inovações tecnológicas estão à beira de alimentar uma gigantesca mudança histórica em todo o mundo – inevitavelmente" (Shwab, 2016, p. 15). Essa integração é principalmente evidente em sistemas ciberfísicos, que servem como base da manufatura moderna, misturando substâncias físicas com capacidades de computação e comunicação.

Nesse sentido, a Internet das Coisas (IoT) permite o monitoramento em tempo real das operações através de sensores embutidos, processadores e dispositivos de comunicação que unem elementos dos espaços físico e digital em sistemas ciberfísicos de ponta a ponta. É essa combinação que possibilita a fábrica do futuro, capaz de tomar decisões autonomamente com base em dados coletados continuamente. Shwab faz menção a amplitude e velocidade das informações nesta nova era:

Imagine as possibilidades ilimitadas de bilhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis, dando origem a um poder de processamento, recursos de armazenamento e acesso ao conhecimento sem precedentes. Ou imagine a assombrosa profusão de novidades tecnológicas que abrangem numerosas áreas: inteligência artificial (IA), robótica, a internet das coisas (IoT, na sigla em inglês), veículos autônomos, impressão em 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica, para citar apenas algumas. Muitas dessas inovações estão apenas no início, mas já estão chegando a um ponto de inflexão de seu desenvolvimento, pois elas constroem e amplificam umas às outras, fundindo as tecnologias dos mundos físico, digital e biológico (Shwab, 2016, p. 11 – tradução livre de Daniel Moreira Miranda).

A Internet das Coisas desempenha um papel central na Indústria 4.0 ao conectar máquinas, equipamentos e sensores à Internet, facilitando assim o monitoramento contínuo e a coleta de dados sobre seu funcionamento. Essa integração livre permite a comunicação máquina a máquina (M2M) e apoia o desenvolvimento de sistemas de manufatura amplamente integrados. Isso agora é complementado pelas capacidades das redes 5G e dos computadores

de borda para comunicar rapidamente com baixa latência entre equipamentos, melhorando drasticamente a automação, o monitoramento remoto e o controle. Essa borda inteligente permite o processamento local de dados, reduzindo a dependência da nuvem para conectividade e melhorando a agilidade nos sistemas de produção.

A Inteligência Artificial (IA) e o Aprendizado de Máquina são uma das características disruptivas mais significativas da Indústria 4.0. Estudos mostram que aprimoramentos baseados em Inteligência Artificial por meio de análises de Big Data oferecem contribuições significativas para monitoramento em tempo real, manutenção preventiva e tomada de decisões autônomas.

Empresas que implementaram programas de manutenção preditiva movidos por IA relatam cortes no tempo de inatividade de até 25%, segundo pesquisa realizada por consultorias como *PwC* e *McKinsey*. No campo da inspeção de qualidade, tecnologias de alto nível, como visão computacional baseada em aprendizado profundo, podem alcançar taxas de detecção de defeitos 90% mais altas do que as inspeções manuais.

O Digital *Twins* – modelos de simulação dinâmica movidos por informações em tempo real sobre propriedades físicas de um indivíduo – são um salto incrível no mundo da Indústria 4.0. Essa abordagem permite que cada máquina ou linha tenha um gêmeo digital capaz de prever e evitar falhas, mas também simular cenários futuros e informar a tomada de decisões com base em dados. Ao realizá-los, temos mundos físico e virtual finitamente iterados em um *loop*, modelos digitais preveem o futuro e sugerem melhorias antecipadamente.

O processamento de dados em grande escala é a essência desta nova era industrial. A fusão de análises de Big Data e sistemas de manufatura apoia a extração de padrões complexos, o aprimoramento de processos e o suporte à decisão estratégica. Se destaca o entendimento de Shwab:

Vivemos em um mundo hiperconectado, onde informações, ideias e pessoas estão viajando mais rápido do que nunca. Também vivemos em um mundo de desigualdades crescentes, um fenômeno que irá ser agravado pelas mudanças maciças do mercado de trabalho descritas anteriormente. Alargando a exclusão social, o desafio de encontrar fontes confiáveis de significado do mundo moderno e o desencanto com as elites estabelecidas e estruturas, percebidas ou reais, têm motivado os movimentos extremistas e permitiu-lhes recrutar pessoas para uma luta violenta contra os sistemas existentes (Shwab, 2016, p. 58 – tradução livre de Daniel Moreira Miranda).

Sistemas de análise inteligente ajudam a refinar informações amplamente dispersas em inteligência operacional, que podem ser analisadas de maneira mais eficiente e precisa para tomar decisões mais oportunas. Com esse grau de capacidade analítica avançada, as empresas

ganham uma vantagem competitiva maior em termos de maximizar o desempenho de suas operações e minimizar custos. Assim, a Quarta Revolução Industrial consiste em uma integração sinérgica de tais tecnologias em sistemas de produção inteligentes, autônomos e adaptativos, remodelando completamente a indústria global.

TECNOLOGIAS EMERGENTES

Novas tecnologias são uma gama de avanços disruptivos nos tempos modernos que perturbam os sistemas econômicos, sociais e industriais hoje em dia notáveis pelo seu potencial de influenciar partes mais amplas da sociedade. A inteligência artificial generativa emergiu como a força central por trás do avanço do aprendizado profundo, tornando possível manipular imagens ou vídeos e até mesmo gerar fala realística semelhante à humana. Estimativas de mercado também projetam que a inteligência artificial generativa será um motor chave da economia global, com potencial para contribuir com mais de dois trilhões de dólares em novo valor até 2026. Esta tecnologia vai além da programação de automação básica em linguagem natural para até mesmo criar automaticamente conteúdo complexo que torna as operações das empresas mais produtivas.

Segundo Bernardi (2025), apenas 5% dos projetos piloto de Inteligência Artificial generativa corporativa são integrados com sucesso nos fluxos de trabalho, mostrando desafios significativos na implementação que devem ser enfrentados para que esta tecnologia realmente se enraíze. Modelos de Pequena Linguagem (SLM) surgem como uma alternativa interessante e eficaz, sendo versões compactas dos modelos de linguagem massivos capazes de rodar em dispositivos com recursos limitados, como smartphones. Isso traz a IA para as massas e abre a porta para sua aplicação no comércio e na manufatura de forma mais ampla e conveniente. Shwab leciona:

Nessa revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas são difundidas muito mais rápida e amplamente do que nas anteriores, as quais continuam a desdobrar-se em algumas partes do mundo. A segunda revolução industrial precisa ainda ser plenamente vivida por 17% da população mundial, pois quase 1,3 bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade. Isso também é válido para a terceira revolução industrial, já que mais da metade da população mundial, 4 bilhões de pessoas, vive em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O tear mecanizado (a marca da primeira revolução industrial) levou quase 120 anos para se espalhar fora da Europa. Em contraste, a internet espalhou-se pelo globo em menos de uma década (Shwab, 2016, p. 15 – tradução livre de Daniel Moreira Miranda).

A direção é a democratização da Inteligência Artificial com soluções de processamento local energeticamente eficientes, além disso, a análise de emoções impulsionada por

Inteligência Artificial fornece um importante avanço, introduzindo dispositivos que analisam e interpretam sentimentos humanos a partir de entradas textuais, verbais ou visuais. Isso começa a importar no atendimento ao cliente, marketing ou saúde mental, onde respostas mais empáticas e personalizadas são desejáveis.

Por sua vez, a computação quântica desponta como uma tecnologia revolucionária complementar, com projeções indicando crescimento do mercado de trezentos milhões de dólares em 2024 para quatro bilhões em 2030. Essa tecnologia distingue-se da computação clássica ao utilizar qubits que podem representar simultaneamente os valores 0 e 1, possibilitando um processamento exponencial para resolver problemas específicos. Na indústria farmacêutica, a computação quântica apresenta um potencial transformador significativo; enquanto computadores convencionais enfrentam dificuldades na simulação do comportamento molecular em nível quântico, as máquinas quânticas conseguem modelar interações moleculares nativamente. Machado e Rocha entendem que:

Os trabalhadores da quarta revolução industrial encontram-se numa zona cinzenta de proteção, especialmente no Brasil, no qual ainda vigora indefinição doutrinária e jurisprudencial a respeito de sua natureza jurídica, cenário propício à sucessiva retirada de direitos trabalhistas. As empresas deste novo modelo de negócios, diante da suposta inexistência de proteção normativa, negligenciam os mais elementares direitos dos trabalhadores, como os relacionados à segurança e à saúde. Dessa forma, configura-se o dumping social no contexto da 4ª revolução industrial, desafiando o sistema jurídico nacional à adoção de medidas efetivas de combata a tão deletéria prática (Machado; Rocha, 2021, p. 3).

Empresas como Biogen, Roche e Boehringer Ingelheim estão estabelecendo parcerias com desenvolvedores dessa tecnologia para explorar aplicações em pesquisa neurológica, simulações moleculares no campo da oncologia e otimização dos processos de desenvolvimento farmacêutico. Estudos revelam que cerca de 65% das grandes farmacêuticas já iniciaram programas piloto utilizando computação quântica focados na otimização das simulações moleculares e na melhoria das previsões sobre interações entre medicamentos e alvos terapêuticos. Essa abordagem tem o potencial para reduzir os prazos no descobrimento de novos fármacos entre 50% e 70% quando comparada aos métodos tradicionais.

A Internet das Coisas (IoT) continua sua rápida expansão, as previsões apontam um aumento no número de dispositivos conectados de 16,6 bilhões em 2023 para mais de 32,1 bilhões até 2030. Esse crescimento facilita a interconexão entre dispositivos e sistemas, permitindo coleta e análise em tempo real dos dados necessários para manutenção preditiva e otimização dos processos operacionais.

A sinergia entre IoT e inteligência artificial denominada IoT (Internet das Coisas) representa uma poderosa combinação que aprimora processos empresariais essenciais. Nesse contexto, o IoT coleta dados enquanto sensores alimentam pipelines voltados ao aprendizado automático, assim sendo, a IA oferece análises orientadas por insights valiosos. Empresas como Siemens reportaram reduções significativas de até 50% no tempo de inatividade ao implementar soluções preditivas impulsionadas pela IoT.

A ampliação das redes móveis 5G juntamente com a computação em borda intensifica os benefícios da Internet das Coisas ao diminuir latências e aprimorar velocidades processuais, isso é especialmente vantajoso para aplicações envolvendo veículos autônomos ou cidades inteligentes. O desenvolvimento das tecnologias 6G já está sendo realizado por empresas como Verizon que estabeleceram fóruns inovadores destinados à definição dos futuros casos práticos e componentes essenciais das redes. Destaca-se ainda, o descrito por Machado e Rocha:

As extraordinárias inovações provocadas pela quarta revolução industrial, desde as biotecnológicas até aquelas da IA, estão redefinindo o que significa ser humano. Elas estão aumentando os atuais limites da expectativa de vida, saúde, cognição e competência de maneiras que antes pertenciam somente ao mundo da ficção científica. Com o avanço dos conhecimentos e das descobertas em andamento nesses campos, é fundamental que nosso foco e nosso compromisso estejam concentrados em permanentes discussões éticas e morais (Machado; Rocha, 2021, p. 68).

Segundo a Grand View Research (2023), o mercado global de biotecnologia deverá crescer significativamente até 2030, impulsionado pelos avanços tecnológicos e pela expansão da demanda no setor. Esse avanço é impulsionado pelo progresso na engenharia genética bem como pelo aumento na demanda por biofármacos além dos investimentos direcionados à pesquisa nas áreas agrícola, saúde pública, e aplicações industriais. Essas tecnologias emergentes não apenas apresentam oportunidades econômicas substanciais, mas também desafiam estruturas organizacionais tradicionais, exigindo adaptação contínua tanto por profissionais quanto instituições visando maximizar seus benefícios enquanto mitigam riscos associados à implementação acelerada dessas inovações disruptivas que alteram fundamentalmente as formas pelas quais sociedades produzem, consomem, e interagem neste século.

IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

O contexto brasileiro possui características específicas que tornam essa transformação particularmente complexa. O país enfrenta o desafio simultâneo de modernizar sua base produtiva enquanto lida com desigualdades históricas que podem ser exacerbadas ou mitigadas

conforme as decisões políticas e as estratégias tecnológicas adotadas. A mudança no mercado de trabalho é uma das dimensões mais evidentes e debatidas dessa revolução tecnológica. Observa-se um paradoxo onde coexistem a criação rápida de novas oportunidades profissionais e a crescente precarização das relações laborais tradicionais. O ministro do Tribunal Superior do Trabalho aponta que a quarta revolução industrial trouxe avanços tecnológicos, mas também intensificou desigualdades e precariedade no trabalho, mostrando que o progresso tecnológico não leva automaticamente à melhoria nas condições laborais.

Essa precarização se manifesta na proliferação de formas de trabalho flexível que, embora proporcionem maior autonomia aos trabalhadores, frequentemente comprometem sua segurança jurídica e social. Ao mesmo tempo, há uma escassez crítica de mão de obra qualificada afetando diversas indústrias brasileiras, especialmente nas áreas produtivas técnicas e operacionais. Isso cria um cenário em que as empresas lutam para encontrar profissionais qualificados enquanto trabalhadores tradicionais veem suas habilidades se tornarem obsoletas.

Para enfrentar esse desafio, muitas empresas brasileiras estão implementando programas internos de capacitação, reconhecendo que requalificar os funcionários já contratados é uma estratégia mais viável do que buscar novos profissionais prontos no mercado. Essa abordagem reflete uma compreensão crescente sobre a necessidade de um novo perfil profissional na indústria, onde máquinas inteligentes realizam tarefas repetitivas e arriscadas, permitindo que os trabalhadores se concentrem em funções relacionadas à inovação, pensamento crítico e resolução de problemas complexos. O surgimento de novas profissões, como engenheiro de cibersegurança e especialista em robótica móvel, ilustra essa transformação qualitativa no mercado laboral.

A visão dos trabalhadores brasileiros sobre inteligência artificial revela um otimismo cauteloso em contraste com experiências internacionais. Uma pesquisa realizada pelo *Automatic Data Processing Research* (Pesquisa de Processamento Automático de Dados) indica que os brasileiros são os mais otimistas na América Latina quanto ao impacto da inteligência artificial no local de trabalho; muitos acreditam que essa tecnologia terá efeitos positivos em suas responsabilidades diárias. No entanto, esse otimismo vem acompanhado por preocupações sobre substituições tecnológicas e incertezas acerca das implicações da inteligência artificial para funções específicas. Observa-se uma diferença geracional significativa: trabalhadores mais jovens tendem a ser mais otimistas quanto ao potencial da tecnologia, embora também sintam mais pressão devido às mudanças.

O desafio educacional surge como elemento central para o êxito da transformação digital brasileira. Instituições como o Instituto de Tecnologia e Liderança Industrial reconhecem que o Brasil está diante de uma encruzilhada histórica; precisa transformar seu modelo educacional ou continuará perpetuando desigualdades enquanto desperdiça talentos. A aceleração tecnológica, juntamente com o surgimento contínuo de novas profissões, exige respostas ágeis e profundas na formação dos jovens para prepará-los a liderar transformações em suas comunidades e setores. A inteligência artificial está modificando o mundo do trabalho com um impacto comparável ao da máquina a vapor durante a Revolução Industrial; tem potencial para redefinir completamente a economia brasileira.

O reconhecimento oficial por parte do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) dos cursos de Engenharia de Robôs representa um avanço significativo para a educação tecnológica no país. Isso garante segurança jurídica essencial para os profissionais formados nessa área e permite às empresas reconhecer formalmente suas qualificações. Este curso abrange elementos multidisciplinares envolvendo engenharia mecânica, automação elétrica e ciência da computação para formar especialistas aptos aos desafios industriais atuais críticos numa era em que automação industrial, robótica colaborativa e integração sistêmica são fundamentais para o progresso tecnológico.

As desigualdades digitais emergem como barreiras estruturais à inclusão social na era digital. Dados da pesquisa de Tecnologia da Informação e Comunicação nos Domicílios (TIC Domicílios) indicam uma queda no acesso à internet em São Paulo, ligada diretamente à dificuldade financeira das classes menos favorecidas em arcar com os custos associados à conexão, também refletindo em barreiras educacionais existentes. Além disso, observou-se uma diminuição no acesso individual à internet entre indivíduos com menor escolaridade, o que acentua ainda mais as disparidades digitais existentes.

Esse quadro estrutural persistente sugere que os benefícios trazidos pela revolução tecnológica podem não estar sendo distribuídos equitativamente entre os cidadãos brasileiros. A necessidade urgente por políticas públicas voltadas à garantia do acesso igualitário às tecnologias da informação e comunicação torna-se evidente. Essas medidas devem incluir formação tanto básica quanto avançada em habilidades digitais, visando ampliar a inclusão digital nas áreas marcadas por desigualdade social e econômica.

A questão do envelhecimento demográfico adiciona outra camada complexa aos desafios enfrentados durante esta transformação digital. O Brasil passa por um envelhecimento acelerado cuja consequência será uma alteração profunda na estrutura etária ao longo prazo; tal

fenômeno altera as relações intergeracionais quantitativas futuras. A crescente incorporação tecnológica nas atividades cotidianas evidencia desigualdades históricas existentes: idosos estão entre os grupos mais vulneráveis nesse novo ecossistema digital. Segundo Magalhães e Vendramin:

Para a economia brasileira, os desafios da sustentabilidade e da quarta Revolução Industrial representam importantes fontes de riscos e de oportunidades. O país possui políticas públicas associadas a questões socioambientais, como, por exemplo, a Política Nacional de Mudança do Clima e as metas de redução de gases do efeito estufa, assumidas no âmbito do Acordo de Paris. Além disso, sua relação entre economia e meio ambiente é fundamental: o agronegócio é responsável por 40% do faturamento das exportações. O Brasil também conta com a maior extensão de florestas tropicais e a segunda maior cobertura florestal do mundo. Por outro lado, questões estruturais têm dificultado o crescimento da produtividade e levado ao declínio da capacidade industrial no país (Magalhães; Vendramin, 2018, p. 2).

Além dos obstáculos conhecidos relacionados à exclusão digital eles agora enfrentam sistemas automatizados opacos regidos por lógicas algorítmicas difíceis de decifrar sem mediações adequadas. O uso crescente de assistentes virtuais, *chatbots*, sistemas recomendativos e plataformas digitais baseadas em inteligência artificial apresenta novos desafios para essa população idosa. Esses sistemas utilizam linguagem padronizada com pouca adaptabilidade, resultando frequentemente na exclusão dos idosos.

Essa situação gera frustração quando eles são confrontados com máquinas “que não escutam”, “falam difícil” ou “não respondem ao solicitado”. Portanto, alfabetizar digitalmente esta faixa etária deve ser encarado não apenas como luxo, mas como primordial política pública, requerendo investimento focado, inclusivo, comunitário, envolvendo familiares, cuidadores, redes locais mediadoras.

As políticas públicas brasileiras voltadas à transformação digital refletem esforços coordenados visando modernização estatal juntamente com crescimento econômico. A criação do Regime Especial Tributário constitui iniciativa estratégica buscando impulsionar áreas industriais como computação em nuvem, inteligência artificial, fábricas inteligentes e Internet das Coisas. Este programa liga incentivos fiscais a contrapartidas financeiras direcionadas à pesquisa e desenvolvimento, promovendo adensamento das cadeias produtivas digitais no Brasil, estabelecendo percentuais mínimos para destinação de serviços ao mercado interno, estimulando a desconcentração regional e reduzindo contrapartidas para investimentos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

A regulamentação das grandes empresas tecnológicas tornou-se prioridade governamental através do Projeto de Lei referente à regulação econômica concorrencial das

grandes empresas de tecnologia, buscando prevenir práticas prejudiciais à livre concorrência e garantindo maior transparência, equilíbrio, liberdade de escolha, além de preços acessíveis para consumidores e empresas. Esse projeto reconhece as alterações provocadas pelas plataformas sistemicamente relevantes na natureza econômica e nas estratégias competitivas dos mercados, exigindo novos instrumentos pró-competitividade focados especificamente nesse setor.

A soberania digital ganha relevância estratégica dentro do contexto brasileiro. A análise destaca que a independência nacional das infraestruturas, serviços e plataformas é puramente formal, pois algoritmos, dados e servidores permanecem fora do alcance nacional. Dessa forma, a construção de fundamentos concretos, infraestrutura autônoma e serviços nacionais críticos, dados sob jurisdição brasileira, autonomia algorítmica e capacidade regulatória assertiva são indispensáveis.

A transformação cultural representa dimensão fundamental muitas vezes subestimada na implementação da Quarta Revolução Industrial. A verdadeira revolução da inteligência artificial caracteriza-se culturalmente; a ameaça reside não tanto nas questões técnicas, mas sim na capacidade organizacional e social de absorver mudanças. Muitas organizações presas a crenças rígidas, estruturas engessadas e pactos silenciosos tendem a sabotar inovações tecnológicas. Sem promover transformações culturais efetivas, a inteligência artificial reduz-se a mera digitalização velha, aplicando ferramentas modernas com lógicas incapazes de gerar impacto real desejado.

A resistência cultural manifesta-se em várias empresas através do temor pela substituição de empregos, tornando pessoas dispensáveis e gerando resistência trabalhadora, este fenômeno demanda abordagem cuidadosa, considerando aspectos emocionais envolvidos nesta transição tecnológica; trata-se de mudança operacional concomitantemente emocional, impactando profundamente relacionamentos laborais e identidades profissionais.

A dimensão gênero dentro da transformação digital apresenta sinais encorajadores. O protagonismo feminino reinventando o setor tecnológico levanta crescimento significativo da força feminina em Tecnologia da Informação, apesar dos desafios persistirem. Mulheres também predominam no empreendedorismo no Brasil, demonstrando liderança e inovação no contexto da economia digital atual.

Críticas direcionadas à informatização compulsória revelam tensões sociais cruciais acerca dos rumos desta evolução tecnológica. Pesquisas questionam se a informatização da vida realmente atende aos interesses da maioria dos brasileiros ou apenas representa nova forma de opressão virtual. A quase total extinção dos agentes estatais presenciais privou milhões da

possibilidade de registrar reclamações frente à ineficiência estatal, dificultando rotinas complexas de acesso às instâncias de poder, especialmente para analfabetos e pessoas com baixo nível de instrução. Resta assim indagar se essa vertente realmente democratiza serviços públicos ou cria novas barreiras de exclusão.

O monitoramento e a avaliação das políticas públicas industriais emergem como elementos cruciais para assegurar resultados sustentáveis e inclusivos. Transformadores nacionais defendem que monitoramento e avaliações periódicas constituem passos essenciais para mudança dos paradigmas atuais, garantindo continuidade, eficácia além dos ciclos governamentais, evitando descontinuidades, perdas de investimentos e interrupções em projetos promissores.

Em síntese, os impactos sociais e econômicos da Quarta Revolução Industrial no Brasil revelam panorama complexo, com oportunidades e desafios demandantes de abordagens integrativas e estratégicas. A transformação tecnológica não é neutra, podendo amplificar desigualdades existentes ou contribuir para sua redução, dependendo das escolhas políticas e estratégias de implementação adotadas. O sucesso desta revolução fundamenta-se principalmente na capacidade de construir pontes que unam progresso tecnológico e inclusão social, assegurando que os benefícios da inovação sejam distribuídos equitativamente, sem deixar segmentos populacionais marginalizados no processo modernizador. Construir sociedade inclusiva exige investimentos simultâneos em infraestrutura tecnológica, educação, adaptações em políticas públicas e transformações culturais, reconhecendo a dignidade humana como valor central desse movimento revolucionário atual.

DESAFIOS ÉTICOS

O advento da Quarta Revolução Industrial pode representar uma nova era de mudança sistêmica em larga escala, inaugurando a integração de tecnologias físicas, digitais e biológicas. Essa fusão, impulsionada por inteligência artificial, robótica, biotecnologia e a internet das coisas, está levando à transformação dos sistemas de produção e das relações sociais em escala global. Não é apenas um avanço em engenharia, mas sim uma inovação civilizacional que subverte as morais tradicionais através do questionamento sobre a condição do ser humano frente a máquinas inteligentes e sistemas autônomos (Schwab, 2016). Nesse contexto, se faz importante destacar o entendimento de Magalhães e Vendramini:

Dentro da evolução, surgem com a IA os algoritmos de aprendizagem. Quando se trata deste modelo, a definição e programação pode ter sido feita pelos próprios algoritmos.

O aprendizado da máquina é definido como a capacidade de definir ou modificar regras de tomada de decisão de forma autônoma. As capacidades de aprendizado conferem aos algoritmos algum grau de autonomia. O impacto dessa autonomia deve permanecer incerto, mas até certo ponto. Como resultado, as tarefas executadas pelo aprendizado de máquina são difíceis de prever antecipadamente (como uma nova entrada será tratada) ou explicadas posteriormente (como uma determinada decisão foi tomada). A incerteza pode, assim, inibir a identificação e a correção de desafios éticos no projeto e operação de algoritmos de aprendizagem, que são capazes de tomar decisões. Então a questão fundamental que surge é: essa tomada de decisão algorítmica, por ser autônoma, é fundada em quais valores éticos? (Magalhães; Vendramin, 2018, p. 4).

O ritmo e a escala das mudanças tecnológicas superam a capacidade das instituições de estabelecer normas éticas responsáveis e proteções. Como observado por Magalhães e Vendramini (2018), os avanços da Quarta Revolução Industrial irão mudar o tamanho, o volume e a escala das empresas, aumentando a demanda por sustentabilidade e alterando completamente os fatores de competitividade no século XXI. A ética tem um papel estratégico nessa perspectiva para evitar abusos e orientar o uso responsável das novas tecnologias.

Além do aspecto econômico, a Quarta Revolução Industrial levanta preocupações morais, como privacidade, autonomia, vigilância e equilíbrios sociais. A proliferação de algoritmos, a absorção de vastas quantidades de dados e a automação aplicada às decisões humanas criaram paradoxos morais que os antigos códigos éticos não conseguem justificar: precisamos de uma nova ética que respeite tanto a inovação quanto a justiça social. Assim, a regulamentação dessas tecnologias deve ser liderada por valores, incluindo, por exemplo, transparência, responsabilização e respeito pela dignidade humana.

TENDÊNCIAS FUTURAS

A Quarta Revolução Industrial tem causado grandes transformações nos processos de produção no Brasil, desencadeadas pela convergência de tecnologias como a Internet das Coisas, inteligência artificial, Big Data e Robótica. Essas novas tecnologias estão determinando a evolução da indústria nacional e implicam ajustes rápidos e adequados para serem competitivas em um contexto mundial.

Uma das principais tendências são as fábricas inteligentes, que são sistemas ciberfísicos que monitoram e controlam processos físicos em tempo real. Esse método torna as operações do usuário final mais organizadas e eficazes, com operações suaves produções e também economiza custos menos força de trabalho. Essas tecnologias têm sido fortemente promovidas de várias formas por países como a Alemanha e os EUA, com financiamento governamental e esquemas de incentivos promovendo parcerias entre atores públicos e privados para implantação da Indústria 4.0. Mas o Brasil está em um estágio inicial de compreensão da Quarta

Revolução Industrial e suas implicações, sendo, portanto, crucial ajustar-se rapidamente a esse novo contexto para manter a competitividade internacional. Segundo Magalhães e Vendramini:

As tecnologias digitais são pouco difundidas na indústria brasileira. Pesquisa com empresários do setor realizada pela consultoria PricewaterhouseCoopers (PwC) mostra que, no Brasil, apenas 9% deles acreditam ter nível avançado de digitalização, enquanto no México e na China esse percentual é de 40%. Segundo levantamento da Confederação Nacional da Indústria (CNI), no Brasil, buscam-se melhorias incrementais e aumentos de eficiência e de produtividade. Raramente se aproveita o potencial das tecnologias para promover mudanças disruptivas, como desenvolver novos produtos ou novos modelos de negócios. Falta conhecimento sobre quais tecnologias são as mais adequadas para cada empresa. Os altos custos de implantação e a baixa qualificação da mão de obra são outros fatores limitantes (Magalhães; Vendramin, 2018, p. 3).

Além disso, a transformação digital pede políticas públicas em torno da inclusividade digital e formação da força de trabalho. A introdução da transferência de tecnologia moderna de tecnologias avançadas só pode atingir os resultados desejados se houver continuidade nos programas de supervisão e treinamento, para garantir que os destinatários tenham as habilidades para operar e manter esses sistemas. Governo, indústria e instituições acadêmicas precisam trabalhar juntos para criar o ambiente para a inovação e o crescimento sustentável. Destaca Shwab:

A lição da primeira revolução industrial ainda é válida hoje, a saber: um dos grandes determinantes do progresso consiste na extensão que a inovação tecnológica é adotada pela sociedade. O governo e as instituições públicas, bem como o setor privado, precisam fazer sua parte, mas também é essencial que os cidadãos enxerguem os benefícios de longo prazo (Shwab, 2016, p.15 – tradução livre de Daniel Moreira Miranda).

Outra consideração importante é que quadros regulatórios devem ser estabelecidos para gerenciar áreas como cibersegurança, privacidade e a ética do uso da IA. Precisamos de políticas públicas que incentivem a inovação tecnológica, ao mesmo tempo em que protegem os interesses de indivíduos e empresas, para alcançar um ambiente inovador seguro e confiável. Segundo Shwab:

Ao avaliar o impacto da quarta revolução industrial aos governos, o primeiro que vem à mente é o uso das tecnologias digitais para governar melhor. O uso mais intenso e inovador das tecnologias em rede ajuda as administrações públicas a modernizar suas estruturas e funções para melhorar seu desempenho global, como o fortalecimento dos processos de governança eletrônica para promover maior transparência, responsabilização e compromissos entre o governo e os seus cidadãos. Os governos devem também se adaptar ao fato de que o poder também está passando dos atores estatais para os não estatais e de instituições estabelecidas para redes mais abertas. As

novas tecnologias e os agrupamentos sociais e interações que elas promovem permitem que praticamente qualquer pessoa exerça influência de maneira que teria sido inconcebível há apenas alguns anos (Shwab, 2016, p. 50 – tradução livre de Daniel Moreira Miranda).

Assim, as perspectivas para o futuro da Quarta Revolução Industrial no Brasil refletem um cenário marcado por mudanças profundas que precisam ser abordadas de maneira integrada e colaborativa entre os diferentes segmentos da sociedade. Tecnologias avançadas, com ações sustentáveis e políticas para inclusão digital, serão indispensáveis para que o país aproveite as oportunidades trazidas pela 4IR diante dos novos desafios que surgem nesse sentido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das transformações provocadas pela Quarta Revolução Industrial, torna-se evidente que seus impactos ultrapassam os limites do setor produtivo, alcançando aspectos relacionados à cidadania, ao acesso à informação e à própria organização social. A transformação digital modifica a forma como os indivíduos se comunicam, consomem, trabalham e participam das decisões coletivas, tornando indispensável a construção de mecanismos capazes de assegurar igualdade de oportunidades diante das novas tecnologias. Nesse cenário, a ampliação do acesso à internet de qualidade e a democratização das ferramentas digitais representam fatores essenciais para reduzir desigualdades históricas e promover maior participação social em uma realidade cada vez mais tecnológica.

Outro ponto relevante refere-se à necessidade de fortalecimento das micro e pequenas empresas brasileiras, que possuem significativa participação na economia nacional e na geração de empregos. Muitas dessas organizações ainda enfrentam dificuldades para incorporar tecnologias avançadas em razão de limitações financeiras, estruturais e técnicas. Dessa forma, políticas de incentivo fiscal, linhas de crédito específicas e programas de capacitação empresarial tornam-se instrumentos fundamentais para permitir que esses empreendimentos acompanhem as mudanças impostas pela transformação digital. Sem esse suporte, existe o risco de ampliação da concentração econômica e da exclusão de empresas incapazes de competir em um mercado altamente automatizado e tecnológico.

Também merece destaque a importância da sustentabilidade dentro desse novo modelo industrial. O avanço tecnológico deve estar associado à adoção de práticas responsáveis que conciliem crescimento econômico, preservação ambiental e desenvolvimento social. Tecnologias inteligentes podem contribuir para otimização de recursos naturais, redução de desperdícios e melhoria dos processos produtivos, favorecendo modelos mais sustentáveis de

produção e consumo. Contudo, para que esses benefícios sejam efetivos, é necessário planejamento estratégico e fiscalização adequada, garantindo que o desenvolvimento tecnológico não ocorra de maneira dissociada das responsabilidades ambientais e sociais.

Da mesma forma, o fortalecimento da pesquisa científica e da inovação nacional constitui elemento indispensável para que o Brasil deixe de ocupar posição meramente consumidora de tecnologias estrangeiras e passe a atuar como protagonista na produção de conhecimento. A valorização das universidades, centros de pesquisa e programas de inovação tecnológica possibilita a criação de soluções adaptadas às necessidades da realidade brasileira, contribuindo para maior autonomia econômica e competitividade internacional. Assim, o incentivo à ciência e à tecnologia deve ser compreendido como investimento estratégico para o desenvolvimento do país a longo prazo.

Por fim, a consolidação da Quarta Revolução Industrial no Brasil dependerá da capacidade de articulação entre crescimento econômico, inclusão social e desenvolvimento humano. A modernização tecnológica, por si só, não garante progresso coletivo, sendo necessária a implementação de medidas que assegurem distribuição equilibrada dos benefícios decorrentes dessa transformação. A construção de um ambiente inovador, ético e socialmente responsável permitirá que o país utilize os avanços tecnológicos como instrumentos de redução das desigualdades e promoção de melhores condições de vida para a população brasileira.

REFERÊNCIAS

APPINVENTIV. **AI Trends 2024: The Future of Artificial Intelligence**. Disponível em: <https://appinventiv.com/blog/ai-trends/>. Acesso em: 7 out. 2025.

ATLANTICO. **IA na Fronteira da Indústria 4.0: como modelos avançados estão transformando processos produtivos**. Disponível em: <https://www.atlantico.com.br/blog/ia-na-fronteira-da-industria-4-0-como-modelos-avancados-estao-transformando-processos-produtivos/>. Acesso em: 6 out. 2025.

BARRIXE. **Las 10 tecnologías emergentes y que marcarán el 2025 según el MIT**. Disponível em: <https://barrixe.com/es/tendencias/las-10-tecnologias-emergentes-y-que-marcaran-el-2025-segun-el-mit/>. Acesso em: 6 out. 2025.

BERNARDI, Guilherme. **95% das empresas falham em acelerar receita com IA, revela estudo do MIT**. Publicado em: 19 ago. 2025. Disponível em: <https://exame.com/inteligencia-artificial/95-das-empresas-falham-em-acelerar-receita-com-ia-revela-estudo-do-mit/>. Acesso em: 25 maio 2026.

GLOBE NEWSWIRE. **Biotechnology Market Therapeutic Innovations Forecast Report 2025**. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/10/01/3159413/0/en/Biotechnology-Market-Therapeutic-Innovations-Forecast->

Report-2025-Industry-to-Reach-4-26-Trillion-by-2033-at-13-1-CAGR-Driven-by-Biopharma-Genetic-Engineering-and-R-D.html. Acesso em: 6 out. 2025.

GONÇALVES, D. B. Indústria 4.0 no Brasil: análise da contribuição do Centro de Excelência em Tecnologia 4.0. **Revista Brasileira de Inovação e Gestão**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://www.lajbm.com.br/journal/article/download/806/429/2526>. Acesso em: 6 out. 2025.

GRAND VIEW RESEARCH. **Biotechnology market size to reach US\$ 3.88 trillion by 2030**. 2023. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-biotechnology-market>. Acesso em: 10 maio 2026.

MACHADO, Fábio Siqueira; ROCHA, Claudio Jannotti da Rocha. A quarta revolução industrial e o dumping social: implicações jurídicas no âmbito brasileiro. **Revista Meritum**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 51-68, 2021. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/meritum/article/view/8536>. Acesso em: 3 out. 2025.

MAGALHÃES, Regina; VENDRAMINI, Annelise. Os impactos da quarta revolução industrial. **Revista de Administração da FGV EAESP**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2018. Disponível em: https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/annelisegv_v17n1_ar3.pdf. Acesso em: 6 out. 2025.

MOBIDEV. **IoT Technology Trends 2024: What's Next for Connected Devices**. Disponível em: <https://mobidev.biz/blog/iot-technology-trends>. Acesso em: 6 out. 2025.

NETGURU. **Life Sciences Industry Trends 2024**. Disponível em: <https://www.netguru.com/blog/life-sciences-industry>. Acesso em: 6 out. 2025.

PARALLAX AUTOMAÇÃO. **Como a Indústria 4.0 está mudando o setor industrial**. Disponível em: <https://www.parallaxautomacao.com.br/como-a-industria-4-0-esta-mudando-o-setor-industrial/>. Acesso em: 6 out. 2025.

PATENT PC. **Quantum Computing in Drug Discovery: Market Expansion and Adoption Trends**. Disponível em: <https://patentpc.com/blog/quantum-computing-in-drug-discovery-market-expansion-and-adoption-trends>. Acesso em: 4 out. 2025.

A quarta revolução industrial e o alumínio. **Revista Alumínio**, 2019. Disponível em: <https://revistaaluminio.com.br/a-quarta-revolucao-industrial-e-o-aluminio/>. Acesso em: 3 out. 2025.

ROSSETTI, Regina; ANGELUCI, Alan. Ética algorítmica: questões e desafios éticos do avanço tecnológico da sociedade da informação. **Galáxia**, São Paulo, n. 46, p. 1-18, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-2553202150301>. Acesso em: 6 out. 2025.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEBASTIÃO, Nicolau Alves. **Impacto da quarta revolução industrial no ambiente industrial, nos negócios e na sociedade moderna**. Rio de Janeiro: Escola Superior de

Guerra, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/928/1/Nicolau%20Alves%20Sebasti%C3%A3o%20-%20VF.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

SUPERTRENDS. How Quantum Computing Could Reshape Drug Discovery. Disponível em: <https://www.supertrends.com/home/how-quantum-computing-could-reshape-drug-discovery>. Acesso em: 5 out. 2025.

VERIZON. Verizon leads future wireless development with new industry 6G forum.

Disponível em: <https://www.verizon.com/about/news/verizon-leads-future-wireless-development-new-industry-6g-forum>. Acesso em: 5 out. 2025.