

GESTÃO EMPRESARIAL NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: ESTRATÉGIAS PARA COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE**BUSINESS MANAGEMENT IN THE INDUSTRY 4.0 ERA: STRATEGIES FOR COMPETITIVENESS AND SUSTAINABILITY****GESTIÓN EMPRESARIAL EN LA ERA DE LA INDUSTRIA 4.0: ESTRATEGIAS PARA LA COMPETITIVIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD**<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n5-056>**Marcus Vinicius David**

Graduando em Administração

Instituição: Universidade de Araraquara (UNIARA)

E-mail: marcusviniciusdavid3@gmail.com

Ricardo Augusto Bonotto Barbosa

Professor Permanente do Programa de Mestrado em Direito e Gestão de Conflitos

Instituição: Universidade de Araraquara (UNIARA)

E-mail: rbonotto@uniara.com.br

RESUMO

A trajetória histórica das revoluções industriais transformou profundamente o mercado de trabalho e os modelos de produção, culminando na atual Indústria 4.0, caracterizada pela integração de tecnologias digitais como inteligência artificial, robótica, big data, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem. Essa nova configuração proporciona ganhos significativos em produtividade, eficiência e competitividade, mas também impõe desafios como altos custos de implementação, necessidade de mão de obra qualificada e maiores barreiras de entrada, sobretudo para pequenas e médias empresas. O estudo se justifica pela relevância do tema para a área de administração, uma vez que a adaptação às novas tecnologias tornou-se um imperativo estratégico para a sobrevivência e o crescimento organizacional. Nesse contexto, o objetivo geral consiste em identificar medidas que favoreçam o bom funcionamento das empresas diante das exigências da Indústria 4.0, com objetivos específicos voltados à análise dos impactos da não adaptação, à compreensão dos benefícios gerenciais e à avaliação de oportunidades e desafios. Metodologicamente, a pesquisa adota uma abordagem qualitativa de caráter exploratório e bibliográfico, apoiando-se em literatura científica, relatórios técnicos e obras clássicas da administração. Dessa forma, pretende-se construir uma base teórica sólida que permita compreender as transformações em curso e oferecer subsídios práticos e teóricos para a gestão empresarial no cenário da Quarta Revolução Industrial.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Inovação. Administração. Competitividade. Pequenas Empresas. Transformação Digital.

ABSTRACT

The historical trajectory of industrial revolutions has profoundly transformed the labor market and production models, culminating in the current Industry 4.0, characterized by the integration of digital

technologies such as artificial intelligence, robotics, big data, the Internet of Things (IoT), and cloud computing. This new configuration provides significant gains in productivity, efficiency, and competitiveness, but also imposes challenges such as high implementation costs, the need for skilled labor, and greater barriers to entry, especially for small and medium-sized enterprises. This study is justified by the relevance of the topic to the field of management, since adaptation to new technologies has become a strategic imperative for organizational survival and growth. In this context, the general objective is to identify measures that favor the smooth functioning of companies in the face of the demands of Industry 4.0, with specific objectives focused on analyzing the impacts of non-adaptation, understanding the managerial benefits, and evaluating opportunities and challenges. Methodologically, the research adopts a qualitative approach of an exploratory and bibliographic nature, drawing on scientific literature, technical reports, and classic works on management. In this way, it aims to build a solid theoretical foundation that allows for an understanding of the ongoing transformations and to offer practical and theoretical support for business management in the scenario of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: Industry 4.0. Innovation. Management. Competitiveness. Small Businesses. Digital Transformation.

RESUMEN

La trayectoria histórica de las revoluciones industriales ha transformado profundamente el mercado laboral y los modelos de producción, culminando en la actual Industria 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías digitales como la inteligencia artificial, la robótica, el big data, el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en la nube. Esta nueva configuración ofrece importantes ventajas en productividad, eficiencia y competitividad, pero también plantea desafíos como los elevados costes de implementación, la necesidad de una mano de obra cualificada y mayores barreras de entrada, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (pymes). Este estudio se justifica por la relevancia del tema para el ámbito de la administración, ya que la adaptación a las nuevas tecnologías se ha convertido en un imperativo estratégico para la supervivencia y el crecimiento de las organizaciones. En este contexto, el objetivo general es identificar medidas que favorezcan el correcto funcionamiento de las empresas ante las exigencias de la Industria 4.0, con objetivos específicos centrados en analizar los impactos de la no adaptación, comprender los beneficios para la gestión y evaluar las oportunidades y los desafíos. Metodológicamente, la investigación adopta un enfoque cualitativo de carácter exploratorio y bibliográfico, basado en literatura científica, informes técnicos y obras clásicas sobre administración. Así pues, el objetivo es construir una sólida base teórica que permita comprender las transformaciones en curso y ofrezca apoyo práctico y teórico para la gestión empresarial en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial.

Palabras clave: Industria 4.0. Innovación. Gestión. Competitividad. Pequeñas Empresas. Transformación Digital.

1 INTRODUÇÃO

A evolução do mercado de trabalho e da organização produtiva da sociedade ao longo da história está vinculada às transformações tecnológicas que acompanharam as revoluções industriais. A Primeira Revolução Industrial do século XVIII, inaugurou uma nova forma de produção quando então fora introduzido naquele cenário a energia a vapor, que veio a substituir de forma gradual o trabalho artesanal por processos mecanizados. Na Segunda Revolução Industrial se consolidou a eletrificação que veio a possibilitar a produção em massa no modelo fordista-taylorista, que buscava eficiência e da padronização (Silveira et al, 2025). A Terceira Revolução, ou Revolução Digital, promoveu a convergência entre tecnologias de informação, microeletrônica e telecomunicações, dando condições para a reconfiguração das cadeias produtivas em escala global (Pereira et al, 2025).

A Quarta Revolução Industrial, denominada Indústria 4.0 e a principal que será abordada neste trabalho, marca a integração sistêmica de tecnologias como inteligência artificial, robótica avançada, big data, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem, que transformou radicalmente os modelos de negócio e a própria lógica de competitividade entre as organizações (Ochoa; Pinto, 2017).

Este estudo se justifica pela necessidade de se compreender os efeitos das transformações tecnológicas sob a ótica da Indústria 4.0. Na área da administração o impactado por essa revolução foi grandiosa, dado que as organizações necessitam não apenas de adaptações operacionais, mas também de novos modelos estratégicos que assegurem flexibilidade e resiliência em ambientes de alta complexidade (KUZMA; et al. 2017).

A relevância do tema decorre de sua contribuição teórica e para a prática gerencial, fornecendo informações às empresas e estudantes que atuam ou vão atuar no campo administrativo e consequentemente enfrentam ou enfrentarão as exigências de um mercado em constante transformação (ARAUJO et al., 2020).

Objetiva-se com o presente trabalho identificar medidas que contribuam para o bom funcionamento das empresas diante das exigências da Indústria 4.0, a fim de promover profundas reflexões que articulem teoria administrativa e prática empresarial.

A metodologia a ser utilizada será a qualitativa de caráter exploratório e descritivo, fundamentada em pesquisa bibliográfica. Foram analisados artigos científicos, relatórios técnicos e publicações institucionais que tratam da Indústria 4.0, inovação e gestão estratégica.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para atingir os objetivos estabelecidos a metodologia a ser utilizada será a de revisão bibliográfica qualitativa de caráter exploratório e descritivo. Foram analisados artigos científicos, relatórios técnicos e publicações institucionais que tratam da Indústria 4.0, inovação e gestão

estratégica, nas quais foram selecionados através do Google Acadêmico, cada um com não mais de dez anos de publicação.

A análise dos dados seguiu uma abordagem analítico-interpretativa, que consiste em organizar, categorizar e interpretar o material bibliográfico, buscando estabelecer relações entre as diferentes contribuições teóricas (Hernández, 2024). Dessa forma, será possível compreender de que maneira os conceitos da Indústria 4.0 se articulam com os desafios e oportunidades para as empresas, especialmente no que se refere à administração e à competitividade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA 4.0

A Primeira Revolução Industrial sucedeu entre a segunda porção do século XVIII até a metade do século XIX, e se caracterizou pela inserção da máquina a vapor, que utilizou a água e o vapor para mecanizar a fabricação, que antes era essencialmente artesanal.

A Segunda Revolução Industrial, que ocorreu entre meados do século XIX até a primeira metade do século XX, caracterizou-se pelo surgimento da energia elétrica, facilitando as linhas de manufatura e a produção em grande escala.

A Terceira Revolução Industrial, que se desenvolveu na segunda metade do século XX, tem como traço marcante a implementação de componentes eletrônicos e tecnologia que possibilitaram a automação dos processos produtivos (Nazaré, 2018).

A Quarta Revolução Industrial, também denominada de Indústria 4.0, com fábricas inteligentes ou manufatura avançada, iniciou na primeira década do século XXI e se distingue pela digitalização da produção, que viabilizou a personalização da produção em massa, caracterizada pela internet ubíqua e móvel, sensores menores e mais potentes, e a inteligência artificial, com transformações profundas na forma de produzir e consumir, desencadeando o desenvolvimento de novos modelos de negócios (Nazaré, 2018).

Schwab (2016), uma das referências globais no tema para a Quarta Revolução Industrial, salienta que, no futuro, o talento das forças laborais se destacará ao capital, representando elemento crucial de produção. Davenport e Prusak (1998) mencionaram que a real vantagem competitiva está na capacidade e na rapidez do aprendizado dos indivíduos nas organizações, portanto, a administração do capital intelectual torna-se imprescindível.

3.2 INDÚSTRIA 4.0 E SEUS PADRÕES

De acordo com Hermann *et al.* (2015, pg. 11), a definição da Indústria 4.0 é:

A Indústria 4.0 é um termo coletivo para tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor. Nas fábricas inteligentes, estruturadas modularmente, da Indústria 4.0, os sistemas CPS monitoram os processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Através das tecnologias de *IoT*, os sistemas CPS se comunicam e cooperam entre si e com os seres humanos em tempo real. Por meio da *IoS*, serviços internos e intraorganizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor.

O termo “Indústria 4.0” surgiu para descrever uma estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão e gradualmente adotada por diversas organizações (Arbix et al., 2017). Conforme esses autores, a expressão foi utilizada pela primeira vez na Feira de Hannover, em 2011. No entanto, segundo Arbix et al. (2017), antes desse marco já existiam movimentos semelhantes, como o “*Advanced Manufacturing Partnership*” (AMP), iniciativa do governo dos Estados Unidos que tinha como objetivo garantir a liderança do país na próxima geração de tecnologias de produção. Posteriormente, também surgiram iniciativas em outros países, como o projeto de revisão estratégica do governo francês denominado “*La Nouvelle France Industrielle*”, que abrange 34 setores fundamentais da indústria.

Em outubro de 2012, foi elaborado um relatório de recomendações ao governo federal alemão para planejar a implementação da Indústria 4.0. Já em abril de 2013, durante a mesma Feira de Hannover, foi apresentado o documento final sobre o desenvolvimento dessa proposta (Gonçalves, 2016).

Em síntese, o termo refere-se à quarta revolução industrial, relacionada ao avanço dos sistemas de fabricação computadorizados. A sua aplicabilidade é especialmente observada em países europeus, com destaque para o setor de manufatura alemão (Alves, 2018).

Para Andrade et al. (2018), a Indústria 4.0 é uma realidade viabilizada pelo uso de inovações tecnológicas como os sistemas ciberfísicos, a internet das coisas (IoT) e a internet dos serviços, tecnologias que promovem profundas transformações nos processos produtivos e organizacionais.

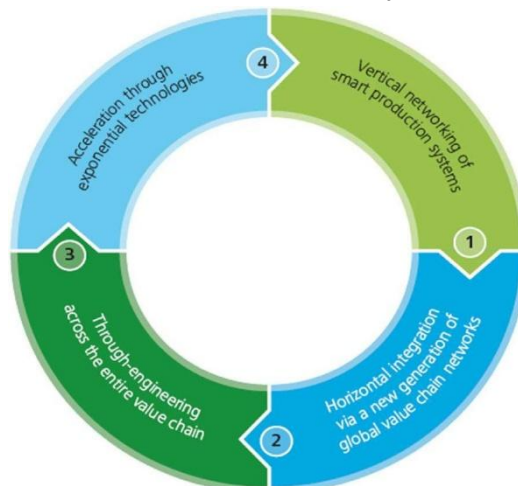
O autor destaca que a diversidade de dispositivos conectados à internet — como smartphones, tablets, smart TVs, smartwatches e eletrodomésticos inteligentes — tem provocado profundas transformações não apenas na forma de estudar e trabalhar, mas também nos hábitos de consumo e no modo de aproveitar o lazer. Essas mudanças caracterizam uma invasão irreversível do mundo virtual sobre o real, afetando diretamente o estilo de vida do ser humano.

Segundo Araújo et al. (2018), as principais características da **Indústria 4.0** podem ser compreendidas a partir de quatro dimensões centrais:

- (i) **integração vertical**, abrange toda a cadeia de valor e os sistemas de produção inteligentes;
- (ii) **integração horizontal**, baseada em uma nova geração de redes de cadeias de valor;

- (iii) engenharia completa ao longo de todo o ciclo de vida do produto; e
- (iv) aceleração dos processos por meio de tecnologias inteligentes.

Figura 1 - características da Indústria 4.0



Fonte: Deloitte (2015)

De acordo com Araújo et al. (2018), a integração vertical em toda a cadeia de valor e sistema de produção inteligente diz respeito à digitalização da planta fabril, de maneira inteligente, por meio do sistema físico e digital de produção, possibilitando a presença de um mecanismo produtivo dinâmico, capaz de atender alterações de demanda ou nível de estoque de modo ágil.

Para o autor, a integração horizontal de nova geração em todas as redes de cadeias de valor refere-se à incorporação da digitalização e da inteligência na organização, ao longo de toda a cadeia de valor do ciclo de vida do produto, permitindo que redes otimizadas proporcionem transparência integrada e ofertando elevado grau de flexibilidade, criando, ainda, um sistema dinâmico de manufatura na cadeia de processos.

Por meio da engenharia em todo o ciclo de vida do produto, Araújo et al. (2018) declaram que esta diz respeito à integração e à digitalização inteligente ao longo do ciclo de vida do produto, desde a aquisição de matéria-prima até o término da vida útil do produto. As informações estariam acessíveis em todas as etapas do ciclo de vida do produto e auxiliariam a criação de processos produtivos mais maleáveis.

Delanhese (2023) acrescenta mencionando que os produtos também poderão conter sensores que registrarão dados sobre o consumidor, os quais serão encaminhados às companhias. E seria isto uma das particularidades que a Indústria 4.0 propõe, porém em escala muito mais ampla, abrangendo diversos segmentos da economia e formas de interação, tanto B2B (Business To Business), quanto B2C (*Business To Consumer*).

Germano et al. (2021) conclui apontando que o efeito da tecnologia inteligente nos sistemas industriais de produção é extremamente elevado, uma vez que ela pode acelerar todo o processo produtivo, aprimorando o tempo de fabricação e reduzindo o custo de produção, mediante a introdução da automação no sistema de produção, por meio do emprego de robótica avançada, inteligência artificial, tecnologias sensoriais, entre outras.

Germano et al. (2021), a Indústria 4.0 deverá, num primeiro instante e de maneira geral, utilizar máquinas e tecnologias já existentes nas empresas. Desta forma, um de seus desafios iniciais é identificar como os padrões já existentes serão incorporados ao novo conceito. Para solucionar a questão da padronização, foi criado um Modelo de Arquitetura de Referência para a Indústria 4.0 (*Reference Architecture Model for Industry 4.0 – RAMI4.0*).

3.3 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

3.3.1 Inteligência artificial

Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (2018), a Inteligência Artificial (IA) é um segmento da computação que busca simular a capacidade humana de raciocinar, tomar decisões, resolver problemas, dotando softwares e robôs de uma capacidade de automatizarem vários processos. Hoje em dia, já são várias as aplicações da inteligência artificial que contribuem para o avanço tecnológico da área da Ciência da Computação, como, por exemplo, os aplicativos de segurança para sistemas informacionais, robótica, dispositivos para reconhecimento de voz, reconhecimento de imagem, programas de diagnósticos médicos, entre outros (Ferigatto; Bonilla, 2018). Porém, alguns problemas são gerados com a evolução da inteligência artificial, sendo que os principais são éticos e sociais. Um exemplo desse lado negativo da IA será a substituição da mão de obra humana por máquinas, que ocasionará desemprego aos que não acompanharem o progresso dessa tecnologia. Outro fato seria a criação de robôs para fazer o mal, os quais poderiam ocasionar guerras (Ferigatto; Bonilla, 2018).

3.3.2 Internet das Coisas (IoT) e comunicação Máquina a Máquina (M2M)

A implementação da Internet das Coisas (IoT) e da comunicação *Machine-to-Machine* (M2M) nas indústrias pode ocasionar impactos relevantes no uso consciente de energia, contribuindo diretamente para a sustentabilidade ambiental. Segundo Inácio et al (2020), a Internet das Coisas (IoT) é um conceito tecnológico, derivado de fundamentos de informação e tecnologia. Esses sistemas possibilitam a identificação de picos de produção, a detecção de células produtivas inativas em determinados momentos e a adoção de soluções de gestão energética mais eficazes, como o controle automatizado da iluminação em grandes plantas industriais. Tais ações não só geram considerável

economia financeira, como também promovem uma diminuição relevante na pegada ambiental das operações industriais.

Empresas de pequeno porte também podem se aproveitar deste tipo de tecnologia, conforme apresentado por Inácio et al (2020), mostrando que a monitoração de ambientes, analisando a quantidade de clientes, sua posição relativa aos produtos e o tempo gasto na loja, pode fornecer dados valiosos sobre o comportamento do consumidor que, aliado a estratégias de análise em Big Data, possibilita trabalhar com grande volume de dados, estruturados e não estruturados, fornecendo um panorama detalhado sobre a dinâmica do estabelecimento.

A IoT possibilita ainda a integração de diferentes setores e sistemas internos de uma organização, promovendo ganhos expressivos de eficiência. Isso se aplica, por exemplo, à gestão de frotas, ao uso de fontes de energia renovável - como eólica e solar - e à redistribuição inteligente da energia conforme a demanda produtiva, seja em períodos de ociosidade ou sobrecarga. A IoT caracteriza-se pela presença constante de sensores e dispositivos inteligentes, capazes de coletar, processar e compartilhar dados em tempo real (Inácio et al. 2020).

De forma geral, a IoT apoia-se em três pilares tecnológicos principais: computação orientada por sensores, análise industrial e aplicação de máquinas com elevada capacidade de decisão (Inácio et al. 2020).. Na prática, essas tecnologias permitem o monitoramento contínuo da eficiência energética dos equipamentos, o controle do consumo de recursos naturais, como água, o acompanhamento do ciclo de vida útil das máquinas e a automação dos processos de manutenção. Além disso, conseguem emitir alertas diante de irregularidades operacionais, aumentando a confiabilidade e segurança nos processos industriais. Mais do que dispositivos, formam um ecossistema inteligente que aprende e se adapta ao ambiente.

3.3.3 Big Data Analytics

O conceito de Big Data Analytics, refere-se à capacidade de coletar, processar e examinar grande quantidade de dados com o objetivo de gerar insights relevantes para a tomada de decisão organizacional. Essa tecnologia possibilita identificar falhas operacionais, detectar oportunidades de economia de energia e, consequentemente, otimizar os processos produtivos.

Embora já amplamente difundido no meio acadêmico e implementado por diversas empresas de múltiplos setores, o principal desafio no contexto do Big Data continua sendo a conversão de grandes volumes de dados brutos em informações estruturadas e úteis, capazes de gerar conhecimento e vantagem competitiva para as organizações. A literatura especializada aponta algumas características essenciais que definem o Big Data, frequentemente chamadas de “Vs” do conceito. Anshari et al. (2019), destaca cinco dimensões principais:

- **Volume**, relativo à imensa quantidade de dados gerados e processados;
- **Velocidade**, ligada à rapidez com que esses dados são analisados e transformados em informações úteis;
- **Valor**, que indica em que medida os dados extraídos e processados geram benefícios econômicos e estratégicos para a organização;
- **Variedade**, relacionada à integração de dados provenientes de diferentes fontes e formatos; e
- **Veracidade**, que aborda a confiabilidade e precisão das informações obtidas.

Quando empregadas de maneira adequada, essas informações permitem que as indústrias tomem decisões mais eficazes, rápidas e precisas, reduzindo desperdícios e promovendo ganhos operacionais expressivos.

Entre as aplicações práticas do Big Data no ambiente industrial, destacam-se: a previsão de falhas em máquinas e equipamentos por meio de manutenção preditiva; a gestão baseada em indicadores com painéis e gráficos atualizados em tempo real; o gerenciamento de frotas, possibilitando a diminuição de trajetos improdutivos; e a otimização da cadeia de suprimentos, com foco na administração de estoques e vendas.

3.3.4 Computação em nuvem (*Cloud Computing*)

A computação em nuvem configura-se como um sistema paralelo e distribuído composto por uma coleção de computadores interconectados e virtualizados, os quais são dinamicamente provisionados e apresentados como um ou mais recursos computacionais unificados. Esses recursos são disponibilizados conforme acordos de nível de serviço previamente estabelecidos entre fornecedores e consumidores. Tal arquitetura permite que grandes volumes de dados sejam armazenados, processados e acessados remotamente, de maneira escalável e com alta disponibilidade.

Segundo Brotto. (2025), a computação em nuvem consiste em um conjunto de serviços de rede ativados que oferecem escalabilidade, qualidade de serviço, infraestrutura de baixo custo e acesso sob demanda, de forma pervasiva e simplificada. Em um cenário no qual tecnologias como *Big Data Analytics* e Internet das Coisas (IoT) se tornam cada vez mais relevantes, a nuvem torna-se essencial como suporte à gestão integrada e ao armazenamento seguro de dados. Para Costa (2016), sua adoção responde à necessidade crescente por infraestrutura flexível, capaz de atender à variabilidade da demanda do mercado.

Com a adoção dessa tecnologia, empresas e indústrias deixam de depender exclusivamente de supercomputadores locais com alta capacidade de memória, ou de métodos obsoletos como o armazenamento físico de informações em planilhas impressas ou dispositivos de memória portáteis. A

computação em nuvem possibilita o compartilhamento em tempo real de dados entre diferentes unidades produtivas, o que amplia a agilidade dos processos e facilita a tomada de decisão baseada em dados atualizados. A computação em nuvem permite o armazenamento, processamento e acesso de dados e aplicativos pela internet, sem a necessidade de investir em infraestrutura local (Costa, 2016).

Apesar dos inúmeros benefícios, a computação em nuvem apresenta desafios, especialmente no que se refere à segurança da informação. De acordo com Souza e Guerrini (2018), os riscos associados à adoção da nuvem decorrem de eventos que podem causar consequências indesejáveis às organizações, como perda de dados ou falhas de disponibilidade dos sistemas. No entanto, com os avanços contínuos das tecnologias digitais, novas soluções de segurança têm sido desenvolvidas, tornando seu uso cada vez mais confiável.

Um dos principais avanços nesse sentido é a ampla adoção de técnicas de criptografia, que visam garantir a integridade e confidencialidade dos dados. Algoritmos como o *Data Encryption Standard* (DES), *Advanced Encryption Standard* (AES) e *Triple DES* (3-DES) são exemplos de sistemas criptográficos amplamente utilizados para proteger o tráfego e o armazenamento de informações (Souza, l.; Guerrini, 2018).

A virtualização, uma tecnologia fundamental para a computação em nuvem, também oferece benefícios operacionais significativos. De acordo com Siltori (2020), a virtualização pode promover economias substanciais ao permitir a consolidação de múltiplos servidores - como de arquivos, e-mails e páginas web - em uma única máquina virtual. Essa tecnologia também permite a criação de “instantâneos” dos sistemas operacionais, que podem ser armazenados e recuperados em qualquer momento.

3.3.5 Manufatura digital

A manufatura digital, também denominada manufatura virtual, refere-se a um sistema integrado capaz de executar múltiplas funções, como análises de desempenho, simulações operacionais e visualizações tridimensionais, com o objetivo de desenvolver simultaneamente definições tanto de processos de manufatura quanto de produtos. Essa abordagem, segundo Silva et (2020), possibilita uma integração mais eficiente entre projeto e produção, reduzindo significativamente o tempo de ciclo e os custos associados ao desenvolvimento de novos produtos.

De acordo com Silva et (2020), tradicionalmente, a criação e fabricação de produtos sem o apoio de tecnologias digitais, configuram-se como processos onerosos e suscetíveis a falhas em diferentes etapas, o que pode resultar no aumento significativo do custo final do produto. Nesse contexto, a manufatura digital desempenha um papel decisivo ao contribuir para a mitigação de erros, a otimização do uso de recursos e a elevação da qualidade dos produtos.

De acordo com Silva et (2020), a aplicabilidade da manufatura digital pode ser observada em três etapas fundamentais do processo produtivo:

1. Projeto – possibilita a realização de simulações voltadas à otimização dos processos, promovendo maior flexibilidade e aprimoramento na qualidade do produto final;
2. Produção - utiliza os dados gerados na fase de projeto para assegurar que as especificações técnicas sejam rigorosamente seguidas, garantindo consistência e eficiência na execução;
3. Controle - permite a fabricação de protótipos do produto com base nas informações coletadas, contribuindo para a validação de processos e o aprimoramento contínuo.

Embora os custos de implementação dessas ferramentas ainda se mantenham elevados em comparação a outras tecnologias associadas à Indústria 4.0, sua adoção já se encontra amplamente consolidada em setores industriais de alta complexidade, como os segmentos aeroespacial e o automobilístico. Segundo Spezamiglio et al (2016), nas últimas décadas houve um crescimento significativo na aplicação dos conceitos de manufatura digital, impulsionado especialmente pela expansão e pelas exigências técnicas dessas indústrias. A incorporação da manufatura digital, portanto, representa uma evolução tecnológica estratégica, ao viabilizar o desenvolvimento de produtos de forma mais ágil, precisa e personalizada, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de custos, o aumento da sustentabilidade e a melhoria da experiência do cliente.

3.3.6 Machine Learning

Segundo Spezamiglio et al (2016), o aprendizado de máquina (ou Machine Learning) ocorre por meio da categorização e da avaliação de dados, o que permite o reconhecimento de padrões. Os autores destacam que o algoritmo adquire conhecimento por meio destes dados e pode aperfeiçoado com o tempo, demonstrando a natureza evolutiva desses sistemas.

Nessa perspectiva, Spezamiglio et al (2016) ressaltam que o aprendizado de máquina representa uma mudança de paradigma no desenvolvimento de sistemas computacionais, pois se baseia na observação de exemplos, e não na programação por meio de regras explícitas. Em outras palavras, os sistemas são treinados a partir da identificação de padrões em dados históricos, em vez de receberem comandos codificados para cada situação específica.

Segundo Araújo (2015), o aprendizado de máquina é classificado em três categorias:

- Aprendizado supervisionado: construção de modelos matemáticos a partir de dados rotulados, ou seja, com entradas e saídas previamente definidas, o que permite prever comportamentos futuros;

- Aprendizado não supervisionado: utilização de dados não rotulados, exigindo que o algoritmo identifique, de forma autônoma, padrões e agrupamentos (clusters), sem auxílio prévio;
- Aprendizado por reforço: baseado na interação de um agente com o ambiente, no qual as ações tomadas resultam em feedbacks positivos (recompensas) ou negativos (punições), permitindo ao sistema aprender estratégias ótimas para alcançar objetivos específicos.

Quando adequadamente treinados, os sistemas de IA tornam-se aliados estratégicos na gestão empresarial e industrial, ampliando a capacidade de análise, previsão e tomada de decisões. Diante de um ambiente de crescente competitividade e mudanças aceleradas, as organizações são pressionadas a adotar modelos de negócio mais flexíveis e adaptáveis.

Nessa direção, conforme aponta Melo (2020), a IA constitui uma ferramenta essencial para lidar com a imprevisibilidade dos mercados e para impulsionar a inovação. A aplicação da inteligência artificial já se faz presente em diversas áreas corporativas, com soluções desenvolvidas e comercializadas por distintos fornecedores e voltadas a um amplo espectro de funcionalidades.

Entre os benefícios proporcionados destacam-se: i) redução de custos operacionais, ii) melhoria no acesso e na qualidade das informações, iii) aumento da produtividade, iv) aperfeiçoamento dos serviços prestados, v) suporte à tomada de decisões, vi) geração de projeções mais precisas, vii) reestruturação organizacional, viii) descentralização de decisões e, ix) maior adaptabilidade frente às mudanças do ambiente externo.

Os conceitos e fundamentos apresentados servirá, a seguir, para propor uma análise sobre as oportunidades, os impactos e as principais barreiras enfrentadas pelas organizações na implementação dessas tecnologias.

3.4 CASOS DE SUCESSO COM O USO DA INDÚSTRIA 4.0

Existem alguns exemplos de êxito com a aplicação da tecnologia 4.0 no Brasil, um dos casos é apresentado pelos autores Mendes et al. (2017), em que foi conduzida uma investigação em uma empresa do setor automobilístico que utilizou a Indústria 4.0 em seu piso de produção. A implementação dessa tecnologia ocasionou uma redução dos gastos da fábrica e, conseqüentemente, incrementou a competitividade na fabricação de veículos.

As ferramentas aplicadas na produção de veículos são:

- a) TAGS RFID: A fabricação dos veículos é realizada por meio de uma TAG RFID que identifica cada um dos automóveis durante o processo produtivo.
- b) Medição inteligente: os veículos têm suas mensurações efetuadas utilizando tecnologia a laser para conferir se todas as partes do automóvel estão em conformidade com o planejado.

- c) Logística inteligente, com a utilização do Automatic Guide Vehicle ou Guia Automático do Veículo, em que o carro se desloca por um transportador de materiais, tudo supervisionado por um computador embarcado. Outra alternativa seria a utilização de uma guia flexível.
- d) Fábrica Digital: “A Fábrica Digital utiliza programas computacionais interligados que simulam virtualmente os processos produtivos antes de suas implantações” (Mendes et al., 2017). Uma das principais vantagens desta fábrica é que as situações e falhas podem ser simuladas antes de serem levadas à produção efetiva, identificando possíveis equívocos.
- e) Impressão 3D: Emprego da impressão 3D para fabricar peças nas quais os engenheiros irão trabalhar para realizar testes e verificar a adequação da peça.

Para Mendes et al. (2017), as soluções implementadas na empresa automobilística mostraram-se bastante vantajosas e ela conseguiu alcançar resultados significativos com a utilização da Indústria 4.0.

Outro exemplo que merece destaque é o de Veríssimo e Loureiro (2018), que apresenta algumas oportunidades de aplicação da Indústria 4.0 em uma usina de etanol fictícia denominada Ethan LS. Neste estudo, os autores simularam situações em que a Indústria 4.0 poderia ser incorporada. As tecnologias apresentadas nessa simulação incluem as bases de uma fábrica inteligente, Internet das Coisas, Big Data, CPS e Computação em Nuvem, utilizando a tecnologia de rede sem fio RFID para o rastreamento da frota de caminhões da empresa.

Como método de análise, os autores elaboraram uma variação percentual teórica (desconsiderando os custos de implementação das tecnologias) de 15% de incremento na receita e 16% de diminuição de custos ao final de 1 ano após a digitalização dos processos. Dessa maneira, foi possível mensurar os impactos da transformação digital na empresa. Os resultados indicaram uma redução de 17,03% do custo total. Além disso, as receitas cresceram 22,80%, evidenciando o êxito da Indústria 4.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados obtidos nos permite compreender que a Indústria 4.0 não representa apenas uma etapa de evolução tecnológica, mas um novo modelo organizacional que impacta diretamente a gestão empresarial, o comportamento do consumidor e as estratégias de sobrevivência das organizações.

O resultado principal é que as organizações que adotam as práticas atuais de gestão por competências e gestão participativa, tendem a apresentar maior capacidade de adaptação e inovação. Essa concepção se assemelha ao entendimento de Santo et al (2025) no que concerne às estratégias

eficazes, oriundas não apenas do planejamento formal, mas também da interação entre pessoas, experiências e contextos.

Observa-se também que a Indústria 4.0 oferece benefícios significativos, como, por exemplo, o aumento da produtividade, a personalização em larga escala, oferecer maior sustentabilidade e também a redução de falhas nos processos (Kartajaya et al, 2017). Todavia, todos esses benefícios demandam desafios críticos, como, por exemplo, altos custos de implementação, necessidade de qualificação da mão de obra e riscos de segurança cibernética ((Kartajaya et al, 2017)

Compreende-se que a relação entre oportunidades e desafios, reforça a ideia de que a Indústria 4.0 deve ser tratada primordialmente como um processo estratégico e organizacional.

No estudo de OUTORES identifica-se que houve uma mudança estrutural no comportamento do consumidor, uma vez que eles se tornaram mais exigentes, conectados e orientados por valores intangíveis. Os autores identificaram que 61% dos consumidores brasileiros preferem comprar *online*, consolidando o comércio eletrônico como prática cotidiana. Esse resultado reforça a concepção de que as empresas devem desenvolver estratégias digitais significativas, baseadas em inteligência artificial e big data, com o propósito de oferecer experiências personalizadas e fidelizar clientes (Alarcon, 2018).

No entendimento de Araújo et al (2020) a sobrevivência empresarial na era digital depende da capacidade de adaptação contínua. Modelos de transição gradual, foram apontados como caminhos viáveis para empresas de pequeno e médio porte, a fim de permitir a integração de tecnologias sem que se comprometa a sustentabilidade financeira.

No que tange à agilidade organizacional como fator crítico de sucesso, as organizações mais ágeis detectam mudanças no ambiente, permitindo que seus recursos sejam remanejados e assim aprendem de maneira rápida a transformar desafios em oportunidades. Essa visão demonstra como o comércio eletrônico e a gestão são determinantes para a manutenção da competitividade de PMEs em mercados voláteis (Alltech, 2025).

Em síntese, os resultados e discussões permitem apontar três contribuições centrais:

1. **Gestão empresarial:** precisa evoluir de modelos mecanicistas para abordagens participativas, flexíveis e orientadas a competências.
2. **Indústria 4.0:** oferece ganhos significativos, mas impõe custos, riscos e desafios organizacionais que só podem ser superados por meio de planejamento estratégico e transformação cultural.
3. **Mercado e consumidores:** o novo perfil do consumidor exige das empresas presença digital, personalização e alinhamento de valores, tornando a inovação contínua e a agilidade elementos indispensáveis à sobrevivência.

A sobrevivência empresarial depende da capacidade de alinhar estratégia, tecnologia e cultura organizacional, desenvolvendo uma postura resiliente e inovadora diante das constantes transformações do ambiente competitivo.

As empresas que não acompanham as transformações digitais tendem a enfrentar perda de competitividade, maiores barreiras de entrada e dificuldade em atender consumidores digitais (Santos, 2018; Crozeta Junior, 2024).

Para Crozeta Junior (2024) compreender como a integração de novas tecnologias favorece a migração para a Indústria 4.0, demonstrando que o uso de big data, IA, IoT e computação em nuvem possibilita maior precisão, eficiência e flexibilidade, além de ampliar a capacidade de personalização em larga escala, beneficiando diretamente a gestão empresarial.

Nessa mesma linha, Santos (2018) aduz que empresas que adotam tecnologias e modelos de gestão obtêm ganhos em produtividade, sustentabilidade, agilidade organizacional e fidelização de clientes, reforçando a importância da inovação contínua.

Delanhese (2023) afirma que as PMEs enfrentam obstáculos significativos, como custos elevados e carência de profissionais qualificados, mas podem superar tais barreiras por meio de modelos de transição gradual, comércio eletrônico e gestão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a Indústria 4.0 contribui para a sobrevivência e adaptação das organizações diante das exigências desse novo paradigma produtivo e tecnológico. Com essa constatação, se evidencia que a Quarta Revolução Industrial implicou em transformações profundas de ordem estrutural, cultural e estratégica no âmbito empresarial.

Verifica-se que embora o ato de se planejar, organizar, dirigir e controlar são relevantes, elas devem, nos dias de hoje, serem vistas em um contexto de maior complexidade. contemporâneos como gestão participativa, gestão por competências e gestão por resultados se revelam-se fundamentais para garantir maior flexibilidade, inovação e alinhamento estratégico.

A Indústria 4.0 oferece oportunidades significativas na produtividade, eficiência, sustentabilidade e personalização em larga escala, impõe desafios consideráveis, entre os quais se destacam os altos custos de implementação, a necessidade de profissionais qualificados e os riscos associados à cibersegurança. Essa transformação digital é compreendida como um processo estratégico que exige mudanças na cultura organizacional e na forma de gerir recursos humanos e processos.

As transformações no mercado e no comportamento do consumidor também ficaram evidentes neste trabalho, uma vez que estes estão cada vez mais exigentes e conectados, fazendo com que o preço e a qualidade sejam valorizados. Vales destacar também a questão da sustentabilidade, da

responsabilidade social e experiências positivas que as empresas nos dias atuais devem observar para se destacar no mercado.

Conclui-se que a Indústria 4.0 uma revolução de importante na administração contemporânea, de maneira que se exige das empresas não apenas investimentos em tecnologia, mas uma profunda transformação cultural e estratégica. A sobrevivência e o sucesso organizacional dependem da capacidade de alinhar gestão, tecnologia e mercado, promovendo inovação contínua, aprendizado organizacional e flexibilidade diante das mudanças.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, Dafne et al. Os desafios da educação em rede no contexto da indústria 4.0. In: Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–ciki. 2018.
- ALLTECH. Desafios e oportunidades para PMEs na Indústria 4.0. São Paulo, 2025.
- ALVES, Moíra Sousa. Indústria 4.0: o lastro da transformação digital da indústria automobilística nos contextos global e brasileiro. 2018.
- ANDRADE, M. et al. Uma revisão sistemática sobre a interação entre indústria 4.0 e sustentabilidade. XXV Simpósio de engenharia de produção inovação e sustentabilidade na gestão de processos de negócios, 2018.
- ARAUJO, A. et al. Indústria 4.0 e seus impactos nas organizações. Revista de Administração Contemporânea, v. 24, n. 2, p. 321-338, 2020.
- 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.
- COSTA, Paulo Robson Melo. Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão de Literatura. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. 2016.
- CROZETA JUNIOR, M. Estratégias digitais para PMEs no Brasil. Curitiba: UFPR, 2024.
- BROTTO, Osvaldo César et al. Um guia para implementação da abordagem Indústria 4.0 para pequenas empresas do agronegócio. 2025.
- DELANHESE, Bruna Cristina do Nascimento Silva. Indústria 4.0 e sustentabilidade: análise dos impactos e proposta de diretrizes. 2023.
- FERIGATTO, Enio Antonio; BONILLA, Silvia Helena. Indústria 4.0 e sustentabilidade. Indústria 4.0, p. 113, 2018.
- GERMANO, Aline Xavier dos Santos; MELLO, José André Villas Boas; MOTTA, Wladimir Henriques. Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade: uma revisão sistemática. Palavra chave, v. 11, n. 1, p. 142-142, 2021.
- HERNÁNDEZ, Yusdel Díaz. Indústria 4.0: manufatura aditiva e suas contribuições para os processos industriais. Editora Chefe, p. 38, 2024.
- INÁCIO, Danilo et al. A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática. Revista Competitividade e Sustentabilidade-ComSus, v. 7, n. 3, 2020.
- KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. Marketing 4.0: do tradicional ao digital. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.
- KUZMA, Edson Luis; DOLIVEIRA, Sérgio Luis Dias; SILVA, Adriana Queiroz. Competências para a sustentabilidade organizacional: uma revisão sistemática. Cadernos Ebape. Br, v. 15, n. spe, p. 428-444, 2017.

NAZARÉ, Tiago Bittencourt et al. Os desafios da indústria 4.0 no Brasil. Revista Mythos, v. 10, n. 2, p. 129-137, 2018.

OCHOA, Paula; PINTO, Leonor Gaspar. Transformação digital e competências digitais: estratégias de gestão e literacia. Literacia, Media e Cidadania-Livro de Atas do, v. 4, p. 386-398, 2017.

PEREIRA, Jennifer Raquel Santos et al. A maturidade digital na Indústria 4.0: explorando a integração de tecnologias nas dimensões de operações, estratégia corporativa e sustentabilidade na cadeia de suprimentos: uma análise em uma indústria termoplástica no PIM. 2025.

SANTOS, Rafael Alexandre Lima; DOS SANTOS, Richard Ferreira; DE OLIVEIRA MORAIS, Marcos. Desafios da indústria 4.0 em pequenas empresas prestadoras de serviços logísticos. LUMEN ET VIRTUS, v. 16, n. 51, p. e7690-e7690, 2025.

SOUZA, L.; GUERRINI, F. Modelos de transição organizacional para a Indústria 4.0. Revista Gestão & Produção, v. 25, n. 3, p. 512-528, 2018.

SILTORI, PFS. Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial. 2020. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

SILVA, Robson Tavares; DE OLIVEIRA LIMA, Lucas Alves; DA SILVA, Robson Dias. Transformação digital, desenvolvimento e desafios sociais no contexto da indústria 4.0. Revista DCS, v. 22, n. 83, p. e3555-e3555, 2025.

SILVEIRA, Arthur Fernandes et al. Indústria 4.0: Tecnologias, Impactos e Desafios. 2025.

VARBANOVA, Monika et al. Fatores de sucesso para a circularidade da Indústria 4.0 em empresas agroalimentares. RAE-Revista de Administracao de Empresas, v. 65, n. 4, p. e2024-0245, 2025.

SPEZAMIGLIO, Bárbara dos Santos; GALINA, Simone Vasconcelos Ribeiro; CALIA, Rogério Cerávolo. Competitividade, inovação e sustentabilidade: uma inter-relação por meio da sistematização da literatura. REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre), v. 22, n. 2, p. 363-393, 2016.