



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Herik Braga de Oliveira

INDÚSTRIA 4.0 E INTERNET DAS COISAS NA PRODUÇÃO

UBÁ

2023

HERIK BRAGA DE OLIVEIRA

INDÚSTRIA 4.0 E INTERNET DAS COISAS NA PRODUÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Orientador: Me. Carlos Augusto Ramos dos Reis

UBÁ

2023

INDÚSTRIA 4.0 E INTERNET DAS COISAS NA PRODUÇÃO

RESUMO

Ao longo da história humana, diversas revoluções causaram transformações nos âmbitos econômicos, sociais e políticos, conhecidas como revoluções industriais. A Indústria 4.0 representa a mais recente evolução na história das revoluções, o mundo encontra – se em sua quarta revolução, essa etapa envolve a implementação das tecnologias em parques industriais, automatizando processos, elevando a produtividade, evitando despesas, viabilizando a personalização e produção em larga escala, gerando novos modelos de negócios e oportunidades de emprego. Como metodologia foram consultados materiais bibliográficos de predominância acadêmica como livros, periódicos, dissertações de mestrado, artigos, entre outros, com objetivo do estudo em explorar como a Internet das coisas (IoT) pode ser aproveitada para melhorar a eficiência e a competitividade da indústria. A combinação de inteligência artificial (IA) e automação industrial pode melhorar significativamente a produtividade, reduzir custos operacionais, aumentar a segurança nas fábricas e permitir adaptações rápidas às mudanças nas demandas do mercado. No entanto, também levanta questões sobre impactos sociais, como a substituição de empregos por máquinas e a necessidade de requalificação da mão de obra para trabalhar em conjunto com essas tecnologias emergentes, assim, a IoT desempenha um papel central, conectando dispositivos e máquinas para coletar dados em tempo real. Esses dados são cruciais para otimizar processos, monitorar o desempenho das máquinas os desafios se concentram de forma financeira e no ser humano. No financeiro, o alto custo de implementação das tecnologias é um desafio, devido à falta de empresas dedicadas ao desenvolvimento de tecnologias da Indústria 4.0. Com o objetivo de explorar como a internet das coisas (IoT), pode ser aproveitada para melhorar a eficiência e a competitividade da indústria.

Palavras-chave: indústria 4.0. Tecnologia, Internet, Processo.

INDUSTRY 4.0 AND INTERNET OF THINGS IN PRODUCTION

ABSTRACT

Throughout human history, several revolutions have caused transformations in the economic, social and political spheres, known as industrial revolutions. Industry 4.0 represents the most recent evolution in the history of revolutions, the world is in its fourth revolution, this stage involves the implementation of technologies in industrial parks, automating processes, increasing productivity, avoiding expenses, enabling customization and production in large scale, generating new business models and employment opportunities. As a methodology, materials such as academic bibliography, such as books, periodicals, master's theses, articles, among others, were consulted, with the objective of the study exploring how the Internet of Things (IoT) can be used to improve the efficiency and competitiveness of the industry. The combination of artificial intelligence (AI) and industrial automation can significantly improve productivity, reduce operational costs, increase safety in factories and enable rapid adaptations to changing market demands. However, it also raises questions about social impacts, such as the replacement of jobs with machines and the need to reskill the workforce to work alongside these emerging technologies, so IoT plays a central role, connecting devices and machines to collect data in a timely manner. This data is crucial for optimizing processes, monitoring the performance of machines. The challenges focus on financial and human beings. Financially, the high cost of implementing technologies is a challenge, due to the lack of companies dedicated to the development of Industry 4.0 technologies. With the aim of exploring how the internet of things (IoT) can be harnessed to improve the efficiency and competitiveness of the industry.

Keywords: industry 4.0. Technology, Internet, Process.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 representa a mais recente evolução na história das revoluções industriais, marcando uma era em que a tecnologia desempenha um papel fundamental na transformação dos processos produtivos. A nova revolução industrial, Indústria 4.0, é descrita pela interconexão de sistemas industriais anteriores, como máquinas e ativos por meio da *Internet* das Coisas (IoT). A IoT, por sua vez, é uma tecnologia que tem ganhado destaque nas últimas décadas devido à sua capacidade de conectar dispositivos e coletar dados em tempo real. Essa aplicação crescente da IoT na indústria oferece a capacidade de processar grande quantidade de dados e fornecer *insights* importantes que podem ser usados para melhorar os processos de produção.

Neste contexto, é imperativo discutir a importância da IoT na produção industrial e como ela se tornou crucial para a eficiência e competitividade da indústria. As limitações atuais dos processos de produção, como falta de visibilidade em tempo real, manutenção reativa e alocação ineficiente de recursos, podem ser abordadas com sucesso por meio da implementação da IoT. A coleta e análise de dados em tempo real possibilitada pela IoT permite uma tomada de decisão mais precisa e ágil, contribuindo para a melhoria substancial dos processos produtivos.

O argumento principal deste trabalho é que a IoT tem o potencial de melhorar significativamente a precisão e a eficiência dos processos produtivos das indústrias. Ao permitir o monitoramento contínuo, a manutenção preditiva e a automação avançada, a IoT pode ser uma chave para enfrentar os desafios atuais da indústria, como a busca por maior eficiência produtiva, redução de custos operacionais e aprimoramento da qualidade dos produtos.

Este trabalho abordará o tema da IoT na produção e nas indústrias em diversos aspectos, incluindo sua aplicação em processos de produção, logística e gestão de ativos. Os principais tópicos incluem a necessidade de infraestrutura tecnológica, os desafios de segurança cibernética, os benefícios econômicos e ambientais, bem como estudos de casos de implementações bem-sucedidas, abordando os aspectos produtivos e organizacionais, com intuito de apresentar, quais as inovações que a indústria 4.0 trouxe.

O objetivo deste estudo é explorar como a IoT pode ser aproveitada para melhorar a eficiência e a competitividade da indústria e responder a questões fundamentais, como: quais são os principais desafios e oportunidades associados à implementação da IoT na indústria? Como a IoT pode ser usada para otimizar os processos produtivos? Quais são os benefícios econômicos e ambientais da adoção da IoT na indústria? Com base nessas investigações, este trabalho visa fornecer *insights* valiosos para profissionais da indústria, pesquisadores e tomadores de decisão que buscam entender e aproveitar o potencial transformador da IoT na produção industrial.

2 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica desenvolvido através de materiais já disponibilizados. Para a elaboração, foram consultados materiais de bibliografia de predominância acadêmica, tais como livros, periódicos, dissertações de mestrado, artigos, entre outros, o que possibilitou reunir conhecimento para apresentar conceitos importantes sobre o tema, promovendo uma releitura sobre o assunto.

2.1 Contexto Contemporâneo das revoluções industriais

Na história da produção industrial, as revoluções industriais marcaram pontos de viragem inovadores, cada uma introduzindo avanços tecnológicos que transformaram radicalmente a maneira como as indústrias operam. Para Schwab, (2018, p 15) “a palavra ‘revolução’ denota mudança abrupta e radical. Em nossa história, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos”.

De acordo com Oliveira e Simões (2017), “a primeira revolução industrial, no século XVIII, trouxe a mecanização por meio de máquinas a vapor e teve um impacto massivo na produção. A segunda revolução, no final do século XIX, implementando a eletricidade e a produção em massa. A terceira, na segunda metade do século XX, trouxe a automação e a eletrônica. (OLIVEIRA E SIMÕES., 2017, P. 2).

Agora, na era contemporânea, estamos testemunhando a quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0, com inovações tecnológicas que eram inimagináveis a alguns anos, como inteligência artificial, como umas das maiores inovações da era contemporânea.

No cenário da engenharia de produção, a história das revoluções industriais é um marco essencial para compreender a evolução das práticas industriais ao longo dos séculos. Cada uma dessas revoluções representou um divisor de águas na forma como as indústrias funcionam, introduzindo avanços tecnológicos que proporcionaram impactos profundos nos processos de produção, eficiência e na própria natureza do trabalho.

A primeira revolução industrial, que teve início no século XVIII, para Cavalcante e Silva (2011) “foi uma grande precursora do capitalismo, ou seja, da passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial e trouxe consigo a mecanização, nomeadamente por meio das máquinas a vapor. Essa transformação teve um impacto monumental, permitindo a automação de muitos processos que anteriormente eram realizados manualmente”. (CAVALCANTE e SILVA., 2011, P. 5).

Os artesãos, antes da primeira revolução industrial, controlavam todo o processo de produção e se autossustentavam. Seus trabalhos eram manuais e demoravam muito para serem entregues à medida que a população ia crescendo. Além disso, era o objetivo final do capitalismo obter mais lucro produzindo mais rápido e com uma qualidade superior (CAVALCANTE; e SILVA, 2011). Isso levou a aumentos significativos na produtividade e na capacidade de produção de bens em uma escala anteriormente inimaginável.

Para Santos e de Araujo (2018), a velocidade da industrialização na Inglaterra só ocorria por conta das grandes reservas naturais de carvão e de ferro nas terras britânicas e, graças a elas, as siderúrgicas foram feitas e foram criadas ferramentas e máquinas para o trabalho. A partir desse momento, surgem as primeiras fábricas que necessitavam da mão de obra física dos funcionários devido aos maquinários que surgiram nessa década. A introdução desses maquinários na indústria leva ao fator

principal de fabricação de produtos em massa, acarretando um novo sistema econômico, que teve aumento graças às máquinas industriais.

A segunda revolução industrial, que ocorreu no final do século XIX, foi caracterizada pela eletrificação e pela adoção em larga escala da produção em massa. A eletricidade revolucionou as fábricas, permitindo maior flexibilidade nas operações e maior eficiência energética. A introdução de linhas de montagem e métodos de produção em massa, como as desenvolvidas por Henry Ford, tornou possível a produção em larga escala de produtos padronizados (BOETTCHER, 2015).

Henry Ford desenvolveu um processo de semiautomação que teve um impacto revolucionário na indústria automobilística. De acordo com as explicações de Silva e Gasparin (2015), em 1914, Ford incluía a pioneira linha de montagem automatizada, a qual incorporava esteiras rolantes.

A industrialização, que teve seu início na Inglaterra, foi incluída em diversos outros países, incluindo o Japão, Rússia, Alemanha, França e Estados Unidos. Na Primeira Revolução Industrial, recursos como ferro, carvão e energia a vapor eram os principais motores desse processo, mas, na Segunda Revolução Industrial, esses foram substituídos por eletricidade, petróleo e aço. Uma das ramificações graves da Segunda Revolução Industrial foi a formação de monopólios por parte das grandes empresas, o que resultou na concentração de capital e na desvalorização da mão de obra (SOUZA, 2009).

A terceira revolução industrial, que teve seu auge na segunda metade do século XX, trouxe consigo a automação e a eletrônica. Os computadores e sistemas de controle eletrônico desenvolveram um papel central nas operações industriais, tornando os processos ainda mais eficientes e permitindo um maior grau de personalização dos produtos. Para Sousa (2008), na segunda revolução industrial ocorreu a expansão das indústrias siderúrgicas, automobilísticas e metalúrgicas. Enquanto na Terceira Revolução Industrial, o foco se deslocou para indústrias de alta tecnologia, com ênfase em áreas como robótica, estudos genéticos, tecnologia da informação, comunicação avançada e eletrônica e foram as que mais se destacaram.

Conforme apontado por Coelho (2016), a Terceira Revolução Industrial viu o surgimento de inovações importantes, como a *internet*, telefones móveis, dispositivos de armazenamento digital, computadores de alto desempenho e o uso de

semicondutores. Essas inovações viabilizaram a conexão de pessoas em todo o mundo, permitindo a troca de informações e de dados. A globalização se expandiu, e as tecnologias foram disseminadas por meio do compartilhamento de informações, facilitando a redução das distâncias geográficas.

Com o avanço da globalização, surgiram oportunidades para a influência econômica global por parte das instituições financeiras, que, na atual estrutura de nossa sociedade, não participam diretamente da produção (MURARO, 2009).

Sousa (2008) argumenta que houve uma convergência entre o conhecimento técnico-científico e o processo produtivo, resultando em uma produção mais eficiente em termos de tempo. A mão de obra, agora transmitida por meio de cursos técnicos, desempenha um papel essencial em todas as etapas da produção e na comercialização de produtos. Em vez de abandonar as inovações da segunda revolução industrial, a terceira as aprimorou. Ela trouxe à tona novas formas de comunicação, máquinas e equipamentos de trabalho, além de ter visto a substituição da mão de obra humana por robôs em tarefas minuciosas e de alta precisão.

2.2 Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0)

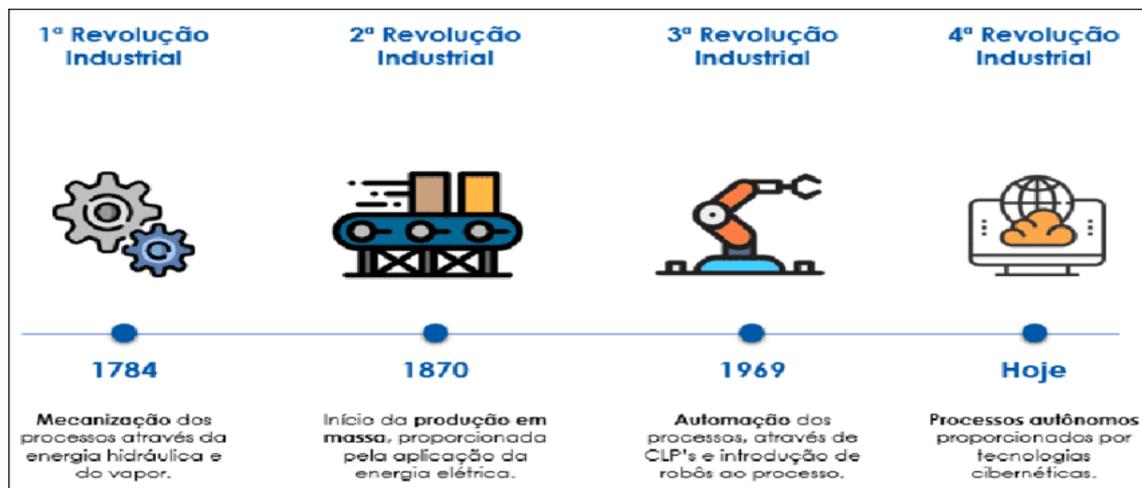
Conforme destacado por Kagermann et al., (2013), o conceito de Indústria 4.0 emergiu publicamente em 2011 durante a exposição de Hannover, na Alemanha. Essa abordagem inovadora industrial teve origem da necessidade de fortalecer a competitividade do setor manufatureiro alemão. No ano de 2012, os idealizadores do projeto liderado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (acatech) elaboraram um relatório contendo recomendações para o governo federal alemão, com o objetivo de esboçar a implementação da Indústria 4.0. Em 2013, a edição definitiva desse novo paradigma industrial foi apresentada na exposição realizada em Hannover (SILVEIRA, 2017).

Sacomano (2018) argumenta que a Indústria 4.0 representa a sinergia entre a tecnologia da informação (computação) e a comunicação, resultando na criação de um sistema Ciber-Físico. O objetivo central desse sistema é atingir metas de flexibilidade, produtividade, qualidade e evolução, abrindo portas para novas abordagens e modelos de empreendedorismo na indústria. Essa convergência de elementos culminou em seu reconhecimento global como a quarta revolução industrial.

Ainda Sacomano (2018) diz que o mercado está se preparando para atender aos consumidores presentes na *internet*, por meio do *marketing* digital, e para isso, é essencial consultar vastas bases de dados, conhecidas como *Big Data*, a fim de compreender as preferências dos consumidores. As empresas que operam na esfera *online* estão construindo seus próprios modelos de negócios e oferecendo serviços mais práticos do que as abordagens tradicionais presenciais. Essa evolução no mundo dos negócios, impulsionada pela informação automatizada e pela visão externa para a *internet*, foi fundamental para a concepção do conceito de Indústria 4.0. O termo “Indústria 4.0” teve origem a partir de um projeto alemão de indústria autônoma chamado “*Plattform Industrie 4.0*”, que foi apresentado ao público em 2011, durante uma exposição de Hannover.

A Indústria 4.0 assenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria (SACOMANO et al., 2018, p. 29).

Figura 1 - As Quatro Revoluções Industriais



Fonte: Teles (2017)

É fascinante observar como as tecnologias emergentes estão redefinindo o campo de produção e abrindo novas oportunidades para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a competitividade das empresas. Essa revolução está moldando o futuro da indústria de uma maneira nunca vista antes, e é um campo emocionante

para pesquisa e inovação na engenharia de produção. Ao contrário das outras revoluções industriais, esta evolui em ritmo mais acelerado, pois é o resultado do mundo interconectado em que vivemos. Além disso, as novas tecnologias geram outras mais novas e, com a dimensão dessa revolução, a qual tem como base a revolução digital, combinam várias tecnologias levando à mudança de vários aspectos da economia, da sociedade, dos negócios e dos indivíduos, ou seja, um impacto sistêmico, que envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e entre a sociedade (SCHWAB, 2018, p.17)

Fernandes (2005) oferece uma explicação abrangente do conceito de inteligência artificial. O termo "inteligência artificial" tem suas raízes no latim, em que a palavra "inteligência" deriva de "*inter*" (entre) e "*legere*" (escolher), sugerindo a capacidade de fazer escolhas. Por outro lado, o termo "artificial" provém de "*artificiale*", indicando algo que não é natural, mas sim produzido pelo ser humano. Portanto, a inteligência artificial (IA) é essencialmente um tipo de inteligência criada pelos seres humanos com o propósito de conferir às máquinas uma habilidade que imita a inteligência humana. Essa definição ampla e etimológica fornece um entendimento fundamental da natureza da IA e de seu propósito na replicação das capacidades cognitivas humanas em sistemas computacionais.

A Indústria 4.0 é definida pela fusão do mundo físico e digital, impulsionada por avanços tecnológicos como a *Internet* das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA), a computação em nuvem e a análise de *big data*. A IoT, em particular, desempenha um papel crucial nesse contexto, permitindo a interconexão de dispositivos e máquinas em redes inteligentes. Essa interconexão possibilita a coleta de dados em tempo real de sensores, máquinas e processos de produção, fornecendo *insights* valiosos para otimização e tomada de decisões informadas (SACOMANO et al., 2018, p. 29).

2.2.1 Internet Das Coisas (Internet Of Things IoT)

A *Internet* das Coisas (IoT) tem suas raízes na tecnologia dos microprocessadores, que executam tarefas específicas, na integração de circuitos eletrônicos, na comunicação e no sensoriamento. Esse avanço tecnológico é de considerável importância, particularmente para instituições acadêmicas e para setores industriais, devido à sua aplicabilidade abrangente em diversas áreas da vida humana (SANTOS et al., 2016).

Santos et al. (2016) complementa que a IoT representa uma extensão da *internet* convencional, estendendo sua influência para cada objeto, seja ele doméstico ou industrial, conectado à rede mundial de computadores. Esses objetos adquirem a capacidade de comunicação com essa rede e, por conseguinte, podem ser controlados remotamente, abrindo portas para a autossuficiência desses objetos como provedores de serviços.

Conforme Magrani (2018) destaca, a *Internet* das Coisas (IoT), conhecida como "*Internet of Things*", representa um ambiente em que objetos físicos se encontram interconectados à *internet* por meio de dispositivos incorporados, permitindo-lhes existir em múltiplos locais simultaneamente. Esse avanço tecnológico amplia significativamente a acessibilidade para os usuários no seu dia a dia, proporcionando soluções para as demandas cotidianas e desafios que enfrentam. A IoT, em particular, desempenha um papel central na Indústria 4.0, permitindo a conexão e a comunicação entre uma variedade de dispositivos e máquinas em redes inteligentes. Sensores incorporados em máquinas, produtos e até mesmo em locais de produção coletaram uma quantidade impressionante de dados em tempo real. Esses dados fornecem informações críticas sobre o desempenho das máquinas, a qualidade dos produtos, as condições de operação e muito mais.

Essa rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada para comunicar, sentir ou interagir com ambientes internos e externos é o que chamamos de internet das coisas. Isso implica uma infraestrutura de rede que interliga objetos físicos e virtuais gerando um grande volume e processamento de dados que desencadeiam ações de comando e controle das coisas (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN, 2016).

De acordo com as pesquisas de Silveira (2016), o princípio da Indústria 4.0 reside na ideia de que, ao interconectar máquinas, sistemas e ativos, as organizações têm a capacidade de estabelecer redes inteligentes, possibilitando, dessa forma, o controle independente dos módulos de produção. A capacidade de recuperar, transmitir e analisar esses dados em tempo real é um dos principais impulsionadores da eficiência na Indústria 4.0. Isso permite a otimização dos processos de produção, o monitoramento em tempo real do desempenho das máquinas e a capacidade de

realização de manutenção preditiva, antecipando problemas antes que ocorram paradas não programadas.

A *Internet* das Coisas (IoT) representa a convergência de várias tecnologias, com o propósito de incorporar objetos físicos no mundo virtual. Para viabilizar esse cenário, torna-se essencial a construção de componentes fundamentais da IoT, conforme discutido por Santos et al. (2018).

1. **Identificação:** Este bloco essencial desempenha um papel central, pois se destina à identificação prévia dos objetos, antes de sua conexão à *internet*. A identificação dos objetos ocorre por meio de tecnologias como o *chip* de identificação por radiofrequência (RFID), endereçamento de protocolo da *Internet* (IP), ou a comunicação via campo de proximidade.
2. **Sensores/Atuadores:** Os sensores coletam dados do ambiente onde os objetos estão posicionados e, em seguida, transmitem essas informações para um repositório central. Os atuadores, por sua vez, são responsáveis por interpretar esses dados e, dependendo do contexto, realizar modificações ou tomar ações apropriadas.
3. **Comunicação:** Este aspecto descreve os meios utilizados para a interconexão de objetos inteligentes. Diversas tecnologias, como o RFID, são empregadas para estabelecer a comunicação entre esses objetos. No entanto, é importante notar que algumas dessas tecnologias, principalmente quando alimentadas por baterias, podem consumir quantidades consideráveis de energia.
4. **Computação:** Esta etapa envolve unidades carregadas de processamento de informações e algoritmos. Exemplos de componentes nessa categoria incluem dispositivos lógicos programáveis com circuitos integrados, aceleração ou pequenos computadores em um único *chip*.
5. **Serviços:** A IoT disponibiliza uma ampla gama de serviços, abrangendo identificação, agregação de dados, colaboração/inteligência e ubiquidade. Esses serviços visam a fornecer um conjunto diversificado de funcionalidades aos usuários e empresas.
6. **Semântica:** Este aspecto diz respeito à habilidade de extrair dados dos objetos de maneira eficiente. Não se limita à remoção de dados, mas também

compreende a utilização eficaz do conhecimento desses dados para oferecer serviços específicos e exclusivos conforme a necessidade de cada cliente, com uma demanda de serviços que podem ser compreendidos e executados de maneira mais dinâmica e eficaz.

2.2.2 Internet Industrial Das Coisas (Industria Internet Of Things IIoT)

A *Internet Industrial das Coisas*, conhecida como IIoT, representa uma inovação em andamento que se baseia na aplicação dos princípios da *Internet das Coisas* (IoT) à indústria. A IIoT promete aprimorar a eficiência de máquinas e processos industriais, reduzir custos, otimizar a produção, monitorar frotas, alcançar economias de escala, aprimorar produtos e expandir as oportunidades de mercado, é uma ferramenta essencial não apenas para estabelecer e manter vantagens competitivas nas indústrias, mas também para países que desejam se destacar na competitividade do século XXI. Conte et al. (2020)

A implementação de tecnologias IoT e IIoT oferece vantagens significativas para as instalações de produção, com base nas expectativas do mercado e visão de Rocha (2017):

- **Conectividade (e 5G):** A evolução da conectividade é fundamental para as redes IIoT, permitindo o processamento de grandes volumes de dados de máquinas e dispositivos. O 5G e avanços nas redes celulares ampliam a largura de banda, reduzem a latência e o consumo de energia, viabilizando o envio rápido de dados e melhorando a eficiência.
- **Sensores IIoT:** Sensores são essenciais para coletar dados de equipamentos industriais. Além de novos equipamentos, máquinas analógicas podem ser equipadas com dispositivos de *gateway* IoT para detectar condições ambientais e mecânicas, com informações processadas localmente ou na nuvem.
- **Poder da computação em nuvem e *edge computing*:** A computação em nuvem e o *edge computing* melhoram a flexibilidade das redes IIoT. A nuvem oferece alto poder de processamento e armazenamento sob demanda, enquanto o *edge computing* traz o processamento de dados mais próximo da rede IIoT, reduzindo a latência.
- **IA e *Machine Learning*:** A IA e o *machine learning* permitem análises avançadas dos dados da IIoT, incluindo análises preditivas. Bancos de dados e algoritmos

de *machine learning* facilitam o gerenciamento e a interpretação de conjuntos complexos de dados.

- Segurança para sistemas ciberfísicos: A conectividade que impulsiona as redes IIoT também apresenta riscos de segurança. Protocolos de segurança estão avançando, mas a segurança dos dispositivos IoT deve ser prioridade. Estratégias de segurança devem ser comunicadas e reforçadas para proteger sistemas contra ameaças cibernéticas.

A construção desses blocos básicos é essencial para a eficácia da implementação da IoT, permitindo a interconexão e operação inteligente de objetos físicos no ambiente digital. A implementação da *Internet* das Coisas (IoT) nos procedimentos de produção industrial deu origem ao conceito de *Internet* Industrial das Coisas (IIoT). A IIoT promove a integração entre o mundo físico e digital, permitindo uma comunicação em tempo real e a interoperabilidade em ambientes industriais.

Os países e as regiões que conseguirem estabelecer as melhores normas internacionais para o futuro em relação às principais categorias e campos da nova tecnologia digital (comunicações 5G, o uso de drones comerciais, a internet das coisas, a saúde digital, manufaturas avançadas e assim por diante) colherão grandes benefícios econômicos e financeiros (Schwab, 2016 p., 97-98).

A distinção entre IoT e IIoT consiste no fato de que a segunda se concentra na conectividade das máquinas e dispositivos essenciais aos processos de fabricação. Isso ocorre por meio de sensores, aplicativos e outros dispositivos que coletam, monitoram e controlam o desempenho das máquinas. Além disso, a IIoT armazena os dados coletados, criando um acervo valioso para auxiliar os gerentes no processo de tomada de decisões (SOARES, COUTINHO, NETO, 2019).

Segundo Venturelli, (2021) dentre os benefícios da implementação da Internet Industrial das Coisas (IIoT) em ambientes de produção, destacam-se:

1. Controle de Qualidade Aprimorado: A IIoT viabiliza a avaliação e correção de imperfeições em tempo real, aprimorando a qualidade dos produtos durante o processo de fabricação.

2. Eficiência Operacional: Por meio da otimização de recursos e o aumento da produtividade, a IIoT contribui para operações mais eficientes.
3. Otimização de Recursos: A IIoT permite o uso mais eficaz de recursos, reduzindo desperdícios.
4. Redução de Operações: Simplifica e reduz as etapas de produção.
5. Redução de Custos: Contribui para a diminuição de custos operacionais.
6. Melhoria de Processos: A otimização facilitada pela IIoT resulta em melhorias significativas nos processos de produção.
7. Apoio na Tomada de Decisões: A IIoT fornece dados e informações em tempo real, agilizando a tomada de decisões no contexto fabril.
8. Novos Modelos de Negócios: As tecnologias web e o suporte remoto possibilitam o surgimento de novos modelos de serviços e negócios.
9. Economia de Produtos e Serviços: Através da IIoT, é possível vender ou comprar produtos sob a forma de serviços

É evidente que os principais desafios estão apresentados em dois setores distintos: o financeiro e o humanístico. No âmbito financeiro, o custo substancial de implementação das tecnologias surge como uma dificuldade. Conforme identificado por Tammone e Tomomitsu (2019), isso se relaciona à carência de empresas no cenário industrial brasileiro que se dedicam ao desenvolvimento de tecnologias ligadas à Indústria 4.0. De acordo com CNI – Confederação Nacional da Indústria (2016), esse cenário é em grande parte atribuído à carência de incentivo governamental para o desenvolvimento da indústria interna, resultando na ausência de linhas de crédito adequadas e em altos índices de impostos sobre importação.

Já com relação ao setor humanístico, destaca-se o ponto de partida, ou seja, as organizações têm a consciência de que algo precisa ser feito, porém não sabem por onde começar (SOMMER, 2015). Além disso, de acordo com Müller et al. (2018), pode ocorrer de alguma empresa já ter iniciado algum processo de implementação e não saber como dar prosseguimento. Outra grande dificuldade encontrada é a barreira cultural, relacionada às tradições enraizadas no histórico empresarial, gerando grande resistência quanto às mudanças em sua estrutura geral (TAMMONE & TOMOMITSU, 2019).

Analisando as oportunidades, torna-se evidente a previsão da criação de uma rede de *Testbeds* de Manufatura Avançada, que, de acordo com a CNI (2016), são

ambientes onde são previstas diversas testagens e projeções com o objetivo de simular a realidade das linhas de produção. Além disso, conforme Li et al. (2016), a externalização dessas tecnologias possibilita uma maior difusão desses serviços, proporcionando flexibilidade e agilidade para atender às demandas.

Conforme argumentado por Müller et al. (2017), a colaboração entre as indústrias surge como uma alternativa eficaz para promover a adoção de conceitos relacionados à Indústria 4.0. Esta abordagem se apresenta como um método simples e prático para a integração de tecnologias nas empresas. No entanto, é importante destacar que o conceito de cooperação enfrenta frequentemente falta de compreensão, sendo ocasionalmente mal interpretado como uma forma prejudicial de concorrência por parte das empresas.

Figura 2 - Tecnologias Inovadoras



Fonte: Rigotti (2020)

2.2.3 Inteligência Artificial e Automação

A inteligência artificial (IA) surge como uma das tecnologias mais promissoras e transformadoras do século XXI. Seu poder de imitar o pensamento humano e a habilidade de aprender com dados têm sido motores fundamentais para impulsionar

avanços substanciais em inúmeras áreas da sociedade (YSTGAARD et al., 2023). A indústria, sem ser uma exceção, tem adotado crescentemente soluções fundamentadas em inteligência artificial, com o intuito de impulsionar a eficiência, a produtividade e a inovação (MARTINS, 2017).

A Inteligência Artificial, em sua essência, refere-se à capacidade de um dispositivo eletrônico em imitar ações humanas com o objetivo de obter resultados semelhantes aos alcançados por meio do esforço humano. Para uma compreensão mais aprofundada dessa temática, é fundamental explorar terminologias relacionadas e suas distinções. Essas terminologias englobam a própria Inteligência Artificial, juntamente com o Aprendizado de Máquina (*Machine Learning* - ML) e o Aprendizado Profundo (*Deep Learning* - DL) (GARDNER; DORLING, 1998).

Segundo Corrêa (2023), a inteligência artificial, por sua vez, desempenha um papel fundamental na interpretação dos dados coletados pela IoT. Algoritmos de IA podem analisar grandes volumes de dados rapidamente, identificando tendências, anomalias e padrões que seriam impossíveis de detectar manualmente. Isso possibilita a tomada de decisões informadas e estratégicas, como ajustes no tempo real na produção para maximizar a eficiência ou a previsão de demanda com maior precisão.

Uma aplicação de destaque da Inteligência Artificial nas indústrias brasileiras consiste na análise de dados para embasar decisões estratégicas. Utilizando técnicas de aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural, torna-se viável a avaliação de dados relacionados ao mercado, tendências de consumo, visões dos clientes e *feedbacks*. Isso, por sua vez, fornece às empresas *insights* valiosos para a adaptação de suas estratégias de negócios e o desenvolvimento de produtos mais alinhados com as necessidades do mercado (SOUZA, 2021).

É fundamental enfatizar que o progresso da Inteligência Artificial (IA) nas indústrias brasileiras demanda investimentos substanciais em infraestrutura tecnológica, a capacitação aprofundada de profissionais e o cultivo de uma cultura de inovação. Além disso, não se pode negligenciar a necessidade de considerar cuidadosamente os aspectos éticos e de segurança associadas ao desenvolvimento e uso de sistemas de IA, com o objetivo de garantir a privacidade dos dados e prevenir

qualquer forma de violação ou discriminação específica (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2021).

Deve-se também observar o grande potencial de crescimento da aplicação da Inteligência Artificial em uma variedade de setores, que incluem medicina, engenharia e o cenário de *startups* (SOUZA; SILVA, 2020).

Resumidamente, a incorporação da IA nas indústrias do Brasil apresenta a capacidade de contribuição para a eficiência, produtividade e competitividade das empresas, e, simultaneamente, oferece um caminho para a inovação e a transformação digital em diversos segmentos industriais do país (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2021).

É essencial considerar que o Brasil enfrenta desafios substanciais relacionados ao ambiente de negócios e à infraestrutura tecnológica, conforme demonstrado pelo Índice de inovação global de 2019. O país é classificado na 66ª posição no índice, e de acordo com dados do banco mundial, ocupa uma posição relativamente baixa (138º lugar) em termos de facilidade para iniciar e conduzir negócios. Além disso, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no Brasil equivale a 1,27% do PIB, o que fica abaixo da média dos países membros da OCDE, o qual é de 2,39% (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2021).

A automação é uma evolução que se estende ao longo da história da humanidade. Desde tempos antigos, o homem tem desenvolvido máquinas e dispositivos para reduzir a necessidade de trabalho físico e aumentar a produtividade. Exemplos iniciais desses dispositivos incluem a invenção da roda para o transporte de cargas pesadas e moinhos que eram movidos pelo vento ou pela força animal. No entanto, a automação ganhou reconhecimento notável durante a primeira revolução industrial do século XVIII, principalmente na Inglaterra. Essa revolução foi marcada por uma transformação na escala de produção. O aumento da produtividade tornou-se o objetivo principal, e, para realizá-lo, novas tecnologias foram desenvolvidas, como máquinas modernas capazes de produzir mais rapidamente e com menor margem de erro em comparação ao trabalho manual. Além disso, novas fontes de energia, como a máquina a vapor, substituíram os métodos anteriores, como a energia hidráulica e a força física humana (ROGGIA; e FUENTES, 2016).

A automação representa um sistema que opera de forma autônoma, seguindo uma série de comandos predefinidos para executar um processo específico, sem depender da intervenção humana. Ela desempenha um papel fundamental na economia global, contribuindo diretamente para a eliminação de tarefas que envolvem esforço físico intenso, bem como na redução de ocupações monótonas, repetitivas e desagradáveis. Além disso, a automação oferece benefícios ergonômicos, uma vez que ajuda a proteger a saúde e o bem-estar dos trabalhadores (ABREU, 2002).

Conforme destacado por Sacomano et al. (2018), a utilização de robôs desempenha um papel fundamental na realização de tarefas, que envolvem riscos para os trabalhadores, pois ativam velocidade e alta precisão na execução, ou são definidas por serem cansativas e repetitivas. Isso resulta em benefícios essenciais, como a redução do risco de lesões relacionadas ao esforço repetitivo e sobrecarga de trabalho, ao mesmo tempo em que atende às demandas dos consumidores. Os principais tipos de robôs trabalhados incluem aqueles que operam de maneira autônoma.

Hoje em dia a automação tem objetivos bem diferentes: não apenas reduz custos e amplia a produtividade como era antigamente, mas também visa o conforto dos usuários, a agilidade de comunicação entre os diversos setores e níveis da produção, maior controle e supervisão dos processos industriais e ainda, por vezes, a remoção completa do contato humano com a produção de objetos estéreis, como alimentos e equipamentos médicos. Ou seja, o homem continua supervisionando, porém não tem mais contato com a operação Quesada (2017, p 12)

Portanto, é possível identificar três tipos principais de automação, como descrito por (ROSÁRIO 2009):

1. Automação, também conhecida como automação fixa, é empregada em cenários de produção intensiva. Nesse contexto, a linha de produção consiste em estações de trabalho com máquinas de Comando Numérico (CN). Cada estação executa um conjunto de operações específicas, e à medida que essas operações são concluídas, as peças são movidas para a próxima estação. Essa abordagem é voltada para a fabricação de um único tipo de produto em uma linha de montagem fixa.

2. A automação flexível é utilizada quando há volumes de produção moderados e envolve uma integração otimizada da engenharia mecânica com tecnologias de eletrônica embarcada e sistemas de informação. Nesse cenário, a automação, combinada com flexibilidade, permite a fabricação de diferentes produtos simultaneamente, usando o mesmo sistema.
3. A automação programável, em certo sentido, assemelha-se à automação flexível, mas é aplicada em situações de produção com volumes baixos e variados. Nesse caso, a produção ocorre em pequenos lotes, e os equipamentos devem ser reprogramados para cada novo lote, o que diferencia essa abordagem.

2.2.4 Computação em Nuvem

A computação móvel concentra-se na portabilidade dos dispositivos e na consideração do contexto, proporcionando em conta a conectividade na rede e o acesso a recursos e dados móveis (Huang e Wu, 2017). Segundo esses autores, os dispositivos móveis, como *smartphones* e outras tecnologias computacionais portáteis ou vestíveis, como *smartwatches* e *smartglasses*, têm origem em um ambiente de computação ubíqua e onipresente, onde estamos cercados por mais dispositivos computacionais do que por pessoas.

A computação móvel se refere à habilidade de dispositivos diversos em sistemas computacionais distribuídos se comunicarem por meio de uma rede de comunicação sem fio, permitindo sua portabilidade (CIRILO, 2008).

Taurion (2009) define a computação em nuvem como um ambiente de computação que se baseia em uma ampla gama de servidores, sejam eles virtuais ou físicos. Isso faz da computação em nuvem a culminação do conceito de virtualização. De maneira concisa, a computação em nuvem pode ser descrita como “um conjunto de recursos, incluindo capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicativos e serviços disponibilizados pela *Internet*. A computação em nuvem fornece a infraestrutura necessária para armazenar e processar grande quantidade de dados de forma escalável e acessível. Isso permite que as empresas aproveitem ao máximo os benefícios da Indústria 4.0, sem a necessidade de investir em infraestrutura de *hardware* significativa.

2.2.5 Internet Of Things (IoT) na Produção

Exemplos concretos de aplicação de sensores da IoT nas indústrias incluem a manutenção preditiva. Atualmente, a manutenção desempenha um papel de extrema importância na indústria, deixando de ser simplesmente um fator de custo, para ser reconhecida como fundamental para preservar a competitividade das empresas. Devido à crescente relevância da manutenção para as organizações, ao longo do tempo, surgiram diversos tipos e técnicas de gestão da manutenção, oferecendo abordagens mais precisas e eficazes para sua aplicação (Santos, 2017). Essas técnicas monitoram o desempenho de máquinas e equipamentos, identificando antecipadamente possíveis falhas, acelerando assim o tempo de inatividade não planejada.

Além disso, a IoT é usada na rastreabilidade de produtos, permitindo o acompanhamento em tempo real de matéria-prima e produtos acabados ao longo de toda a cadeia de produção e distribuição (MARQUES; BRITO, 2019).

A aplicação de sensores da *Internet* das coisas (IoT) na indústria 4.0 tem se mostrado extremamente eficaz em uma série de cenários, demonstrando como essa tecnologia pode transformar a forma como as empresas operam. A *Internet* das Coisas é uma convergência de várias tecnologias que visam integrar objetos físicos ao mundo virtual. Para realizar essa integração, é fundamental criar os blocos de construção essenciais da IoT, conforme apontou (SANTOS ET AL., 2018)

1. Manutenção Preditiva:

- A manutenção preditiva é um campo crucial na indústria moderna, sensores IoT são implementados em máquinas e equipamentos para monitorar seu desempenho em tempo real.
- Esses sensores coletam dados sobre temperatura, vibração, pressão e outros parâmetros-chave. Com algoritmos de análise de dados, é possível identificar padrões que precedem falhas.
- Ao detectar sinais de desgaste ou mau funcionamento antecipadamente, as empresas podem agendar manutenção antes que ocorram falhas graves.
- Isso resulta em menos tempo de inatividade não planejada, redução de custos de manutenção e maior eficiência operacional.

2. Rastreabilidade de Produtos:

- A rastreabilidade de produtos é essencial para garantir a qualidade e a segurança dos produtos, além de atender a regulamentações rigorosas.
- Sensores IoT são incorporados em produtos e materiais durante o processo de fabricação. Eles permitem o rastreamento em tempo real, desde a origem das matérias-primas até a produção e distribuição dos produtos acabados.
- Isso é particularmente importante em setores como alimentos e farmacêuticos, onde a rastreabilidade é essencial para garantir a segurança do consumidor.
- Além disso, em caso de *recalls* de produtos, a rastreabilidade facilita a identificação rápida e precisa dos lotes afetados, minimizando os impactos negativos.

Esses exemplos ilustram como os sensores IoT desempenham um papel fundamental na Indústria 4.0, melhorando a eficiência operacional, a confiabilidade e a qualidade dos processos industriais. Eles também destacam a importância da análise de dados avançada, pois os dados coletados pelos sensores são transformados em informações acionáveis por meio de algoritmos inteligentes, permitindo decisões informadas e estratégicas em tempo real (SANTOS ET AL. 2018).

É importante notar que essas aplicações representam apenas uma fração do potencial da IoT na indústria. À medida que a tecnologia continua a evoluir, novas e emocionantes oportunidades estão surgindo, desde fábricas autônomas até cadeias de suprimentos totalmente integradas. A Indústria 4.0 está moldando o futuro da produção, e a IoT é uma das principais impulsionadoras dessa revolução (SCHWAB, 2016).

2.2.6 Internet Of Things (IoT) Brasil

O Banco Nacional Do Desenvolvimento (BNDES), em colaboração com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), apoiou um estudo com o propósito de diagnosticar a situação e desenvolver um plano de ação para a Internet das Coisas (IoT) no Brasil. O estudo foi realizado pelo consórcio McKinsey/Fundação CPqD/Pereira Neto Macedo, selecionado por meio da Chamada Pública BNDES/FEP Prospecção nº 01/2016 - Internet das Coisas (IoT). O trabalho foi dividido em quatro fases: diagnóstico geral e visão de futuro para o Brasil, seleção

de setores de atuação, elaboração do plano de ação para o período de 2018 a 2022 e detalhamento das principais iniciativas do plano de ação do BNDES (2017).

No contexto brasileiro, a adoção da Indústria 4.0 e suas tecnologias associadas, como a IoT e a IA, estão em crescimento. No entanto, é importante destacar que ainda há um longo caminho a percorrer para a plena integração da Indústria 4.0 em todas as indústrias no Brasil, devido a desafios como investimento financeiro e falta de qualificação adequada. “A automação tem a finalidade de facilitar processos, transformando-os em sistemas otimizados, capazes de produzir bens com menor custo, maior quantidade, menor tempo possível e maior qualidade” (ROSARIO, 2012, p. 15).

A Internet das Coisas (IoT) representa uma oportunidade única, e o Brasil está estrategicamente posicionado para capturar seu valor potencial. Estudos indicam que até 2025, a IoT terá um impacto econômico ainda maior do que tecnologias como robótica avançada, computação em nuvem e até mesmo a internet móvel. Espera-se que a IoT contribua significativamente para a economia brasileira, com um impacto anual estimado entre US\$ 50 bilhões e US\$ 200 bilhões, correspondendo a cerca de 10% do PIB do país. Durante 2017, os membros do consórcio, em conjunto com o BNDES e o MCTIC, dedicaram tempo e esforços para posicionar o Brasil de maneira a colher os benefícios dessa revolução tecnológica (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2021)

1. Adoção de IoT e IA:

- A *Internet* das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) estão desempenhando papéis cada vez mais significativos nas operações industriais no Brasil.
- Empresas em diversos setores estão implementando sistemas de IoT em suas fábricas para coletar dados em tempo real de máquinas e processos.
- A IA é usada para analisar esses dados e extrair *insights* valiosos, melhorando a eficiência operacional, otimizando a manutenção de equipamentos e impulsionando a automação inteligente.

2. Desafios na Implementação:

- É importante reconhecer que a plena integração da Indústria 4.0 em todas as indústrias brasileiras enfrenta desafios significativos.

- Um dos principais desafios é o investimento financeiro necessário para adquirir e implementar tecnologias avançadas, como sensores IoT, sistemas de análise de dados e soluções de IA. Investimentos em tecnologias integradoras, já é uma realidade implementada nas indústrias brasileiras, que buscam controle e análise de dados mais assertivas.
 - Além disso, a falta de qualificação adequada de mão-de-obra é um obstáculo importante. A capacitação de profissionais para lidar com essas tecnologias é fundamental para o sucesso da transformação digital na indústria.
3. Crescimento Gradual:
- Apesar dos desafios, é encorajador notar que muitas empresas brasileiras estão progredindo gradualmente em direção à adoção da Indústria 4.0.
 - Iniciativas piloto e parcerias estratégicas estão sendo estabelecidas para testar e implementar essas tecnologias de forma controlada e eficaz.
 - À medida que as organizações ganham experiência e compreendem os benefícios da Indústria 4.0, a tendência é que mais empresas se juntem a esse movimento.
4. Impacto Potencial:
- A plena adoção da Indústria 4.0 pode ter um impacto significativo na economia brasileira, tornando as empresas mais competitivas globalmente e impulsionando a inovação.
 - Além disso, a integração dessas tecnologias pode levar a melhorias em áreas críticas, como sustentabilidade ambiental e segurança no local de trabalho.
5. Colaboração e Investimento:
- Para enfrentar os desafios, é fundamental uma colaboração estreita entre o setor público, o setor privado e as instituições educacionais.
 - Investimentos em pesquisa, desenvolvimento e educação são essenciais para capacitar a força de trabalho e apoiar a implementação bem-sucedida da Indústria 4.0.

De acordo com Banco nacional do desenvolvimento (2022), o cenário da Indústria 4.0 no Brasil é dinâmico e promissor. Embora os desafios sejam reais, o progresso está sendo feito, e a transformação digital está se tornando uma realidade cada vez mais visível nas indústrias do país. À medida que mais empresas adotam e se adaptam a essas tecnologias, o Brasil estará posicionado para colher os benefícios econômicos e tecnológicos dessa revolução industrial.

Quando se trata de benefícios, a integração da IA e da IoT nas indústrias oferece uma série de vantagens. A IA pode aprimorar a automação, permitindo que máquinas e sistemas tomem decisões inteligentes com base em dados em tempo real. Isso resulta em maior eficiência operacional, qualidade de produção aprimorada e redução de desperdícios. Além disso, a IA pode prever as demandas do mercado, aprimorar cadeias de suprimentos e melhorar a personalização de produtos.

A integração da Inteligência Artificial (IA) e da *Internet* das Coisas (IoT) nas indústrias está redefinindo a forma como as empresas operam e oferece uma série de benefícios notáveis (LAKATOS E MARCONI 2001).

1. Automatização Aprimorada:

- A IA permite uma automação avançada, na qual máquinas e sistemas podem tomar decisões inteligentes com base em dados em tempo real.
- Isso resulta em processos de produção mais eficientes, pois as máquinas podem ajustar suas configurações automaticamente para otimizar o desempenho.
- A automação aprimorada também reduz a necessidade de intervenção humana em tarefas repetitivas e propensas a erros.

2. Eficiência Operacional:

- A combinação de IA e IoT possibilita uma análise profunda dos dados coletados por sensores em tempo real.
- Essa análise permite identificar gargalos na produção, ineficiências e áreas que precisam de melhorias.
- Como resultado, as empresas podem tomar medidas corretivas de forma rápida e eficaz, aumentando a eficiência operacional.

3. Qualidade de Produção Aprimorada:

- A capacidade da IA de monitorar constantemente os processos de produção ajuda a garantir a consistência e a qualidade dos produtos.
- Quaisquer desvios das especificações podem ser identificados instantaneamente, permitindo correções imediatas.
- Isso leva a uma redução de produtos defeituosos e a um aumento na satisfação do cliente.

4. Redução de Desperdícios:

- A IA também desempenha um papel na redução de desperdícios de materiais e recursos.
- Ao otimizar processos e minimizar falhas, as empresas podem economizar recursos preciosos e reduzir seus custos operacionais.

5. Previsão de Demanda:

- A IA é capaz de analisar grandes volumes de dados históricos e em tempo real para prever a demanda futura do mercado.
- Isso ajuda as empresas a ajustar sua produção de acordo com as necessidades do mercado, evitando estoques excessivos ou falta de produtos.

6. Melhoria da Cadeia de Suprimentos:

- A integração da IA e da IoT permite uma visibilidade completa da cadeia de suprimentos.
- Isso significa que as empresas podem rastrear a localização e o status de matérias-primas e produtos acabados em tempo real, facilitando o gerenciamento eficiente da cadeia de suprimentos.

7. Personalização de Produtos:

- A IA pode ser usada para personalizar produtos de acordo com as preferências individuais dos clientes.
- Isso cria oportunidades para oferecer produtos altamente adaptados, melhorando a satisfação do cliente e a fidelidade à marca (CNI, 2021).

No entanto, essa integração também apresenta riscos. A segurança *cibernética* "Cibersegurança, conhecida como *Cybersecurity*, refere-se ao conjunto de ações, métodos e tecnologias direcionados à proteção da esfera digital, com o propósito de prevenir atividades ilegais e danos a computadores, redes, *softwares* e informações" (MACHADO, 2020).

A integração da Indústria 4.0, com seu enfoque na *Internet* das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), certamente traz uma série de vantagens, mas também é importante reconhecer os desafios e riscos inerentes a essa transformação. Com base nos propósitos da segurança da informação, ela pode ser categorizada com base nos princípios, que atuam como diretrizes para as práticas e processos necessários em uma empresa, visando à proteção das informações. De acordo com Sacomano et al. (2018), a segurança da informação está essencialmente centrada na preservação desses princípios fundamentais.

1. Segurança *Cibernética*:

- A segurança *cibernética* é uma preocupação fundamental na era da Indústria 4.0. A interconexão de dispositivos e sistemas industriais abre portas para potenciais ataques cibernéticos.
- As redes industriais, muitas vezes, contêm dados sensíveis e operações críticas que, se comprometidas, podem resultar em perdas financeiras substanciais e danos à reputação da empresa.
- É imperativo implementar medidas robustas de segurança, incluindo *firewalls*, *criptografia*, autenticação de dois fatores e monitoramento constante para proteger dados e sistemas contra ameaças *cibernéticas*.

2. Privacidade de Dados:

- À medida que mais dados são coletados e compartilhados em ambientes de produção conectados, a privacidade de dados se torna uma questão crítica.
- As empresas devem aderir a regulamentos de privacidade de dados, garantir o consentimento adequado e proteger as informações pessoais dos funcionários e clientes.

3. Interoperabilidade e Padrões:

- A integração bem-sucedida da Indústria 4.0, muitas vezes, requer a interoperabilidade de sistemas de diferentes fornecedores.
- A falta de padrões comuns pode complicar a integração e tornar os sistemas vulneráveis a falhas de segurança.
- A padronização e a conformidade com protocolos de segurança são cruciais.

Em termos de impacto a longo prazo, a IA e a IoT têm o potencial de transformar fundamentalmente a indústria, tornando-a mais eficiente, sustentável e adaptável às demandas do mercado. Magalhães e Vendramini (2018) dizem que a integração de novas tecnologias pode levar a um aumento significativo na produtividade e competitividade das empresas. No entanto, é importante considerar os desafios éticos e sociais que surgem com a automação, como o desemprego potencial em determinadas áreas. Portanto, é imperativo que governos, empresas e instituições de ensino colaborem para garantir uma transição suave para essa nova era industrial.

Segundo a Accenture (2015), vários países enfrentam desafios relacionados à falta de infraestrutura e capacidades permitidas para uma rápida adoção da Internet das Coisas industriais e sua dinâmica tecnológica. Os Estados Unidos, Suíça, nações nórdicas e Holanda lideraram a corrida na IIoT, enquanto Espanha e Itália se encontram numa posição menos favorável, ao lado da Rússia, Índia e Brasil, devido à falta de condições de apoio, abrangendo aspectos como infraestrutura, habilidades e fundamentos institucionais necessários para sustentar uma ampla adoção dessas inovações tecnológicas. A visão de longo prazo da transformação impulsionada pela Inteligência Artificial (IA) e pela *Internet* das Coisas (IoT) na indústria é verdadeiramente empolgante e promissora.

1. Eficiência e Sustentabilidade:

- A integração da IA e da IoT tem o potencial de revolucionar a forma como as empresas operam, tornando-as mais eficientes em termos de recursos.
- A coleta e análise de dados em tempo real permitem uma alocação mais precisa de recursos, reduzindo o desperdício de matéria-prima e energia.

- Isso contribui para uma produção mais sustentável, alinhada com as crescentes preocupações ambientais.
2. Adaptabilidade às Demandas do Mercado:
- A capacidade de prever e responder rapidamente às mudanças nas demandas do mercado é um dos principais benefícios da IA e da IoT.
 - As empresas podem ajustar sua produção em tempo real com base em dados de mercado, evitando estoques excessivos ou escassez de produtos.
3. Aumento da Produtividade e Competitividade:
- À medida que processos se tornam mais eficientes e personalizados, a produtividade da indústria aumenta.
 - Empresas que adotam essas tecnologias podem ganhar uma vantagem competitiva significativa, oferecendo produtos de alta qualidade a custos reduzidos.
4. Desafios Éticos e Sociais:
- A automação avançada levanta questões éticas e sociais importantes, incluindo preocupações com o desemprego em determinadas áreas.
 - É fundamental abordar essas preocupações por meio de políticas e estratégias que incentivem a requalificação da força de trabalho e o desenvolvimento de novas habilidades.
5. Colaboração Necessária:
- A transição para a Indústria 4.0 requer colaboração entre governos, empresas e instituições de ensino.
 - Governos podem desempenhar um papel importante na criação de políticas que incentivem a inovação e o treinamento da força de trabalho.
 - As empresas precisam investir em tecnologias e na capacitação de funcionários.
 - As instituições de ensino devem adaptar seus currículos para preparar os alunos para as demandas da indústria moderna.

3.Considerações Finais

A quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0, está gerando transformações em todas as áreas produtivas. Essa evolução possibilita a criação de modelos de negócios, produtos e processos inovadores, trazendo consigo uma série de vantagens, como a diminuição de despesas, personalização de produtos, aumento da eficiência produtiva, automação de processos e suporte na tomada de decisões.

A Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como uma tecnologia transformadora no século XXI, impulsionando avanços em diversas áreas. Na indústria, ela tem sido cada vez mais aplicada para melhorar a eficiência, produtividade e inovação. IA é capaz de imitar ações humanas, aprendendo com dados para alcançar resultados semelhantes ao esforço humano. Junto com o Aprendizado de Máquina (ML) e o Aprendizado Profundo (DL), ela compõe um conjunto importante de tecnologias. Destaca o papel crucial da IA na interpretação dos dados coletados, possibilitando análises planejadas, detecção de tendências e tomadas de decisões estratégicas. Produtos alinhados às demandas do mercado. No entanto, seu avanço demanda investimentos em infraestrutura, capacitação e preocupações éticas e de segurança.

A Internet das Coisas (IoT) tem suas bases na tecnologia dos microprocessadores, na integração de circuitos eletrônicos, na comunicação e no sensoriamento, sendo de grande relevância para instituições acadêmicas e indústrias devido à sua ampla aplicabilidade. A IoT expande a internet convencional para conectar objetos diversos, permitindo sua comunicação e controle remoto, impulsionando a produção desses objetos como provedores de serviços. Ela representa um ambiente em que os objetos físicos estão conectados à internet, fornecendo soluções para as demandas do dia a dia. Na Indústria 4.0, a IoT desempenha um papel central, conectando dispositivos e máquinas para coletar dados em tempo real. Esses dados são cruciais para otimizar processos, monitorar o desempenho das máquinas e realizar manutenção preditiva. A integração de máquinas, sistemas e ativos possibilita o estabelecimento de redes inteligentes, permitindo o controle independente dos módulos de produção. Essa capacidade de recuperação, transmissão e análise de dados em tempo real impulsiona a eficiência na Indústria 4.0, possibilitando otimização dos processos e prevenção de falhas. A IoT

é uma convergência de tecnologias essenciais, como identificação, sensores, comunicação, computação, serviços e semântica, para incorporar objetos físicos ao mundo virtual.

A Internet Industrial das Coisas (IIoT) representa uma inovação que aplica os princípios da Internet das Coisas (IoT) à indústria, prometendo melhorar a eficiência, reduzir custos, melhorar a produção, monitorar frotas e ampliar oportunidades de mercado, essencial para vantagens competitivas e avanços de países na era atual. A construção desses blocos básicos é fundamental para a eficácia da implementação da IIoT, permitindo a interconexão e operação inteligente de objetos físicos no ambiente digital, promovendo a integração entre o mundo físico e digital e permitindo comunicação em tempo real em ambientes industriais.

Os desafios se concentram de forma financeira e no ser humano. No financeiro, o alto custo de implementação das tecnologias é um desafio, devido à falta de empresas dedicadas ao desenvolvimento de tecnologias da Indústria 4.0 e à falta de incentivo governamental. No departamento pessoal, destaca-se a conscientização das organizações sobre a necessidade de mudança, porém com dificuldades na execução e resistência cultural às mudanças.

A adoção da Indústria 4.0 e suas tecnologias, incluindo IoT e IA, está em ascensão no Brasil, porém ainda enfrenta desafios devido a investimentos financeiros e falta de qualificação adequada. A IoT representa uma oportunidade única para o Brasil, com potencial econômico significativo, superando tecnologias como robótica avançada e computação em nuvem. Apesar dos desafios, há progresso visível na adoção gradual da Indústria 4.0 pelas empresas brasileiras. A integração plena pode tornar as empresas mais competitivas globalmente e contribuir para a inovação, destacando o cenário dinâmico e promissor da Indústria 4.0 no Brasil, com progressos reais rumo à transformação digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. **Robótica Industrial**. Porto: Universidade do Porto, 2002. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34811716/aplicacoes-with-cover-pagev2.pdf?Expires=1669269002&Signature=DDey~GPLNcBVG8312le8X0N241NYVDC>

uhHJcCvARKdPrQKnI8EY301WfmKzBI9qmBDRikTKtzXMk4iwrFVi8K8dcMB4dnVAp
iYhmCqe1ERrJTYGnSEK0Q-RljlgE6iuTmV3t7Lxhm7OcykKz3j-g~JgWylDkaf4-
ohU1tuOATZX~zynQOIScimkVjtL8SpUm9bSyE~DFRuSKuq3NB9PdsEOPwqQBRBI
HSDzWenHb2BW~oGNAzhJC~RGU
8G2929~gEpcq045XQ9q4Cg8jXr7u~NOjhtVqCdVwsjDnofF9iGadHcDujxMPV0fVkTT
vGdhiC9fVnfv~HZFcXI4jP9ow__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso
em: 23 set. 2023.

ACCENTURE. **Potencial da Internet Industrial das Coisas só será atendido com o apoio de governos e empresários**, revela Accenture. 2015. Disponível em: <<https://www.accenture.com/br-pt/company-potential-internet-of-things-governmentbusiness-support>>. Acesso em: 08 ago. 2023.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL. Internet das coisas: **estimando impactos na economia**. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/internet-coisas-iot>. Acesso em: 08 nov. 2023.

BOETTCHER, Maicon. **Revolução Industrial-Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0**. LinkedIn. Disponível em: < <https://www.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>, 2015. Acessado em 12/08/2023.

CAVALCANTE¹, Zedequias Vieira; DA SILVA, Mauro Luis Siqueira. **A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia**. 2011.

CIRILO, Carlos Eduardo. **Computação Ubíqua**: definição, princípios e tecnologias. **São Carlos**, 2008.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Tese de Doutorado. 00500: Universidade de Coimbra.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. (2016). **Indústria 4.0**: novo desafio para a indústria brasileira. *Sondagem Especial* 66,17(2). Recuperado de: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>

CONTE, G. Y. C.; ARAUJO, G. J. F. de. **A internet da indústria das coisas**: oportunidades e ganhos potenciais. *Ágora: revista de divulgação científica, [S. l.]*, v. 25, p. 1–17, 2020. DOI: 10.24302/agora.v25i0.2017. Disponível em: <http://ojs.unc.br/index.php/agora/article/view/2017>. Acesso em: 3 nov. 2023.

CORRÊA, M. **Tudo e em todo lugar**: até onde a ia pode levar o setor de manufatura? 2023. Disponível em: Acesso em: 24 ago. 2023 Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/ciberseguranca>. Acesso em: 24 ago. 2023.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Indústria 4.0**: Internet das coisas. Sistema FIRJAN, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47F01557E033FAC372E&inline=1>. Acesso em: 11 out. 2023. fundamentos.indústriade A Z,c 2021. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 11 out. 2023.

DA ROCHA FERNANDES, Anita Maria. **Inteligência Artificial: noções gerais**. Visual Books, 2005.

GARDNER, M. W.; DORLING, S. **Artificial neural networks** (the multilayer perceptron) a review of applications in the atmospheric sciences. *Atmospheric environment*, Elsevier, v. 32, n. 14-15, p. 2627–2636, 1998.

HUANG, Dijiang; WU, Huijun. **Computação em nuvem móvel: fundamentos e modelos de serviço**. Morgan Kaufmann, 2017.

KAGERMANN, H et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative** ndustrie. 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed.

Li, W., Liu, K., Belitski, M., Ghobadian, A., & O'Regan, N. (2016). **e-Leadership through strategic alignment: An empirical study of small-and medium-sized enterprises in the digital age**. *Journal of Information Technology*, 31(2), 185-206. <https://doi.org/10.1057/jit.2016.10>.

MACHADO, Walmor. **Cibersegurança: a chave para a proteção de dados!** Voitto, 2020.

MAGALHÃES, Regina; VENDRAMINI, Annelise. **Os impactos da quarta revolução industrial**. *GV Executivo*: v.17 n.1, 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/issue/view/4089/2062>. Acesso em: 09 set 2023.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, 2018.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. **Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos**. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.

MARTINS, D. L. **Sistema inteligente para auxílio no projeto e instalação de uma rede industrial de sensores sem fio**. Tese (Doutorado) — Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. 96f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação).

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estratégia brasileira de inteligência artificial** - ebia. 2021. Disponível em: Acesso em: 08 set. 2023.

Müller, J., Maier, L., Veile, J., & Voigt, K. I. (2017). **Cooperation strategies among SMEs for implementing industry 4.0**. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 23, 301-318. doi: 10.15480/882.1462.

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.I. (2018). **Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0**. Technological Forecasting and Social Change, 132, 2-17.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>.

MURARO, Rose Marie. **Os avanços tecnológicos e o futuro da humanidade**. Querendo ser Deus, 2009.

OLIVEIRA, F. T. de; SIMÕES, W. L. **A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes de engenharia**. I Simpósio de Engenharia de Produção (SIENPRO), 2017. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/Fernanda_Tha%C3%ADs_de_Oliveira.pdf.

QUESADA, Ricardo Carvalho. **Controle e automação de processos industriais: Fundamentos da automação industrial**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017. 176 p.

RIGOTTI, Genara. **Conheça as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e algumas aplicações**. ABII, Joinville–SC, v. 6, 2020.

ROCHA, A. **As principais aplicações da Internet das Coisas na Indústria**. 2017. Disponível em: < <http://multipeers.itpeers.com/2017/02/20/aplicacoes-internet-dascoisas-industria/>>. Acesso em: 06 ago. 2023

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**. Santa Maria: E-tec Brasil, 2016.

ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 515 p.

ROSARIO, Joao Mauricio. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2012.

SACOMANO, J.B.; GONÇALVES, R.F.; BONILLA, S.H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018. 9788521213710. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213710/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. 2016

Santos, E. de O.; Abreu, F. M. de; Santos, L. de O. **"A FMEA na gestão da manutenção de tornos mecânicos em um laboratório de mecânica do instituto federal de Sergipe -campus Lagarto"**. XVII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial, CONEMI 2017, 24 a 27 de outubro de 2017. Aracaju, Sergipe

SANTOS, Lourival Santana; ARAÚJO, Ruy Belém de. A revolução industrial. Disponível na Internet em: https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/10264518102016Historia_economica_geral_e_d_o_brasil_Aula_03.pdf. Acessado em: 13 nov 2023, v. 16, 2018.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018. 211 p.

SILVA, MCA da; GASPARIN, João L. **A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira**. 2015.

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. 11 de fevereiro de 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SOARES, Magno Leandro Cardoso; COUTINHO, Ítalo; NETO, Mário Reis. **Interação entre IIoT e Indústria 4.0 com a gestão de projetos**. 14 Congresso de Gestão, Projetos e Liderança. Minas Gerais: Project Management Institute, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338139254_INTERACAO_ENTRE_IIOE_INDUSTRIA_40_COM_A_GESTAO_DE_PROJETOS. Acesso em: 25 set. 2023.

Sommer, L. (2015). **Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?** Journal of Industrial Engineering and Management, 8(5), 1512-1532. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1470>.

SOUSA, Rafaela. **"Segunda Revolução Industrial"**; Brasil Escola. [s.l.] 2009. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucaoindustrial.htm>. Acessado em: 21/07/2023.

SOUSA, Rafaela. **"Terceira Revolução Industrial"**; Brasil Escola 2008. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acessado em 21/07/2023.

SOUZA, K. **Inteligência artificial na área logística: como isso pode ajudar seu e-commerce**. 2021. Disponível em: Acesso em: 22 ago. 2023.

Souza, Nicollas & Henkes, Jairo. (2020). **APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DA INDÚSTRIA 4.0 EM UM CASO COM ALGUNS CENÁRIOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. 9. 120-140. 10.19177/rgsa.v9e22020120-140.

SOUZA, S. de O.; SILVA, A. P. da. **A evolução da inteligência artificial: Reflexões sobre os desafios brasileiro**. In: Congresso Interdisciplinar-ISSN: 2595-7732. [S.l.: s.n.], 2020. v. 5, n. 1.

Tammone, G., & Tomomitsu, H. T. A. (2019). **As dificuldades enfrentadas pela PME brasileira frente ao paradigma da Indústria 4.0: Um estudo de caso**. In Anais do XXVI SIMPEP (pp. 1-14). Bauru, SP, Brasil.

TAURION, Cezar. Cloud computing: **computação em nuvem**: transformando o mundo da tecnologia da informação. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VENTURELLI, Márcio. **A Internet das coisas na indústria 4.0**. Automação Industrial, 2021. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/internet-das-coisas-na-industria4-0/>. Acesso em: 11 out. 2023.

YSTGAARD, K. F. et al. **Review of the theory, principles, and design requirements of human-centric internet of things (iot)**. v. 14, n. 3, p. 2827, Feb 2023.