

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
Curso de Engenharia da Computação

Tobias Hermes Prata

INDÚSTRIA 4.0:
A IoT COMO MOTOR DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

São Paulo

2024

Tobias Hermes Prata

**INDÚSTRIA 4.0:
A IoT COMO MOTOR DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia da Computação da Universidade Santo Amaro – Unisa, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador Prof. Dr. Alexandre Las Casas.

São Paulo

2024

Tobias Hermes Prata

**INDÚSTRIA 4.0:
A IoT COMO MOTOR DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia da Computação da Universidade Santo Amaro – Unisa, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador Prof. Dr. Alexandre Las Casas

São Paulo, 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Las Casas

Conceito Final

AGRADECIMENTOS

Expresso a minha profunda gratidão ao Professor Doutor Alexandre Las Casas pela sua preciosa orientação, por todo o tempo concedido, motivação e dedicação.

Revelou-se incansável e motivador em todas as fases deste trabalho.

De igual forma agradeço imensamente à minha Esposa Patrícia pelo incondicional apoio e à minha filha Nicolli pela compreensão durante toda essa jornada.

Agradeço também à UNISA por todo o conhecimento transmitido através de seus incomparáveis Professores, muito obrigado a todos e até breve.

RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) desempenha um papel crucial na transformação da indústria moderna, impulsionando a era da 4ª Revolução Industrial, cujo papel é a transformação completa de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional. A IoT refere-se à interconexão de dispositivos físicos, veículos, edifícios e outros objetos incorporados com sensores, softwares e conectividade de rede, permitindo a coleta e troca de dados em tempo real. Ao utilizar a palavra "Internet" no termo "Internet of Things" como acima mencionado, pode-se fazer uma analogia com a Web nos dias de hoje, em que brevemente as "coisas" terão habilidades de comunicação umas com as outras, proverão e usarão serviços, proverão dados e poderão reagir a eventos. Entre os principais benefícios estão a melhoria da eficiência operacional, a automação avançada e a capacidade de tomar decisões baseadas em dados precisos. Sensores e dispositivos conectados monitoram e medem uma ampla variedade de parâmetros, como temperatura, umidade e pressão, enviando esses dados para a nuvem para análise e geração de insights acionáveis. Além disso, a IoT contribui para a criação de cadeias de suprimentos mais inteligentes, com rastreamento em tempo real de produtos e componentes, sua adoção está revolucionando a indústria ao proporcionar uma maior eficiência, inovação e interconectividade, preparando o terreno para um futuro de produção mais inteligente e automatizada.

Palavras-chave: Automação. Eficiência. Interconectividade. Transformação. Inovação.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) plays a crucial role in transforming modern industry, driving the era of the 4th Industrial Revolution, whose role is the complete transformation of the entire sphere of industrial production through the fusion of digital technology and the internet with conventional industry. The IoT refers to the interconnection of physical devices, vehicles, buildings and other objects embedded with sensors, software and network connectivity, enabling the collection and exchange of data in real time. By using the word "Internet" in the term "Internet of Things" as mentioned above, an analogy can be made with the Web today, where soon "things" will have the ability to communicate with each other, provide and use services, provide data and be able to react to events. Among the main benefits are improved operational efficiency, advanced automation and the ability to make decisions based on accurate data. Sensors and connected devices monitor and measure a wide variety of parameters, such as temperature, humidity and pressure, sending this data to the cloud for analysis and generation of actionable insights. In addition, the IoT contributes to the creation of smarter supply chains, with real-time tracking of products and components, its adoption is revolutionizing the industry by providing greater efficiency, innovation and interconnectivity, paving the way for a future of smarter and more automated production.

Keywords: Automation, Efficiency, Interconnection, Transformation, Innovation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVOS.....	9
3 MEDOTOLOGIA.....	10
4 DESENVOLVIMENTO.....	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
6 CONCLUSÃO.....	18
7 REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

O termo "Indústria 4.0" foi cunhado na Alemanha, em 2011, durante a Feira de Hannover. O objetivo era promover a digitalização da indústria alemã e consolidar o país como um líder global em soluções industriais avançadas (GTAI, 2024).

A Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, representa um marco significativo na transformação digital dos processos produtivos. Caracterizada pela fusão de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, big data e robótica, essa nova era industrial promete revolucionar a forma como as empresas operam e interagem com seus clientes (Schwab, 2016).

De acordo com (Lima e Gomes, 2020), a Indústria 4.0 está em constante evolução, com países que implementaram estratégias nacionais relacionadas a essas tecnologias observando um crescimento significativo no número de publicações científicas e inovações tecnológicas. A Indústria 4.0 não apenas automatiza processos, mas também cria sistemas inteligentes e interconectados que permitem uma produção mais eficiente, flexível e personalizada.

A transformação digital impulsionada pela Quarta Revolução Industrial está redefinindo os modelos de negócios tradicionais, promovendo a inovação contínua e melhorando a capacidade das empresas de responder rapidamente às mudanças do mercado. Este movimento não só aumenta a produtividade e reduz custos, mas também abre novas oportunidades para o desenvolvimento de produtos e serviços inovadores. Neste contexto, a digitalização se torna um elemento essencial para a sobrevivência e o crescimento das organizações na economia moderna (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2016).

A digitalização intrínseca à Indústria 4.0 permite a criação de fábricas inteligentes e conectadas, capazes de coletar e analisar vastos volumes de dados em tempo real. Essa capacidade de gerar insights a partir dos dados (data-driven) possibilita a tomada de decisões mais precisas e ágeis, otimizando a produção, reduzindo custos e aumentando a eficiência. A automação avançada, por sua vez,

permite a criação de linhas de produção flexíveis e adaptáveis, capazes de responder rapidamente a mudanças na demanda e nos requisitos do produto (Kotter, 2012).

A implementação da Indústria 4.0 exige uma mudança cultural nas organizações, com a necessidade de investir em capacitação dos colaboradores e na adoção de novas ferramentas e tecnologias. Além disso, a segurança cibernética se torna um desafio crucial, uma vez que a crescente conectividade expõe as empresas a novos riscos (Lee, 2018).

A Indústria 4.0 representa uma transformação profunda nos processos industriais, com o potencial de gerar grandes benefícios para a sociedade. No entanto, é importante considerar os desafios e trabalhar para mitigar seus impactos negativos, como a substituição de mão de obra humana por máquinas e a falta de mão de obra qualificada. O sucesso da implementação da Indústria 4.0 dependerá da capacidade de as empresas e os governos se adaptarem a essa nova realidade e investirem em educação, treinamento e infraestrutura. É fundamental que os benefícios dessa revolução tecnológica sejam distribuídos de forma equitativa e que os desafios sejam enfrentados de forma proativa (Schwab, 2016).

A adoção de tecnologias limpas e a otimização do uso de recursos naturais contribuem para a construção de um modelo de produção mais sustentável, alinhado com os objetivos de desenvolvimento sustentável, além da possibilidade de melhorar a qualidade de vida ao criar ambientes de trabalho mais seguros e ao desenvolver produtos e serviços que atendam melhor às necessidades humanas (United Nations, 2022).

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral:

O presente artigo tem como objetivo principal explorar e analisar como a Indústria 4.0 atua na transformação digital das empresas, além de proporcionar uma visão abrangente e aprofundada sobre essa nova era industrial, a qual segundo (Schwab, 2016) precisamos compreender sua velocidade e amplitude de forma mais abrangente.

Objetivos Específicos:

- Definir e contextualizar a Indústria 4.0, além de destacar as principais tecnologias envolvidas.
- Analisar e expor os motivos pelos quais a integração dessas tecnologias está transformando os processos industriais.
- Identificar os benefícios e os desafios da implementação da Indústria 4.0.
- Apresentar casos de sucesso.
- Propor estratégias práticas para empresas que desejam iniciar ou acelerar sua jornada rumo à transformação digital.

3 METODOLOGIA

O estudo de caso realizado sobre a transformação digital promovida pela Internet das Coisas (IoT) na implantação da Indústria 4.0 utilizou uma abordagem qualitativa, combinando levantamento bibliográfico com análise documental.

Levantamento de Dados:

Os dados analisados são provenientes de documentos públicos fornecidos por empresas, as quais possuem algum resultado advindo da implantação da IoT em suas respectivas áreas industriais, também foram realizadas pesquisas em bases de dados do Google Acadêmico e Scielo para embasar a revisão literária com artigos científicos e estudos de caso relevantes.

Levantamento Bibliográfico:

O levantamento bibliográfico se deu a partir de conceitos e definições de IoT bem como a descrição das tecnologias e aplicações práticas envolvidas na adesão das Empresas à famigerada 4ª Revolução Industrial. Destaca-se também a análise de artigos e livros de autores como Schwab (2016) e Hermann, Pentek, Otto (2015), cuja abordagem merece a devida atenção acerca dos impactos econômicos e sociais promovidos pela transformação digital nas Indústrias.

Ferramentas de Pesquisa Utilizadas:

As ferramentas de pesquisa utilizadas no estudo incluíram plataformas como Scielo, Google Scholar e Mendeley para embasar .

Os métodos escolhidos foram essenciais para garantir a validade e a profundidade da pesquisa. O levantamento bibliográfico permitiu fundamentar teoricamente o estudo, ao passo que a coleta de dados bem como a análise documental garantiram uma visão abrangente a respeito da transformação digital na Indústria, já as ferramentas utilizadas proporcionaram uma análise técnica e detalhada

das implicações da IoT nos processos produtivos. Como destaca Yin (2015), estudos de caso com múltiplos métodos de coleta de dados são mais robustos, permitindo triangulação de informações e resultados mais confiáveis.

4 DESENVOLVIMENTO

De acordo com Borges de Lima et al. a IoT (Internet das Coisas) consiste em conectar objetos usados diariamente, como máquinas, veículos, aparelhos eletrônicos, à internet, de forma a possibilitar acesso remoto através de dispositivos móveis como celulares, notebooks e tablets ou através de dispositivos fixos, como desktops ou outros que tenham conexão com a internet.

O conceito de IoT foi criado pelo empresário britânico Kevin Ashton, o qual fundou uma startup em 1999, cuja ideia primordial descrevia um sistema no qual o mundo material se comunicaria com computadores por meio de troca de dados com sensores. Na virada de 2008 para 2009, o número de dispositivos conectadas à rede excedeu o número de habitantes do planeta Terra. De acordo com a Cisco, esse momento foi o verdadeiro nascimento da IoT, referida mais frequentemente como a “internet de tudo” (WITKOWSKI, 2017).

O desenvolvimento da tecnologia de redes sem fio (wireless) foi de grande importância, pois possibilitou que dispositivos móveis como PDA, celulares e tablets pudessem ser interligados à internet, ampliando o campo de atuação da internet em nosso cotidiano (Borges de Lima et al., 2018).

Aliado à IoT vale destacar a importância da IA (Inteligência Artificial) no processo de digitalização das indústrias, através da sua capacidade de aprendizado e adaptação, ela pode analisar grandes volumes de dados, identificar padrões e realizar previsões com precisão, ajudando as empresas a tomar as melhores decisões. Segundo Nomus (2024) a indústria 4.0 possui um valioso recurso para armazenamento que é a Computação em Nuvem, além de processamento e análise de dados de forma escalável e acessível. Podemos evidenciar também os conceitos de Big Data e Análise de Dados, os quais com a utilização de ferramentas avançadas

utilizarão os dados extraídos afim de identificar tendências, prever falhas, melhorar a eficiência além de descobrir novas oportunidades para inovação e crescimento.

Juntos, esses pilares dão sustentação para o processo de digitalização na Indústria 4.0, promovendo um ecossistema onde a informação e a conectividade são maximizadas para alcançar níveis sem precedentes de eficiência, produtividade e inovação Nomus (2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A coleta contínua de dados em tempo real obtida pela adoção da IoT é realizada através de sensores instalados em máquinas e equipamentos industriais, os quais após criteriosa análise podem revelar algumas informações importantes como as divulgadas por estudos da Cisco (Evans, 2011), mostrando que empresas que adotaram a IoT relataram uma redução de até 20% no tempo de inatividade das máquinas devido à manutenção preditiva, possibilitada pela análise dos dados em tempo real.

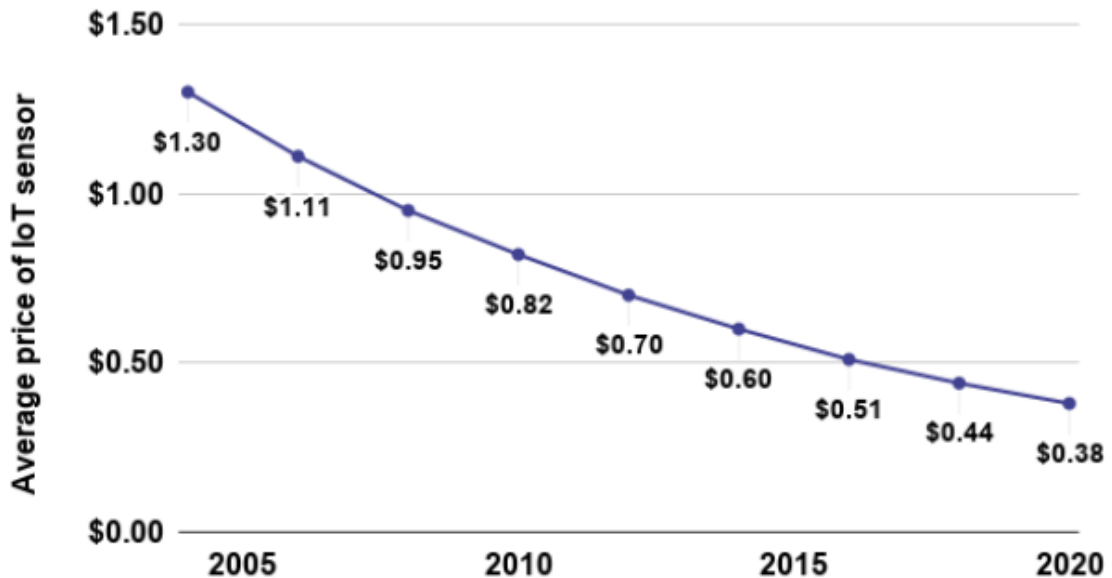
A IoT facilita a otimização de processos industriais ao fornecer dados precisos sobre o desempenho das operações. Um estudo da Mckinsey e Company revelou que a digitalização dos processos industriais através da IoT pode aumentar a eficiência em até 30%, melhorando a produtividade e reduzindo custos.

A gestão de recursos é significativamente melhorada pela IoT, ela permite a integração de diferentes sistemas dentro de uma indústria, promovendo uma comunicação eficiente entre diversas unidades de produção, como exemplo vale destacar a plataforma MindSphere da Siemens, que utiliza a IoT para conectar máquinas e sistemas, permitindo uma análise holística dos dados e tomada de decisões acertivas. Através de sensores inteligentes as indústrias podem monitorar o consumo de energia, água e outros recursos, ajudando a identificar desperdícios e oportunidades de melhoria. Estudos divulgados pela International Data Corporation (IDC) mostram que a implantação da IoT nas indústrias pode reduzir o consumo de energia em até 15%.

A IoT também contribui para um grande alicerce dentro da área industrial que é a segurança, na qual dispositivos interconectados podem monitorar as condições das máquinas e do ambiente, alertando em tempo real sobre potenciais riscos. Um estudo da Accenture destacou que a IoT pode reduzir incidentes de segurança em até 25%, ao permitir repostas rápidas e proativas a situações perigosas. Os dados e imagens capturados são processados por sistemas especializados, que constatam atitudes suspeitas ou perigosas e executam ações de proteção e prevenção automatizadas. Por exemplo, o sistema pode detectar um colaborador sem equipamento de proteção individual e enviar um alerta a ele, além disso é possível identificar uma situação com risco de acidente, evitando que ela ocorra. Os sensores podem identificar vazamentos tóxicos e acionar sistemas e serviços de emergência automaticamente.

No contexto da otimização vale destacar a importância da IoT para o controle de estoques. É possível adotar sensores ou etiquetas RFID a fim de coletar dados sobre a movimentação de produtos e materiais em armazens e depósitos. Esse processo permite identificar as quantidades ideais para compra de materiais, reduzindo os custos de aquisição e armazenamento. Além disso, os sensores indicam quando deve ocorrer a reposição de estoque, garantindo a produção e melhorando a relação entre a empresa e seus parceiros e fornecedores. A queda no preço dos sensores de IoT, bem como o incremento na oferta de novas tecnologias de rede e conectividade, são dois fatores importantes para explicar o aumento dos projetos de Internet das Coisas entre as manufaturas. Ao buscarem ingressar no universo da Indústria 4.0, essas empresas estão descobrindo possibilidades ilimitadas para elevar a eficiência dos processos produtivos, além de uma formatação inédita ao longo de toda a cadeia de valor na qual estão inseridas. O gráfico 1 expõe a queda no preço (em dólares) dos sensores de IoT no decorrer dos anos.

Gráfico 1: Preço Médio do Sensor de IoT



Fonte: Microsoft, 2021.

A evolução da Indústria atual para a Indústria 4.0 passa pela adoção e aplicação bem sucedida de alguns princípios básicos, além da IoT, vale destacar os seguintes itens:

- **Interoperabilidade:** baseia-se na capacidade de comunicação entre produtos, sistemas de produção e de transporte através da rede, independentemente da natureza do elemento inteligente e de seu fabricante.
- **Virtualização:** refere-se à capacidade dos sistemas de monitorar processos e, utilizando dados provenientes de sensores, criar uma versão digital que espelha o mundo físico por meio de modelos matemáticos.
- **Descentralização:** a tomada de decisão descentralização é um fator essencial no desenvolvimento de soluções para a Indústria 4.0, dado o aumento na complexidade e individualização na produção.
- **Capacidade de Resposta em Tempo Real:** para garantir a capacidade de reação do sistema a mudanças de demandas ou problemas de operação, é necessário que haja coleta e análise dos dados gerados pelos sistemas inteligentes para propiciar respostas em tempo real. Somente com aquisição

permanente do estado dos processos é possível redirecionar produtos para linhas alternativas e adaptar a fábrica inteligente de forma eficiente.

- **Orientação ao Serviço:** trata-se da disponibilização das funcionalidades de empresas, sistemas inteligentes e operadores humanos encapsulados sob a forma de serviços prestados em plataformas da Internet dos Serviços (IoS).
- **Modularidade:** sistemas modulares têm a capacidade de se ajustar e reorganizar *pari passu* com mudanças na demanda ou necessidade de customização de produtos. Com princípios de padronização e protocolos universais de comunicação esses sistemas modulares flexíveis podem ser facilmente incorporados a instalações industriais já existentes, oferecendo suas funcionalidades via IoS.
- **Sistemas ciber-físicos (CPS):** combinam atuação no mundo físico com conexão com o mundo virtual, empregando sensores que permitem capturar informações sobre a realidade, transformá-las em dados e utilizá-los na tomada de decisão e atuação com algum grau de automatismo.
- **Big Data Analytics:** compreendem um conjunto de técnicas e ferramentas computacionais para extrair valor (analisar e utilizar esses dados de forma estratégica) de grandes volumes de dados gerados pela aplicação de CPS e demais equipamentos conectados no sistema produtivo, além do grande volume que já circula na Internet.
- **Computação em Nuvem:** se baseia na transferência de dados e realização de processos computacionais em instalações externas à empresa e posterior recuperação destes dados e resultados, por meio da internet.
- **Internet dos Serviços (IoS):** meio digital por onde empresas, pessoas ou sistemas inteligentes podem se comunicar com o objetivo de disponibilizar e obter serviços.

- **Impressão 3D:** e outras formas de Manufatura Aditiva se referem a processos produtivos que, diferentemente dos métodos clássicos de fabricação, adicionam camadas de material como forma de traduzir uma geometria virtual em objeto físico.
- **Inteligência Artificial:** definida pela capacidade de computadores de realizar tarefas tipicamente associadas exclusivamente a seres dotados de inteligência.
- **Colheita de Energia (Energy harvesting):** reúne um conjunto de técnicas e mecanismos que buscam aproveitar pequenas quantidades de energia de processos físicos e mecânicos ou do ambiente (como energia solar, do vento, gradientes de salinidade, campos eletromagnéticos e gradientes de temperatura) e transformá-las em energia útil.
- **Realidade Aumentada (AR):** sobreposição computacional de elementos virtuais sobre o ambiente físico do usuário em tempo real, modificando ou incluindo elementos visuais e/ou auditivos que complementam sua experiência.
- **Cobots:** Os cobots são robôs colaborativos que desempenham tarefas difíceis, repetitivas ou que demandam grande esforço. Diferente da maioria das linhas de montagem que contam com robôs, as que usam os Cobots não representam riscos à integridade física dos funcionários, pois eles apresentam uma “inteligência” que impede de machucarem os colaboradores.
- **Digital Twin:** Digital Twin, ou Gêmeos Digitais, são modelos replicados que existem virtualmente e são dinâmicos, o que permite simulações e coleta de dados que facilitam a manutenção preventiva. Dessa forma, essa tecnologia serve para monitorar equipamentos e sistemas, rastreando falhas e prevenindo pequenas ou grandes eventos, desde a quebra de um acessório até um acidente com vítimas.

- **Biologia Sintética:** trata-se de um amalgamado de inovações tecnológicas nas áreas de química, biologia, ciência da computação e engenharia, o que permite o projeto e construção de novas partes biológicas, como enzimas, células, circuitos genéticos e redesenho de sistemas biológicos existentes. Essa mistura pode atender à medicina no combate à doenças hoje incuráveis.

Em resumo, as relações entre tecnologias e princípios básicos para a implantação da Indústria 4.0 podem ser visualizados no Quadro 1.

Quadro 1: Relações entre tecnologias e princípios básicos para a implantação da Indústria 4.0

Tecnologia	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Resposta em tempo real	Orientação ao serviço	Modularidade
CPS	X	X	X			
Big Data		X		X		
Computação em nuvem			X	X		
IoT	X					
IoS	X				X	X
Manufatura Aditiva	X				X	X
Inteligência Artificial	X		X			X
Colheita de Energia						X
Realidade Aumentada		X		X		

Fonte: Autor, 2024.

Em resumo, a indústria 4.0 é um conceito que engloba automação e tecnologia da informação, além das principais inovações tecnológicas desses campos. Esse tipo de abordagem usa tecnologias avançadas para reinventar os serviços e produtos. A adoção das referidas medidas pelas Empresas Brasileiras irá mudar de forma considerável o quadro do país no cenário internacional, melhorando sua posição no ranking global de competitividade. Segundo o relatório divulgado pelo Fórum Econômico Mundial no ano de 2019, o Brasil ocupa a 71ª posição, em um total de 141 países avaliados. De acordo com levantamento da ABDI, uma vez que a Indústria 4.0 for implantada, a estimativa é que haja redução nos custos industriais de, no mínimo, R\$73 bilhões/ano. Conforme estudo realizado pela IEC em 2015, o

tempo para atingir o estado de maturidade das tecnologias citadas como essenciais para o desenvolvimento da Indústria 4.0 varia na faixa de 2 a 10 anos, com exemplos de tecnologias já bastante evoluídas, como a Impressão 3D, e outras ainda em fase de maturação, como a Internet das Coisas (IoT).

6 CONCLUSÃO

Em resumo, este artigo explorou a aplicação da Internet das Coisas (IoT) no contexto da Indústria 4.0, examinando como a integração de dispositivos inteligentes e conectados pode transformar a produção industrial. Os objetivos principais foram alcançados ao demonstrar como a IoT pode aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos na indústria.

As contribuições deste estudo para a área de pesquisa são significativas, pois fornecem uma visão abrangente sobre a implementação da IoT em ambientes industriais e os benefícios associados. No entanto, apesar dos avanços apresentados, há uma necessidade contínua de novos estudos para aprofundar a compreensão dos impactos da IoT na segurança cibernética, na privacidade dos dados e na interoperabilidade entre diferentes sistemas e dispositivos.

Além disso, futuras pesquisas podem explorar soluções mais robustas para a manutenção preditiva, otimização de processos em tempo real e a integração com outras tecnologias emergentes, como a inteligência artificial (IA) e o blockchain. Também é importante investigar como pequenas e médias empresas podem adotar a IoT de maneira eficaz, considerando suas limitações de recursos e infraestrutura.

Em termos de melhorias, é essencial desenvolver padrões e regulamentações que garantam a segurança e a confiabilidade dos sistemas IoT na indústria. A colaboração entre Indústrias, Universidades e Governo pode acelerar o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis.

Em suma, a IoT tem o potencial de revolucionar a Indústria 4.0, mas o aproveitamento completo desse potencial depende da resolução de desafios técnicos e da criação de um ecossistema colaborativo e seguro.

REFERÊNCIAS

Alemanha – A nação líder mundial na Indústria 4.0. GTAI, 2024. Disponível em: <https://www.gtai.de/en/invest/industries/industrial-production/industrie-4-0>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

BORGES DE LIMA, A.W. *et al.* **INDÚSTRIA 4.0: conceitos e fundamentos.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2018.

Como a Digitalização está Transformando a Indústria 4.0. Nomus, 2024. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/como-a-digitalizacao-esta-transformando-a-industria-4-0/>. Acesso em: 11 de setembro de 2024.

Entenda como a Internet das Coisas está contribuindo para a disseminação da Indústria 4.0. Stefanini Group, 2019. Disponível em: <https://stefanini.com/pt-br/insights/artigos/entenda-como-a-internet-das-coisas-esta-contribuindo-para-industria-4-0>. Acesso em: 25 de setembro de 2024.

Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil. IEDI, 2017. Disponível em: https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_797.html. Acesso em: 8 de outubro de 2024.

Indústria 4.0: dados atualizados sobre o cenário brasileiro. IN BLOG, 2021. Disponível em: <https://v2com.com/2021/03/10/industria-4-0/>. Acesso em: 2 de outubro de 2024.

KAGERMANN, H. *et al.* **Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners.** Munich: Herbert Utz Verlag, 2016.

KOTTER, John P. **Leading Change.** Boston: Harvard Business Review Press, 2012

LEE, J. *et al.* **Inteligência Artificial Industrial para sistemas de manufatura baseados na indústria 4.0.** Cincinnati: Centro de Inteligência Artificial Industrial (IAI), 2018.

LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. **Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica.** Campinas: Revista Brasileira de Inovação, 2020.

O QUE É INDÚSTRIA 4.0? ENTENDA COMO ACONTECE A 4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. Tpsit, 2024. Disponível em: <https://www.tpsit.com.br/blog/o-que-e-industria-4-0-entenda-como-acontece-a-4-revolucao-industrial/>. Acesso em: 2 de outubro de 2024.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edições Mantiqueira, 2016.

United Nations Conference on Trade and Development, 2022, London. **Industry 4.0 for Inclusive Development.** United Kingdom, 2022.