



MATEUS AUGUSTO MORAES FANTIN

**INDÚSTRIA 4.0, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NA  
INDÚSTRIA BRASILEIRA**

---

Londrina  
2020

MATEUS AUGUSTO MORAES FANTIN

**INDÚSTRIA 4.0, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NA  
INDÚSTRIA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Universidade Pitágoras Unopar, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
graduado em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Bruno Roberto

Londrina  
2020

MATEUS AUGUSTO MORAES FANTIN

## **INDÚSTRIA 4.0, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NA INDUSTRIA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Universidade Pitágoras Unopar, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
graduado em Engenharia da Computação.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Msc. Sandro Teixeira Pinto

---

Prof. Esp. Willian Candido Pedroso

---

Prof<sup>(a)</sup>. Titulação Nome do Professor(a)

Londrina, 11 de dezembro 2020.

FANTIN, Mateus Augusto Moraes. **Indústria 4.0, perspectivas e desafios na indústria brasileira**. 2020. xxfls. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia da Computação – Universidade Pitágoras Unopar, Londrina, 2020.

## **RESUMO**

A Indústria 4.0 permite que os ativos físicos sejam integrados aos processos digitais e físicos interligados, criando assim fábricas inteligentes e ambientes de manufatura inteligentes. A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia de rápido crescimento que contribuiu drasticamente para a realização da Indústria 4.0. A IoT é considerada uma rede dinâmica e global de “coisas” interconectadas endereçáveis com exclusividade, com base em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis e com recursos de autoconfiguração. Este estudo descreve o conceito de IoT e explora alguns dos vários domínios de aplicação de IoT. Além disso, apresenta e analisa o conceito de Indústria 4.0 e os benefícios que oferece, bem como as tecnologias-chave relevantes (por exemplo, internet das coisas industrial (IIoT), sistemas ciberfísicos (CPSs), computação em nuvem, big data e análise de dados avançados, descreve o conceito de manufatura inteligente e destaca os principais desafios da IoT, a digitalização e a segurança que desempenham um papel muito especial no contexto da Indústria 4.0. Por fim, descreve-se a necessidade de inovação no domínio industrial e o impacto e os benefícios que a IoT e a Indústria 4.0 fornecem para a vida cotidiana e as indústrias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria 4.0. Internet das Coisas (IoT). Industrial Internet of Things (IIoT). Sistemas ciberfísicos. Digitalização e segurança.

FANTIN, Mateus Augusto Moraes. **Industry 4.0, perspectives and challenges in the Brazilian industry**. 2020. xxfls. Graduation Course in Computer Engineering - Pitágoras Unopar University, Londrina, 2020.

### **ABSTRACT**

The Industry 4.0 enables physical assets to be integrated into intertwined digital and physical processes thus creating smart factories and intelligent manufacturing environments. Internet of Things (IoT) is a rapidly growing technology that has drastically contributed to the Industry 4.0 realization. IoT is regarded as a dynamic and global network of interconnected “things” uniquely addressable, based on standard and interoperable communication protocols and with self-configuring capabilities. This study describes the IoT concept and explores some of the numerous IoT application domains. Moreover, it presents and analyzes the concept of Industry 4.0 and the benefits it offers as well as the relevant key technologies (e.g. industrial internet of things (IIoT), cyber-physical systems (CPSs), cloud computing, big data and advanced data analytics). describes the concept of intelligent manufacturing and highlights the main IoT and Industry 4.0 challenges, the Digitization and security that play a very special role in the context of Industry 4.0. Finally, the need for innovation in the industrial domain and the impact and benefits that IoT and Industry 4.0 provide to everyday life and industries is described.

**KEYWORDS:** Industry 4.0. Internet of Things (IoT). Industrial Internet of Things (IIoT). Cyber-physical systems. Digitization and security.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Especificações terminológicas .....	10
<b>Figura 2</b> – Indústria 4.0 e a rede inteligente .....	12
<b>Figura 3</b> – Tecnologias Facilitadoras.....	22
<b>Figura 4</b> – Índice Global de Inovação (2017) (Ranking) .....	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. TERMINOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA INDÚSTRIA 4.0.....</b>	<b>10</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	12
2.2 PRINCIPAIS TÓPICOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	13
2.3 REDE E SEGURANÇA NA INDÚSTRIA 4.0 .....	14
<b>3. IOT NA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DA INDÚSTRIA 4.0 .....</b>	<b>16</b>
3.1 INTERNET DAS COISAS - IOT .....	16
3.2 DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS.....	17
3.2.1 CIDADES INTELIGENTES .....	18
3.2.2 AMBIENTES INTELIGENTES .....	18
3.2.3 TRANSPORTE E LOGÍSTICA .....	19
3.3 INDÚSTRIA 4.0 E AS TECNOLOGIAS PRINCIPAIS ENVOLVIDAS .....	20
3.3.1 TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA INDÚSTRIA 4.0 INDÚSTRIA .....	22
<b>4. A DIGITALIZAÇÃO E A SEGURANÇA NA INDÚSTRIA 4.0.....</b>	<b>27</b>
4.1 IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	30
4.1.1 APLICANDO TECNOLOGIAS E MUDANDO A ORGANIZAÇÃO .....	31
4.1.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS E TRANSFORMAÇÕES INDUSTRIAIS.....	32
4.1.3 BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DE UM MODELO DA INDÚSTRIA 4.0.....	32
4.2 NOVOS RISCOS DE SEGURANÇA.....	33
4.3 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 E A INDÚSTRIA BRASILEIRA.....	35
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria passou por várias mudanças ao longo da história de evolução e inovação tecnológica. Mais e mais avanços estão proporcionando maior capacidades tecnológicas emergentes. É um setor produzindo melhorias contínuas, se diferentes tecnologias forem aplicadas ou produzidas. Uma evolução existente, mas houve grandes saltos na evolução industrial, identifique-se em três momentos diferentes da história até atingir a quarta geração.

Na primeira revolução industrial, no ano de 1782, foi graças a James Watt, com o primeiro motor a vapor projetado para aplicações industriais. Emergindo as primeiras máquinas para teares, fábricas de papel, destilarias, etc.

Mais de 100 anos depois, a introdução de um novo modelo de trabalho com a conhecida produção em massa, graças à ajuda da energia elétrica. É necessário aumentar a produtividade com a incorporação das primeiras linhas de montagem em 1913, têm-se a segunda revolução Industrial

E na terceira revolução industrial em 1969, quando grandes mudanças são introduzidas nas indústrias, se realiza a instalação das primeiras máquinas programáveis para realizar certas ações, Estes podem ser fáceis e repetitivos ou tarefas caracterizadas pelo desempenho de grandes esforços e que uma pessoa não seria capaz de fazê-lo. Produzindo melhorias de sua implementação, esta última revolução introduziu inúmeras mudanças na forma como as empresas operam indústrias e, além disso, tem seguido um processo contínuo de melhorias onde foram concebidas máquinas com maior precisão e para as quais tem sido possível reduzir custos nos processos e obter maior produtividade.

Com o advento da Internet, o mundo foi submetido a uma grande quantidade de transformação. A conectividade entre as pessoas foi alcançada globalmente e no prazo real, e programas foram desenvolvidos para facilitar e ajudar administração e operação de empresas. Isso, a priori, não foi uma alteração relevantes no modelo de negócios ou operação de plantas industriais. Foi em 2011 que esse movimento começou a surgir em o mundo da indústria, mais especificamente na Alemanha, com base em tecnologias associadas à Indústria 4.0. Surge o conceito da Indústria 4.0, um termo criado por Mark Watson, executivo sênior da empresa alemã IHS, que passa a se referir ao modelo da quarta revolução industrial.

A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, elucida



os padrões de melhoria da indústria para realizar processos de produção inteligentes, incluindo a dependência de CPS ou Sistemas Cibernéticos Físicos, desenvolvimento de Sistemas Ciberfísicos de Produção e execução de fábricas inteligentes.

O objetivo da Indústria 4.0 é fabricar um modelo de geração extremamente adaptável de itens e administrações customizados e informatizados, com comunicação constante entre indivíduos, produtos e dispositivos em meio ao processo de geração. A ideia “Industrial 4.0” foi vista pela primeira vez em um artigo publicado pelo governo alemão como um plano de política de alta tecnologia para 2020, em novembro de 2011. “Indústria 4.0” ascendeu rapidamente como o plano nacional alemão.

Nesse contexto surge à problemática, como será possível através de pesquisas literárias, artigos científicos, demonstrar que Indústria 4.0 é uma aspiração inovadora no Brasil, pois incorpora várias perspectivas e desafios, incluindo dificuldades lógicas, infraestruturas, financeiras, sociais e jurídicas?

O objetivo geral deste trabalho visa estudar os conceitos da Indústria 4.0, perspectivas e desafios na indústria Brasileira.

Para isso o trabalho seguirá os seguintes objetivos específicos que serão aprofundados no decorrer dos capítulos, como: pesquisar sobre os termos e características principais, estudar as características da IoT na transformação digital da Indústria 4.0, compreender que a digitalização e a segurança desempenham um papel muito especial, no contexto da Indústria 4.0.

Para alcançar os objetivos propostos o seguinte trabalho utilizará de uma revisão de literatura, com pesquisas em sites de fonte confiáveis, artigos científicos, jornais e revistas técnicas e órgãos públicos, não se estabelecendo um período anual de investigação para os livros clássicos da literatura, sendo os principais autores utilizados nas referências do trabalho: Zhou, 2016, Almeida, 2005, Lorenz, 2016. Já para os artigos científicos foi delimitado até o ano de 2020. As palavras chave utilizadas foram: Indústria 4.0, internet das coisas, tecnologia.

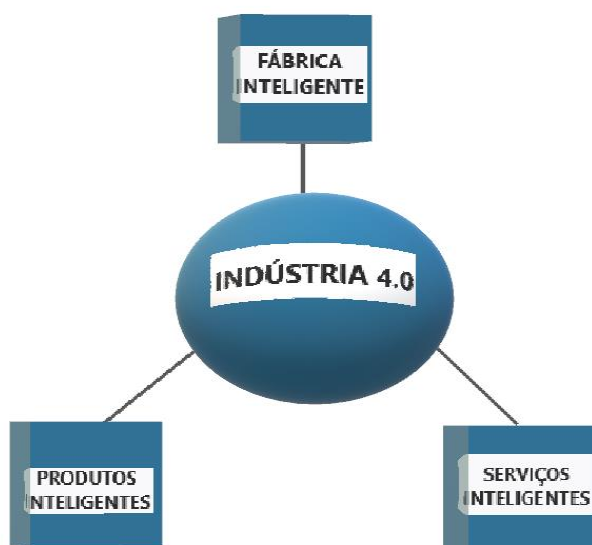
## 2. TERMINOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA INDÚSTRIA 4.0

O termo Indústria 4.0 se refere basicamente à ligação e rede inteligentes e permanentes de máquinas e processos operados por máquina na indústria. Graças às soluções modernas do campo da digitalização, a tecnologia da comunicação e da informação pode ser usada para conectar pessoas, máquinas e os produtos resultantes entre si e, assim, gerar uma produtividade significativamente maior e mais eficaz. Dependendo da empresa e do foco da produção, diferentes soluções inteligentes de rede e digitalização podem determinar o mundo do trabalho no futuro (ZHOU, 2016).

Sistemas inteligentes da indústria 4.0, são sensores e outros dispositivos são usados para conectar objetos do mundo material e físico com redes virtuais. A base da produção digital está em sistemas inteligentes (ALMEIDA, 2005).

O termo inteligente refere-se a uma combinação de bens igualmente tangíveis ou intangíveis com sistemas digitais. Estes, por sua vez, estão em rede e são capazes de se comunicar de forma inteligente entre si, o que acaba resultando em valor agregado para o usuário. Existem três especificações terminológicas, conforme Figura 1: Fábrica Inteligente, Produtos Inteligentes e Serviços Inteligentes (ALMEIDA, 2005).

**Figura 1** Especificações terminológicas



**Fonte:** Lorenz (2016).

O termo Fábrica Inteligente (*Smart factory*), ou fábrica inteligente, refere-se basicamente a sistemas de produção adaptativos que são interligados por *software* e conectados a várias redes. Os operadores beneficiam, acima de tudo, da rápida divulgação e utilização dos dados. A garantia da troca de informações mais segura e previsível entre os dispositivos e serviços envolvidos, a capacidade de rede e em tempo real, bem como a escalabilidade, são fatores críticos para o sucesso. Com base na inteligência descentralizada, essas arquiteturas escaláveis podem tomar suas próprias decisões. Além das fábricas, os produtos também podem ser inteligentes. Mas isso também levanta a questão de uma definição (KAGERMANN, 2013).

O termo Produtos inteligentes (*Smart Products*) são produtos que podem ser adaptados de forma flexível às necessidades do usuário e também podem ser conectados a outros sistemas por meio de rede inteligente. Isso torna possível, por exemplo, armazenar dados de configuração em um componente ou módulo de forma que o comissionamento subsequente da máquina seja possível em tempo hábil, uma vez que as medidas de configuração manual não são mais necessárias (ZHOU, 2016).

Os usuários particulares podem conhecer esse recurso pela integração independente de uma *smart TV* em seus próprios periféricos. *Smart Factory* e *Smart Products* são complementados por Smart Services como um terceiro componente (MARK, 2018).

Os termos Serviços Inteligentes (*Smart Services*) são geralmente definidos como uma combinação de serviços virtuais e físicos que oferecem valor agregado ao cliente. Os produtos inteligentes geralmente andam de mãos dadas com os serviços inteligentes. Esses serviços garantem uma orientação de mercado flexível em todos os momentos, o que promove agilidade. A base para esses serviços é fornecida por ambientes de software em rede, que por sua vez são incorporados aos serviços (ALMEIDA, 2005).

Um exemplo é o monitoramento remoto: as coisas são feitas com sensores ou chips RFID para permitir que sejam rastreadas. O ponto exato na cadeia de abastecimento em que o produto / objeto está localizado atualmente pode ser rastreado. É amplamente utilizado na área de logística e aumenta a competitividade e a capacidade organizacional (LORENZ, 2016).

## 2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA INDÚSTRIA 4.0

Como muitos dos produtos estão se desenvolvendo ou mudando cada vez mais rápido, a produção deve ser capaz de acompanhar (KAGERMANN, 2013).

A fábrica inteligente está no coração da Indústria 4.0. O objetivo é criar uma produção autônoma em que pessoas, máquinas, fábricas e produtos se comuniquem de forma independente entre si. Os chamados sistemas ciberfísicos tornam a produção mais flexível e eficiente. Isso torna possível realizar os desejos individuais do cliente a custos que antes só eram possíveis na produção em massa. Na Figura 2, a Indústria 4.0 descreve a rede inteligente de máquinas e processos operados por máquina na indústria (ZHOU, 2016).

**Figura 2** - Indústria 4.0 e a rede inteligente



**Fonte:** Zhou (2016).

A interoperabilidade semântica é considerada a chave para a implementação da Indústria 4.0. A comunicação padronizada e segura do dispositivo de campo para a nuvem não é mais uma visão, mas uma realidade que pode ser implementada com a ajuda do OPC UA. Esse padrão de comunicação aberta (LORENZ, 2016).

OPC UA (abreviação de *Open Platform Communications United Architecture*) é um padrão de troca de dados para comunicação industrial (comunicação máquina a máquina ou PC a máquina). Este padrão de interface aberta é independente do fabricante ou fornecedor do sistema do aplicativo, da linguagem de programação em que o respectivo software foi programado e do sistema operacional no qual o aplicativo está sendo executado, que tem por objetivo garantir a conexão entre os diversos dispositivos, do chão de fábrica (ALMEIDA, 2005).

Os principais recursos para uma fábrica ou sistema a ser considerado

Indústria 4.0 são: a) Interoperabilidade: onde máquinas, dispositivos, sensores e pessoas estão conectados e comunicados uns com os outros; b) Transparência da informação: os sistemas de informação criam uma cópia virtual do mundo físico por meio de dados de sensores para contextualizar as informações; c) Assistência técnica: a capacidade dos sistemas de apoiar os humanos (agregando e visualizando informações de forma compreensível) na tomada de decisões e na solução de problemas urgentes em curto prazo e a capacidade dos sistemas ciberfísicos de auxiliar os humanos em tarefas que são muito difíceis ou inseguras para os humanos; d) Decisão descentralizada: a capacidade dos sistemas ciberfísicos de tomar decisões simples por conta própria e realizar suas tarefas da forma mais autônoma possível (ZHOU, 2016).

## 2.2 PRINCIPAIS TÓPICOS DA INDÚSTRIA 4.0

As palavras-chave digitalização e rede desempenham um papel muito importante no segmento Indústria 4.0. Mas a automação também será muito mais importante no futuro do que pudesse imaginar e nas várias possibilidades e características da nova revolução industrial (KAGERMANN, 2013).

Os principais Tópicos da Indústria 4.0 são: a) Internet das coisas (IoT é a rede e o controle de soluções digitais e vários produtos diretamente pela Internet. Isso já está parcialmente estabelecido e, mas continuará a crescer significativamente no cenário da Indústria 4.0; b) Internet das coisas industrial: Armazenado da mesma forma, mas ainda não implementado de forma abrangente devido ao tamanho e ao escopo das diferentes instalações de produção. A automação tem um papel particularmente importante na Indústria 4.0; c) Computação em nuvem: Já está sendo usada com sucesso em muitas empresas e oferece a possibilidade de usar muitos serviços de forma independente e flexível. A plataforma Indústria 4.0 já está melhorando as ofertas existentes e futuras, estabelecendo vários padrões na área de digitalização; d) Big Data: O Big Data será outro ponto central na área da Indústria 4.0, com sistemas mais novos e mais rápidos, inteligência artificial e algoritmos, os dados dificilmente serão acessíveis aos humanos (KAGERMANN, 2013).

No entanto, o Big Data mudará muitas áreas de produção permanentemente, pois os algoritmos muitas vezes podem reagir e agir em poucos segundos devido ao

grande volume de dados (ALMEIDA, 2005).

As características definidoras ainda se traduzem em vários vetores que as empresas devem decidir seguir como seu primeiro passo em direção à Indústria 4.0. É importante observar que, no contexto da digitalização e automação, termos como rede e trabalho baseado em plataforma também precisam se tornar muito mais proeminentes, sendo importante as descritas abaixo (ALMEIDA, 2005).

Rede vertical: Os processos digital-para-físicos permitem que os fabricantes respondam rapidamente a várias mudanças que ocorrem como resultado de mudanças nas demandas, níveis de estoque ou falhas inesperadas de equipamentos. As fábricas inteligentes são entidades altamente conectadas, com diferentes sistemas sendo capazes de interagir uns com os outros e ajustar seu desempenho (LORENZ, 2016).

Integração horizontal por meio de uma nova geração de redes globais da cadeia de valor: Os loops físico-digital-físico (PDP) permitem um nível mais alto de transparência. As empresas podem localizar e responder aos problemas com mais rapidez. Essas redes em toda a organização podem registrar informações de todas as operações, incluindo intralogística e armazenamento, a prototipagem e produção, a marketing e vendas a serviços posteriores. Cada aspecto de cada processo é registrado e pode ser avaliado e analisado a qualquer momento (KAGERMANN, 2013).

Através da engenharia em toda a cadeia de valor: Todas as atividades de desenvolvimento e fabricação de produtos são integradas e coordenadas com os ciclos de vida do produto. Novas sinergias surgem entre o desenvolvimento de produtos e os sistemas de produção (ZHOU, 2016).

Aceleração por meio de tecnologias exponenciais; um dos pilares da Indústria 4.0 é a criação de um ecossistema cada vez mais autônomo e altamente cognitivo. Ele depende de tecnologias como aprendizado de máquina, aprendizado profundo, robótica avançada e IoT industrial para acelerar ainda mais a eficiência (MARK, 2018).

## 2.3 REDE E SEGURANÇA NA INDÚSTRIA 4.0

Outra característica é a rede e segurança na Indústria 4.0, em combinação com a digitalização no contexto da Indústria 4.0, a rede também está se tornando

cada vez mais importante. Isso ocorre porque os dados não devem ser apenas vinculados a uma empresa ou instalação de produção, mas devem ser retidos durante todo o ciclo de produção. Sem uma rede internacional boa e abrangente, esta solução não pode ser implementada no campo da digitalização. No entanto, não se pode fingir que a digitalização e a rede só trazem vantagens. Os perigos da Indústria 4.0 também devem ser esclarecidos. Dentro da estrutura da Indústria 4.0, mais e mais empresas irão coletar e processar enormes quantidades de dados por meio da digitalização (ALMEIDA, 2005).

Os sistemas serão facilmente capazes de estruturar e processar esses dados de forma abrangente, especialmente porque os dados são destinados aos algoritmos e, portanto, não precisam mais ser capturados por humanos. Mas com uma rede melhor, os riscos na segurança de TI também desempenham um papel cada vez mais importante. A manipulação de dados ou algoritmos pode levar muito rapidamente a problemas econômicos consideráveis. Pode ser nesta parte de segurança os maiores perigos para a Indústria 4.0 (ZHOU, 2016).

### 3. IOT NA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DA INDÚSTRIA 4.0

A definição semântica de IoT poderia ser determinada uma rede mundial de objetos interconectados endereçáveis de forma única, com base em protocolos de comunicação padrão. Além disso, a IoT pode ser considerada uma infraestrutura de rede dinâmica e global baseada em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis e com recursos de autoconfiguração. Nesta infraestrutura de rede específica, coisas físicas e virtuais estão interconectadas, têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e usam interfaces inteligentes e estão perfeitamente integradas à rede de informações (ZHOU, 2016).

#### 3.1 INTERNET DAS COISAS - IOT

No contexto da IoT, esta nova dimensão de coisas pode ser considerada uma extensão da interação e comunicação entre computador humano existente. Mais especificamente, qualquer entidade física ou virtual, que existe e se move no espaço e no tempo e é capaz de ser identificada por números de identificação atribuídos, nomes e / ou endereços de localização e de ser integrada em redes de comunicação, pode ser considerada como uma coisa. Além disso, as coisas tornam-se participantes ativos e cientes do contexto, reagem de forma autônoma e criam serviços sem a necessidade de intervenção humana direta (LORENZ, 2016).

A IoT fornecerá uma interação simbiótica entre os mundos físico e virtual e permitirá que pessoas e coisas se conectem a qualquer hora, em qualquer lugar, com qualquer coisa e qualquer pessoa, de preferência usando qualquer caminho / rede e qualquer serviço (ALMEIDA, 2005).

A IoT visa implementar conexões autônomas, robustas e seguras e troca de dados entre dispositivos e aplicativos do mundo real. Além disso, contribui para o cumprimento da comunicação e interconectividade M2M, bem como para a integração da inteligência nos dispositivos. Assim, os dispositivos serão capazes de processar informações e dados e tomar decisões humanas autônomas e inteligentes em tempo real, sem exigir qualquer envolvimento e / ou intervenção humana (ANDERL, 2016).

Assim, pode contribuir para a criação de um mundo potencialmente melhor para as pessoas, em que as coisas ao seu redor saibam do que gostam, o que



querem e do que precisam e agem de acordo, sem ter que receber instruções explícitas de humanos (ANDERL, 2016).

### 3.2 DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS

A IoT é considerada uma tecnologia inovadora em rápido crescimento, com várias aplicações, funções e serviços na vida cotidiana e em uma ampla gama de mercados e indústrias. Embora os avanços recentes na computação ubíqua e as potencialidades oferecidas pela IoT tornem viável o desenvolvimento de um grande número de aplicativos, apenas alguns estão disponíveis (ALMEIDA, 2005).

Os aplicativos de IoT visam melhorar a qualidade de vida da comunidade de usuários finais e apoiar a infraestrutura e as operações de uso geral. Por meio deste, ao ser projetado, a complexidade e a escala do problema a ser resolvido, bem como as particularidades, requisitos e características dos domínios específicos em que serão implementados devem ser levados em consideração, pois não existe uma solução única para todos. Além disso, devem ser projetados com cautela para satisfazer vários objetivos e requisitos, aumentando simultaneamente os níveis de qualidade de experiência (QoE) e qualidade de serviço (QoS) (LORENZ, 2016).

As soluções de IoT podem ser aplicadas a vários domínios e ambientes, portanto, podem ser agrupadas em domínios de aplicativo de várias maneiras. Categorizaram os aplicativos de IoT nos seguintes domínios: a) Domínio de transporte e logística: os aplicativos deste domínio envolvem logística, direção assistida, bilhetagem móvel, monitoramento de ambiente, mapas aumentados etc.; b) Domínio de saúde: as aplicações deste domínio envolvem rastreamento, identificação, autenticação, coleta de dados, detecção, etc.; c) Domínio de ambiente inteligente: as aplicações deste domínio envolvem casas / escritórios confortáveis, instalações industriais, museu inteligente e academia, etc.; d) Pessoal e social domínio: As aplicações deste domínio envolvem redes sociais, consultas históricas, perdas e roubos, etc.; e) Domínio futurista: As aplicações deste domínio envolvem táxi-robô, modelo de informação da cidade, salas de jogos aprimoradas, etc. (ZHOU, 2016).

### 3.2.1 Cidades inteligentes

O rápido crescimento urbano já está colocando uma pressão considerável sobre a infraestrutura e serviços públicos existentes e destacando a necessidade de um planejamento urbano e serviços públicos mais sustentáveis. Os aplicativos e serviços de IoT estão sendo explorados para que esses novos requisitos sejam atendidos e as mudanças sociais proporcionais a esse rápido crescimento sejam respondidas (ALMEIDA, 2005).

Além disso, as redes autônomas de cidades e residências serão inteligentes e capazes de detectar, monitorar e se adaptar às mudanças ambientais, reagir às atividades humanas. Mais especificamente, por meio da IoT, tecnologias e dispositivos inteligentes são interconectados e, como resultado, são capazes de melhorar e aprimorar a qualidade e o estilo de vida dos moradores da cidade, além de garantir que seus serviços essenciais sejam fornecidos (LORENZ, 2016).

Por meio da IoT, todos os aspectos da vida urbana podem ser melhorados com a criação de cidades inteligentes que infundem os serviços e serviços públicos já estabelecidos com os quais os residentes interagem diariamente, otimizando o uso da infraestrutura, recursos e instalações da cidade e melhorando a vida dos moradores da cidade qualidade (ANDERL, 2016).

Alguns dos muitos benefícios da utilização de aplicativos e serviços IoT em cidades inteligentes envolvem: a) Utilitários, edifícios e instalações com eficiência energética que reduzirão os custos e o desperdício a longo prazo; b) Sistemas novos e eficazes de consumo, gerenciamento, distribuição e renovação de recursos; c) Sistemas avançados de controle e monitoramento de tráfego, bem como meios de transporte público mais confiáveis e apoio a pedestres; d) Sistemas avançados de monitoramento e vigilância de segurança para melhorar a segurança pública (ZHOU, 2016).

### 3.2.2 Ambientes inteligentes

Ao utilizar dispositivos tecnológicos totalmente interconectados e sistemas incorporados, IoT visa invadir nosso ambiente diário e seus objetos e criar novas maneiras de interagir com esses ambientes inteligentes. O conceito de ambientes inteligentes evolui da computação ubíqua e promove a ideia de um mundo físico que

é rica e invisivelmente entrelaçado com sensores, atuadores, telas e elementos computacionais, integrados perfeitamente nos objetos de nossas vidas e conectados por meio de um sistema contínuo rede. Os ambientes inteligentes como um pequeno mundo onde todos os tipos de dispositivos inteligentes estão trabalhando continuamente para tornar a vida dos habitantes mais confortável (SACOMANO, 2018).

Além disso, definiram que inteligente se refere à capacidade de adquirir e aplicar o conhecimento de forma autônoma, enquanto ambiente se refere ao nosso entorno (ALMEIDA, 2005).

Com o uso da IoT em combinação com agentes de software automatizados para rastreamento e monitoramento em tempo real, os ambientes inteligentes se tornam um ecossistema tecnológico de vários dispositivos interconectados. Esses dispositivos inteligentes podem se comunicar e interagir com segurança, recuperar, processar, armazenar e trocar dados em tempo real. Ao integrar esses dados heterogêneos em aplicativos, o processo de adaptação às necessidades em constante mudança dos moradores e ambientais é facilitado (ZHOU, 2016).

Como resultado, seus requisitos estão sendo atendidos de forma rápida e satisfatória. Além disso, as aplicações IoT neste domínio visam melhorar a segurança ambiental atual, reduzindo e mitigando o impacto potencial de danos e desastres. As tecnologias de IoT permitem o desenvolvimento de sistemas e aplicativos inovadores de monitoramento e apoio à tomada de decisão em tempo real em relação a questões ambientais, como previsão e detecção antecipada de desastres naturais, condições climáticas, etc. (ANDERL, 2016).

### 3.2.3 Transporte e logística

Os veículos, estradas e mercadorias transportadas, estão equipados com dispositivos tecnológicos mais sofisticados, como etiquetas de comunicação de campo próximo (NFC), etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID), atuadores, sensores, etc. As tecnologias IoT podem ser usados para aumentar o potencial desses sistemas e otimizar seu uso nas áreas de transporte, logística e fornecedores, que são considerados componentes essenciais para a produtividade de muitas indústrias (LORENZ, 2016).

Os sistemas de transporte inteligentes (ITS) são capazes de comunicar,

compartilhar e trocar informações e dados de missão crítica com rapidez, tempo oportuno e precisão. Portanto, eles são usados para garantir que a rede de transporte seja monitorada e controlada de forma eficiente (ANDERL, 2016).

A IoT oferece vários aplicativos e serviços contemporâneos e, em combinação com as onipresentes redes móveis 5G, pode fornecer às indústrias sistemas de transporte e logística inteligentes. Esses sistemas fornecem soluções projetadas especificamente para determinadas necessidades e objetivos, acelerando assim a produtividade, a lucratividade e as operações. Além disso, eles oferecem monitoramento e rastreamento em tempo real por toda a cadeia de suprimentos, ajudando assim as empresas a aumentar a visibilidade de ponta a ponta, bem como manter um controle de transporte eficiente e uma gestão econômica. Além disso, eles conduzem um planejamento e otimização de rotas mais eficazes, permitem uma melhor eficiência energética e reduzem o tempo de inatividade geral do sistema (ALMEIDA, 2005).

Indústria Uma categoria específica de IoT concentra-se em seus aplicativos e casos de uso em indústrias modernas e manufatura inteligente é a Internet das Coisas Industrial (IIoT). É considerado um sistema complexo de uma ampla variedade de sistemas. Além disso, compreende um componente chave para o domínio industrial e está intimamente relacionado com a quarta revolução industrial (Indústria 4.0). Ele combina várias tecnologias-chave inovadoras para produzir um sistema que funcione de forma mais eficaz do que a soma de suas partes. Este domínio específico é caracterizado por seus diversos aplicativos e serviços inovadores, seus vários dispositivos interconectados, bem como suas novas operações de fabricação (ZHOU, 2016).

### 3.3 INDÚSTRIA 4.0 E AS TECNOLOGIAS PRINCIPAIS ENVOLVIDAS

Nos últimos anos, o cenário industrial global mudou drasticamente devido aos sucessivos avanços tecnológicos, desenvolvimentos e inovações. A quarta revolução industrial (Indústria 4.0) é caracterizada por suas diversas aplicações e serviços inovadores, seus vários dispositivos interconectados, suas novas operações de fabricação (LORENZ, 2016).

A Indústria 4.0 pode ser considerada um ambiente de manufatura altamente integrado, digitalizado, automatizado, autônomo e eficiente. A Indústria 4.0 como a

digitalização do setor de manufatura, com sensores embutidos em praticamente todos os componentes do produto e equipamentos de manufatura, sistemas ciberfísicos onipresentes e análise de todos os dados relevantes. Além disso, eles citaram que a Indústria 4.0 é impulsionada pelos seguintes quatro *clusters* tecnológicos: 1) dados, poder computacional e conectividade; 2) análise e inteligência; 3) interação homem-máquina e 4) conversão digital para física (ANDERL, 2016).

A Indústria 4.0 combina os poderes das indústrias tradicionais com tecnologias de ponta, permitindo que produtos inteligentes sejam integrados em processos digitais e físicos interligados. Esses processos interagem entre si e cruzam fronteiras geográficas e organizacionais (SACOMANO, 2018).

A Indústria 4.0 se concentra na digitalização ponta a ponta de todos os ativos físicos e sua integração em ecossistemas digitais, enquanto permite que eles gerem, analisem e comuniquem dados de forma integrada. Além disso, eles afirmaram que: a) a digitalização e integração de cadeias de valor verticais e horizontais; b) a digitalização das ofertas de produtos e serviços e c) os modelos de negócios digitais e o acesso do cliente são os principais fatores impulsionadores da Indústria 4.0 (ZHOU, 2016).

A Indústria 4.0 constitui um novo nível de organização e controle em toda a cadeia de valor do ciclo de vida dos produtos. Além disso, é voltado para os requisitos do cliente cada vez mais personalizados e aumenta a disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real, conectando todas as pessoas, coisas e sistemas envolvidos. Assim, ele cria conexões dinâmicas de auto-organização e de valor agregado otimizado em tempo real dentro e entre as empresas (LORENZ, 2016).

Os principais princípios de design dos vários componentes da Indústria 4.0 são: 1) interoperabilidade; 2) virtualização; 3) descentralização; 4) capacidade em tempo real; 5) orientação de serviço e 6) modularidade. As principais características que caracterizam a Indústria 4.0 são: 1) digitalização; 2) autonomização; 3) transparência; 4) mobilidade; 5) modularização; 6) colaboração em rede; 7) socialização (ALMEIDA, 2005).

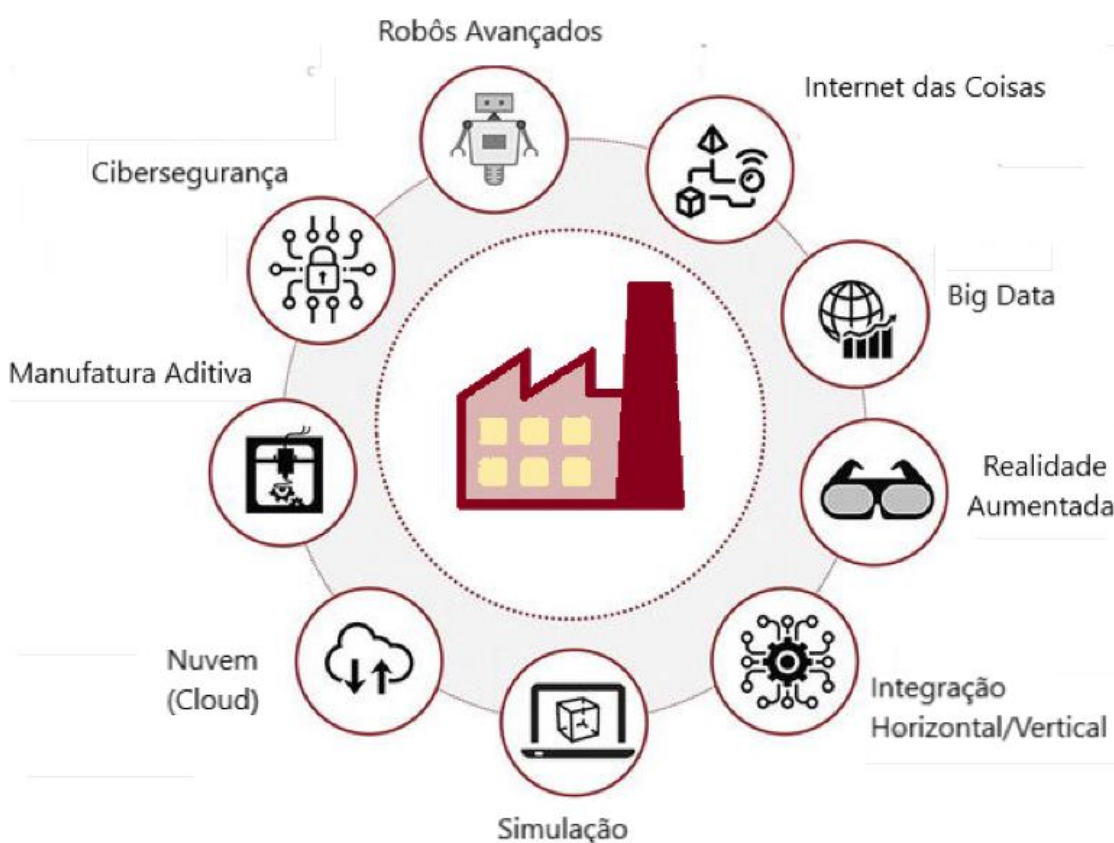
Os oito objetivos de planejamento a seguir são os pré-requisitos para alcançar a Indústria 4.0 são: 1) padronização de sistemas; 2) gerenciamento eficiente; 3) estabelecimento de uma infraestrutura de banda larga industrial abrangente e

confiável; 4) segurança e proteção; 5) organização e concepção do trabalho; 6) treinamento de pessoal e desenvolvimento profissional contínuo; 7) estabelecimento de uma estrutura regulatória e 8) melhoria da eficiência do uso de recursos (ANDERL, 2016).

### 3.3.1 As principais tecnologias envolvidas na indústria 4.0 indústria

As principais tecnologias envolvidas na Indústria 4.0 Indústria 4.0 visa aprimorar e atualizar as instalações de manufatura atuais, sistemas e tecnologias de gestão e manutenção para um nível inteligente, utilizando tecnologias-chave como IoT, Internet de Serviços (IoS), CPSs, autônomo, flexível e cooperativo robótica, simulações que aproveitam dados em tempo real e espelham o mundo real em um modelo virtual, análise de big data, realidade aumentada (AR), manufatura aditiva, tecnologias de informação e comunicação (TIC) e tecnologias de rede avançadas (por exemplo, computação em nuvem etc. (ALMEIDA, 2005).

**Figura 3 - Tecnologias Facilitadoras**



**Fonte:** Coelho (2016).

O big data é certamente uma das tecnologias mais importantes adotadas na Indústria 4.0. Está relacionado à grande coleta, processamento e análise de dados estruturados e não estruturados com algoritmos inteligentes. Recentemente, tornou-se um tema amplamente debatido no mundo empresarial e universitário, pois oferece uma série de novas oportunidades para os negócios. Outra tecnologia importante é a computação em nuvem que permite gerenciar grandes volumes de dados em sistemas abertos e garantir a comunicação em tempo real para o sistema de produção (ZHOU, 2016).

A computação em nuvem permite o acesso às informações de qualquer lugar do mundo a qualquer momento, aumentando assim a flexibilidade. Na fábrica inteligente, os dados são transmitidos digitalmente, portanto, a segurança cibernética desempenha um papel fundamental na nova revolução industrial. Os sistemas de segurança de TI são importantes para permitir todo o potencial das outras tecnologias. A Indústria 4.0 inclui o uso de robôs automatizados gerenciados diretamente pela fábrica inteligente e conectados ao resto do sistema empresarial. O processamento é feito automaticamente por sistemas ciber-físicos. Geralmente, os robôs automáticos são usados para trabalhos ergonomicamente difíceis ou altamente cansativos. A evolução dos sistemas tecnológicos e as demandas cada vez mais personalizadas dos clientes levaram à evolução das técnicas de manufatura aditiva e impressão 3D (ALMEIDA, 2005).

Através desta técnica, é possível construir protótipos, mas também produtos acabados em três tamanhos para os mais diversos fins. Com os protótipos é possível testar o material enquanto os produtos acabados são usados (COELHO, 2016).

Em particular, a impressão 3D para a produção de produtos acabados é utilizada para produtos altamente personalizados, como peças biofísicas ou peças para carros de fórmula 1. Novos modelos educacionais 4.0 exploram tecnologia de realidade aumentada, por meio de realidade aumentada (SACOMANO, 2018).

Por meio da realidade virtual é possível educar os operadores, ensinando as operações corretas a serem feitas para manutenção ou configuração da máquina. O sistema de realidade aumentada visa substituir antigos manuais em papel que são difíceis de entender. Por meio da tecnologia de integração horizontal e vertical, é possível cruzar a integração de dados da empresa com base em padrões de

transferência de dados. Em outras palavras, os processos de computador e comando estão cada vez mais em rede e integrados (LORENZ, 2016).

Finalmente, os sistemas de simulação e software também são muito usados. Por meio dessas ferramentas é possível simular sistemas de negócios e processos de manufatura, analisando entradas e saídas do sistema em tempo real e obtendo um relatório detalhado sobre o processo em estudo (ANDERL, 2016).

No contexto da Indústria 4.0, a coleta, análise e compreensão de dados de diversas fontes, incluindo sistemas e equipamentos de produção, bem como sistemas empresariais de gerenciamento de clientes, se tornarão a norma para apoiar a tomada de decisões em tempo real. Algumas das principais tecnologias envolvidas na Indústria 4.0 são brevemente descritas e analisadas, tais como as descritas abaixo (ZHOU, 2016).

A Internet das coisas industrial (IIoT) é uma categoria específica de IoT que se concentra em suas aplicações e casos de uso em indústrias modernas e manufatura inteligente. IIoT, que é usado no contexto da Indústria 4.0, pode ser considerado um sistema complexo de diversos sistemas e dispositivos. Mais especificamente, com o objetivo de produzir um sistema que funcione de forma mais eficiente do que a soma de suas partes, o IIoT combina várias tecnologias-chave contemporâneas. Através do uso de serviços apropriados, tecnologias de rede, aplicativos, sensores, software, middleware e sistemas de armazenamento, a IIoT fornece soluções e funções que desenvolvem percepções e melhoram o potencial e a capacidade de monitorar e controlar processos e ativos corporativos (SACOMANO, 2018).

Os serviços e aplicativos IIoT fornecem soluções vitais para uma programação, planejamento e controle mais eficazes de operações e sistemas de manufatura. Além disso, por meio de vários dispositivos interconectados que são capazes de se comunicar e interagir uns com os outros e com controladores mais centralizados, IIoT irá descentralizar análises e tomadas de decisão, tornando assim respostas e reações em tempo real viáveis (ALMEIDA, 2005).

Como resultado, a disponibilidade geral e a capacidade de manutenção das empresas são aprimoradas, sua eficiência operacional é aprimorada, a produtividade é acelerada, o tempo de colocação de seus produtos no mercado é reduzido pela redução do tempo de inatividade não planejado e sua eficiência operacional geral é otimizada, alcançando, assim, um enorme potencial para níveis sem precedentes de



crescimento econômico e eficiência de produtividade.

Em sistemas ciberfísicos, as tecnologias e estruturas ciberfísicas, também conhecidas como sistemas ciberfísicos (CPSs), têm sido cada vez mais adotadas na indústria devido aos avanços tecnológicos significativos nos domínios da ciência da computação, TIC e manufatura (LORENZ, 2016).

Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, os sistemas habilitados para CPS contêm serviços cibernéticos, como algoritmos de controle e capacidades computacionais, juntamente com recursos computacionais especializados, ativos físicos e interações em rede e envolvem um grande número de metodologias transdisciplinares (ZHOU, 2016).

O conceito de CPSs facilita um ecossistema de fabricação cibernética, onde máquinas inteligentes processam dados de produção por meio de um sistema de rede sem fio embutido. Além disso, os CPSs são definidos como tecnologias transformadoras que podem conectar perfeitamente o mundo físico com o virtual por meio de seus sistemas avançados e novos. Assim, eles são projetados e desenvolvidos para ter entradas e saídas físicas de modo a permitir e aprimorar a interação com os humanos usando modalidades inovadoras (ANDERL, 2016).

A computação em nuvem ou simplesmente nuvem desempenha um papel de liderança no aprimoramento e transformação da indústria atual, pois é uma espécie de terceirização que combina grande número de servidores e recursos de computação com o objetivo de oferecer programas de computador de alto nível serviços e recursos sob demanda ou pagamento por ciclo em tempo real (LORENZ, 2016).

A computação em nuvem é um conjunto de serviços habilitados para rede, fornecendo infraestrutura de computação escalável, com QoS garantida, normalmente personalizada e barata sob demanda, que pode ser acessada de forma simples e abrangente. A computação em nuvem é dividida em três níveis de ofertas de serviço, ou seja, Software como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS), que suportam diferentes níveis de virtualização e gerenciamento da pilha de soluções (ZHOU, 2016).

O uso de aplicativos e serviços avançados que se expandem dinamicamente com o aumento do número de usuários é considerado um dos principais benefícios da computação em nuvem. Além disso, os usuários e empresas têm acesso imediato a aplicativos, programas e serviços que são rapidamente provisionados

com mínimo esforço de gerenciamento e são hospedados na nuvem a qualquer hora e em qualquer lugar. Portanto, as empresas no domínio industrial usam vários aplicativos baseados em nuvem amplamente, a fim de melhorar o crucial para seus sistemas de funções eficazes, como Gerenciamento de Relacionamento com o Cliente (CRM), Gerenciamento de Recursos Humanos (HRM) etc. (ALMEIDA, 2005).

Além disso, empresas que utilizam computação em nuvem (Cloud Computing) pode evitar a complexidade de possuir e manter sua própria infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) e os custos iniciais que podem ser realizados por um método de pagamento conforme o uso, permitindo, assim, o empresas comecem pequenas e invistirem em mais recursos, se houver mais demanda de serviço (ANDERL, 2016).

A digitalização da vida cotidiana por meio da adoção de dispositivos inteligentes e tecnologias avançadas (por exemplo, IoT, Inteligência Artificial (IA), Redes Sociais, etc, levou ao aumento das fontes de dados e a diversidade de conteúdo digital, bem como os tipos, formas e estruturas de dados. Consequentemente, um enorme volume de dados heterogêneos, denominado big data, é gerado e aumenta exponencialmente a cada dia. Volume, variedade, veracidade, velocidade e valor são os principais fatores que caracterizam e diferenciam big data de dados tradicionais (ANDERL, 2016).

O big data desempenha um papel fundamental nas indústrias e na manufatura inteligente, pois pode fornecer às empresas inúmeras vantagens, méritos e benefícios por meio de vários insights preditivos e prescritivos. Portanto, as empresas, que desejam permanecer competitivas, devem dar prioridade à implementação e utilização de ferramentas, técnicas, métodos e aplicações analíticas avançadas contemporâneas com o objetivo de processar big data, reunir inteligência e recuperar o valor dos dados vitais em cada caso. Essas ferramentas são denominadas *big data analytics* (BDA) e utilizam técnicas paralelas e analíticas para analisar grande volume de dados diversos e de rápida transformação, permitindo, assim, a coleta, o processo e o gerenciamento de informações e estatísticas vitais (ZHOU, 2016).

#### 4. A DIGITALIZAÇÃO E A SEGURANÇA NA INDÚSTRIA 4.0

A digitalização e a segurança desempenha um papel muito especial, no contexto da Indústria 4.0. A base inicial para a digitalização industrial é a rede de dispositivos. Isso é comumente conhecido como a Internet das Coisas, conceito que a profissão não consegue definir de forma unânime (LORENZ, 2016).

Na convergência como tudo é digitalizado, os dados se tornarão onipresentes e as conexões serão feitas entre tudo via software inteligente. A Indústria 4.0 está quebrando as barreiras das indústrias convergentes (por exemplo informação, comunicação e entretenimento), disciplinas convergentes (por exemplo, genômica, nanotecnologia, robótica) e mundos convergentes, biológicos, físicos e virtuais (por exemplo, sistemas ciberfísicos) (ZHOU, 2016).

Mesmo que a Indústria 4.0 seja baseada e construída nas tecnologias e infraestrutura da Terceira Revolução Industrial, representa maneiras inteiramente novas em que as tecnologias emergentes são incorporadas dentro das sociedades e até mesmo dos corpos humanos (ANDERL, 2016).

A Indústria 4.0 engloba desenvolvimentos em campos fragmentados e desconectados, como inteligência artificial (IA) e robótica, nanotecnologia, 3D impressão e genômica e biotecnologia. Exemplos ilustres incluem edição de genoma, novas formas de inteligência de máquina, materiais inovadores e abordagens de governança que dependem de criptografia métodos como o blockchain (MOREIRA, 2017).

Espera-se que essas tecnologias emergentes causem a interrupção de modelos existentes de governança através da introdução de transversais econômicas, jurídicas, regulatórias e éticas desafios. Em particular, a Indústria 4.0 deverá ter um impacto nos mercados de trabalho (com mudanças no conjuntos de habilidades), cadeias de valor globais, educação, saúde, meio ambiente e muitos aspectos econômicos e sociais (ALMEIDA, 2005).

Não existe uma definição universalmente aceita de Inteligência Artificial IA. O pioneiro da IA, *Marvin Minsky*, definiu a IA como a área que estuda maneiras de imitar as funções cognitivas do cérebro humano em um computador, é a ciência da fazer as máquinas fazerem coisas que exigiriam inteligência se fossem feitas por homens a compreensão de máquinas com fala humana, competindo em sistemas de jogo estratégicos, dirigindo carros de forma autônoma ou interpretando complexos

dados são atualmente considerados aplicativos de IA. A inteligência, nesse sentido, se cruza com a autonomia e adaptabilidade por meio da capacidade da IA de aprender em um ambiente dinâmico. AI está se tornando popular, permitindo que as máquinas desempenhem funções cognitivas semelhantes às humanas aprimorada (DRUCK, 1999).

A IA está se tornando popular, permitindo que as máquinas desempenhem funções cognitivas semelhantes às humanas. Aprimorado por aprendizado de máquina, big data e computação em nuvem, algoritmos podem identificar padrões cada vez mais complexos em grandes conjuntos de dados e já superam os humanos em algumas funções cognitivas (ZHOU, 2016).

Embora prometa ganhos em eficiência e produtividade, a IA podem ampliar os desafios da política existente e levantar novas questões políticas e éticas, por exemplo em relação aos seus efeitos potenciais sobre o futuro do trabalho e desenvolvimento de habilidades, ou suas implicações para a supervisão e transparência, responsabilidade, obrigação, bem como segurança e proteção. por aprendizado de máquina, big data e computação em nuvem, algoritmos podem identificar padrões cada vez mais complexos em grandes conjuntos de dados e já superam os humanos em algumas funções cognitivas (ANDERL, 2016).

A fábrica inteligente conecta o mundo digital da informação tecnologia com o físico mundo operacional tecnologia, o que muitos chamam Convergência TI/TO. Mas Indústria 4.0 não é distante visão para a fábrica da futuro. Ele está aqui e agora. Redes de robôs são conectando-se à nuvem e contribuindo com grandes quantidades de dados perspicazes. Os fabricantes estão usando esses pipelines de informação para simplificar o gerenciamento de ativos e manutenção, maximizar equipamento e processo eficiência e melhorar o produto qualidade (LORENZ, 2016).

Fabricação localizada da Indústria 4.0; e, finalmente, o trabalho simultâneo no desenvolvimento de smart produtos e processos de fabricação. A ideia principal por trás da IoT é que, nas últimas décadas, TI e telecomunicações evoluiu. Este é um termo para “dispositivos móveis” que são equipados com um chip, RFID, sensor ou qualquer outro dispositivo capaz de rede e são capazes de se comunicar e compartilhar dados (ALMEIDA, 2005).

O objetivo é construir observações precisas e de longo prazo usando análises complexas métodos para criar melhores soluções de planejamento, operação, otimização e manutenção do que anteriormente. Esta à beira de uma revolução

industrial digital que levará a uma vertical interconexão (intra-corporativa) e horizontal (inter-mercado) de sensores, máquinas, peças e Sistemas de TI em toda a cadeia de abastecimento e valor (DRUCK, 1999).

A indústria 4.0 se baseia em modelos de dados e mapeamento de dados em todo o ciclo de vida e valor de produto de ponta a ponta mencionados. Todas as tecnologias na Indústria 4.0 precisam ser vistas nessa perspectiva em que a integração é a chave. Uma primeira integração (ou convergência) é a de tecnologia da informação (TI) e tecnologia operacional (TO).

Sem convergência de TI e TO não há transformação industrial, muito menos gestão de edifícios modernos e várias outras áreas onde os silos entre os diferentes sistemas tradicionais desaparecem devido, entre outros, IoT por um lado e onde TI e TO se encontram, por outro, que é o caso em quase todas as indústrias. A essência da convergência de TI e TO gira em torno de dados (e os sistemas onde eles estiveram por muitos anos), processos e pessoas / equipes. Novamente, a IoT é a chave aqui, pois também a Internet das Coisas começa com a captura (e subsequentes análises / aproveitamento de dados). É seguro dizer que a Indústria 4.0 só é possível por causa da IoT (ANDERL, 2016).

As ferramentas IoT são os componentes tecnológicos que permitem que um produto ou máquina de produção se conecte para uma rede corporativa e para coletar e/ou compartilhar dados. Estes podem incluir sensores, RFIDs, scanners 3D, câmeras e assim por diante (ZHOU, 2016).

Destaca-se duas ferramentas; sensores, que são destinados a observar o ambiente externo do objeto de observação, e RFIDs, capazes de transmitir dados ativos ou passivos sobre o status ou desempenho da unidade de observação (LORENZ, 2016).

Quando usa ferramentas IoT em processos corporativos e começa-se a coletar dados, tem-se várias opções para utilizá-los. Grandes quantidades de dados que não são gerenciáveis em contínuo e os sistemas convencionais de análise de dados são chamados de big data. Coletando-os e compartilhando-os com pessoas ou organizações autorizadas podem ser feitas por meio de data warehouses ou nuvens corporativas, possivelmente com empresas de computação em nuvem (como Amazon, Microsoft) (ALMEIDA, 2005).

Muitos dados só são realmente valiosos se tivermos uma ferramenta para analisá-los e, em seguida, colocá-los em um formulário amigável. Isso é análise de

big data, que pode ser uma fonte de vantagem competitiva. Em ordem para obter os dados e informações corretos, as empresas gastam cada vez mais no desenvolvimento de mineração de dados software, algoritmos e interfaces de *Enterprise Resource Planning* (ERP), que não apenas representam um problema do lado do investimento, mas também em termos de encontrar a força de trabalho certa (CONCEIÇÃO, 2012).

O CPS conecta dispositivos físicos ao ciberespaço. O CPS usa sensores, scanners 3D, câmeras, ou dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID) e fornece dados em massa para o processo. Isto é na verdade, a realização da IoT. A solução CPS usada especificamente na produção, o Sistema de Produção Ciber-Física (CPPS), é um sistema em rede de equipamentos de produção, trabalhadores, ou produtos em processo de produção. Isso torna possível fazer a produção processo mais flexível e melhorar sua eficiência, e para fazer produtos sob medida com produção em massa métodos (ALMEIDA, 2005).

#### 4.1 IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Para a implementação da Indústria 4.0, ferramentas que geram dados e criam big data são essenciais, incluindo sensores, chips RFID, scanners 3D, câmeras e robôs. Máquinas e pessoas usam interfaces para se comunicar, na maioria das vezes em tempo real. Ferramentas adicionais, como nuvens, dados locais armazéns e sistemas ERP coletam, armazenam e distribuem dados (LORENZ, 2016).

Deve haver plataformas que fornecem uma base comum para todas essas máquinas e dispositivos, e os padrões mais atualizados e, a maioria frequentemente, software desenvolvido internamente para extrair as informações relevantes dos dados gerados (por exemplo, mineração de dados e análise de dados, simulações, algoritmos) de uma forma que seja acessível e conveniente para os usuários, ou seja, em um dispositivo como um tablet ou telefone celular (ZHOU, 2016).

O próprio dispositivo, que exibe a interface, não precisa ser especializado - pode ser o telefone celular de um funcionário. O ponto essencial é que seja fácil visualizar as informações necessárias. Tudo isso é particularmente emocionante porque é acessível a baixo custo e o smartphone que fica no bolso da maioria das pessoas pode se tornar uma ferramenta de conexão e controle. Nas operações, formulários de pedidos a serem preenchidos e outros Podem ser utilizadas formas

automatizadas de comunicação, além de e-mails e ligações telefônicas, que podem ajudar quando as formas padrão de comunicação são insuficientes para apoiar a troca de serviços (DRUCK, 1999).

A integração é criada pela conexão de internet / rede e a interconexão em tempo real de todos os “Coisas” mencionadas acima (CONCEIÇÃO, 2012).

A tecnologia é uma chave da Indústria 4.0. O uso de novas tecnologias requer a preparação de sistemas existentes. Por exemplo, a integração de outros sensores e atuadores em sistemas de produção existentes e o gerenciamento intencional de dados é um pré-requisito para o CPS. Além disso, os sistemas precisam ser integrados a sistemas de transporte flexíveis para que sistemas de produção inteligentes possam surgir (ALMEIDA, 2005).

Soluções plug-and-produz são projetadas para serem rapidamente adicionadas ou removidas de um processo. Além disso, uma infraestrutura de Internet de banda larga rápida e estável é um pré-requisito, exigindo os respectivos investimentos. Uma fábrica inteligente deve contar com uma infraestrutura de dados interna bem desenvolvida, por exemplo, com base na Ethernet Industrial (LORENZ, 2016).

Além disso, os desenvolvimentos tecnológicos existentes, como identificação por radiofrequência (RFID), sistemas de execução de manufatura (MES) e sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP), precisam ser integrados ao conceito da Indústria 4.0. Os sistemas em nuvem estão disponíveis para lidar e processar grandes conjuntos de dados. Sistemas de detecção de intrusão, honeypots e firewalls ajudam a proteger os dados e impedir a intervenção de pessoas não autorizadas (ZHOU, 2016).

#### 4.1.1 Aplicando tecnologias e mudando a organização

A presença das ferramentas, métodos e procedimentos em uma empresa é necessária para ela começar no caminho de desenvolvimento gerado pela Quarta Revolução Industrial. Os seguintes etapas são necessárias para a mudança: 1. Aplicação de ferramentas e tecnologias à rede para garantir a transparência de todo processo de negócio; 2. Integração horizontal, o que significa conectividade próxima em tempo real e cooperação dentro do ramo de atividade da empresa; 3. Integração vertical, que envolve principalmente a cooperação com parceiros na cadeia de

abastecimento, mais tarde com parceiros da rede de abastecimento, incluindo ligação digital; 4. Repensar o modelo de negócios no espírito de um foco nos clientes, mesmo transformando a estrutura organizacional (LORENZ, 2016).

#### 4.1.2 Tecnologias digitais e transformações industriais

O principal objetivo da Indústria 4.0 é ser mais rápido e fazer com que a fabricação seja mais eficiente. A principal tecnologia utilizada no contexto da Indústria 4.0 são os sistemas ciber-físicos (CPS). CPS é considerada uma Tecnologia de Capacitação Chave (KEY) na quarta revolução industrial. CPS é um conjunto de diferentes tecnologias de habilitação, que geram um sistema autônomo, intercomunicador e inteligente e, portanto, podem facilitar a integração entre assuntos diferentes e fisicamente distantes. Este sistema permite três cenários sequenciais: geração e aquisição de dados, computação e agregação de dados adquiridos anteriormente e, finalmente, suporte à decisão. Esta definição inclui a presença de objetos interconectados que, por meio de sensores, atuadores e uma conexão em rede, são capazes de gerar dados, reduzindo assim as distâncias entre os diversos sujeitos envolvidos (ZHOU, 2016).

#### 4.1.3 Benefícios da adoção de um modelo da indústria 4.0

A Indústria 4.0 abrange todo o ciclo de vida do produto e a cadeia de abastecimento - design, vendas, estoque, programação, qualidade, engenharia e atendimento ao cliente e em campo. Todos compartilham visões informadas, atualizadas e relevantes dos processos de produção e negócios - e análises muito mais ricas e oportunas, otimização e gerenciamento da cadeia de suprimentos, as soluções da Indústria 4.0 oferecem às empresas maior percepção, controle e visibilidade dos dados em toda a cadeia de suprimentos. Ao alavancar os recursos de gerenciamento da cadeia de suprimentos, as empresas podem entregar produtos e serviços ao mercado de forma mais rápida, barata e com melhor qualidade para obter uma vantagem sobre concorrentes menos eficientes (ALMEIDA, 2005).

A Manutenção/ análise preditiva, para as soluções do Industry 4.0 oferecem aos fabricantes a capacidade de prever quando os problemas potenciais irão surgir antes que realmente aconteçam. Sem sistemas IoT implantados em sua fábrica, a



manutenção preventiva acontece com base na rotina ou no tempo. Em outras palavras, é uma tarefa manual. Com os sistemas IoT instalados, a manutenção preventiva é muito mais automatizada e simplificada. Os sistemas podem detectar quando os problemas estão surgindo ou o maquinário precisa ser consertado e pode capacitá-lo a resolver problemas potenciais antes que se tornem problemas maiores (DRUCK, 1999).

A análise preditiva permite que as empresas não apenas façam perguntas reativas como "o que aconteceu?" Ou "por que aconteceu ?," mas também perguntas proativas como "o que vai acontecer" e "o que pode fazer para evitar que isso aconteça? " Esse tipo de análise pode permitir que os fabricantes mudem da manutenção preventiva para a manutenção preditiva (ZHOU, 2016).

A Otimização e rastreamento de ativos - as soluções da Indústria 4.0 ajudam os fabricantes a se tornarem mais eficientes com ativos em cada estágio da cadeia de suprimentos, permitindo que eles mantenham um melhor pulso sobre as oportunidades de estoque, qualidade e otimização relacionadas à logística. Com a IoT instalada em uma fábrica, os funcionários podem obter melhor visibilidade de seus ativos em todo o mundo. Tarefas padrão de gerenciamento de ativos, como transferências, alienações, reclassificações e ajustes de ativos, podem ser simplificadas e gerenciadas de forma centralizada e em tempo real (LORENZ, 2016).

## 4.2 NOVOS RISCOS DE SEGURANÇA

A Internet das Coisas (IoT) cria novos riscos de segurança que os fabricantes de dispositivos e desenvolvedores de aplicativos não previram. Os dispositivos que se tornaram parte da IoT permitem o armazenamento, análise, monitoramento e compartilhamento de grandes quantidades de dados com outras redes dispositivos e usuários. A privacidade dos usuários é ameaçada por causa de seu controle e escolha limitados sobre a coleta, retenção e distribuição de seus dados. O risco de uma estrutura legal inadequada que regula a IoT requer ação urgente na análise legal e pode exigir novas abordagens na legislação (ANDERL, 2016).

Estruturas e padrões atuais foram emitidos ao longo dos anos, sugerindo uma variedade de metodologias, técnicas, listas de verificação e ferramentas de avaliação de segurança cibernética. Os mais populares entre esses padrões de TI são os sistemas de gerenciamento de segurança da informação ISO/IEC 27001

emitidos pela *International Organization for Standardization* (ISO) e o *framework* de segurança cibernética promovido pelo, Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA (NIST - National Institute of Standards and Technology) (ALMEIDA, 2005).

Em um cenário em rápida evolução como a Indústria 4.0, esses padrões têm o mérito claro de sugerir uma abordagem estruturada para a segurança cibernética. Em particular, a ISO / IEC 27001 e a estrutura do NIST promovem uma definição clara de funções e responsabilidades, encorajam um envolvimento substancial da liderança empresarial e promovem práticas de gestão de risco. Eles também incluem um objetivo de controle de referência (ISO / IEC 27001) e uma ferramenta de autoavaliação (NIST). As certificações também são um sinal para o mercado sobre a atenção que a segurança exige (ZHOU, 2016).

No Brasil foi aprovada a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei n. 13.709/2018), com apectos na regulação europeia, foi promulgada em 14 de agosto de 2018 e começou a vigorar em agosto de 2020, dois anos após sua aprovação (CONCEIÇÃO, 2012).

No Art. 1º, esta Lei dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural. Parágrafo único. As normas gerais contidas nesta Lei são de interesse nacional e devem ser observadas pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios (ALMEIDA, 2005).

À medida que os ecossistemas de mobilidade urbana estão emergindo, há uma atenção crescente em nível de sistema para as questões de segurança cibernética.

No quesito cibersegurança, o início recente e contínuo de ataques a infraestrutura crítica torna vital a necessidade de novos métodos de segurança cibernética. Uma oferta de IA pode identificar, categorizar e corrigir uma variedade de ameaças, incluindo perda de informações de identificação pessoal, malware e ataques de ameaças persistentes avançadas (LORENZ, 2016).

Para um algoritmo matemático, há pouco diferença entre os dados acima mencionados e os dados de cibersegurança. Todas as entradas, independentemente da fonte (por exemplo, um sensor de vibração ou um log de firewall), é uma informação com padrões únicos para um algoritmo. Para combater a

frente cibernética de ameaças industriais, um produto de IA pode automatizar o processo de pesquisa de ameaças, priorizar ameaças com base na confiança e exibir evidências corroborantes para o analista, de forma significativa reduzindo o tempo para correção da ameaça e o risco geral (DRUCK, 1999).

#### 4.3 Desafios da indústria 4.0 e a indústria brasileira

Desafios e questões em relação à implementação da Indústria 4.0, a respeito de desafios vitais, problemas de integração e implementação e questões de pesquisa da Indústria 4.0, foram realizadas. Vários desafios e questões fundamentais em várias seções que ocorrem ao longo do implementação da Indústria 4.0 (ALMEIDA, 2005).

A Indústria 4.0 introduz mais complexidade no processo de manufatura , então as empresas ficam inseguras sobre o investimento necessário em novos recursos, tecnologias mais adequadas, treinamento, o impacto que pode representar em seus modelos de negócios atuais e outros assuntos importantes para implementar os conceitos da Indústria 4.0 (ZHOU, 2016).

A maioria das empresas teve progresso limitado ou nenhum progresso devido às barreiras para implementar o paradigma da Indústria 4.0. O processo de implementação é complexo e, em todo o mundo, muitas empresas estão tendo dificuldades para superar os diferentes desafios apresentados, tornando a implementação da Indústria 4.0 uma tarefa difícil (CONCEIÇÃO, 2012).

A Indústria 4.0 é a transformação intensiva de informações de manufatura (e indústrias relacionadas) em um ambiente conectado de big data, pessoas, processos, serviços, sistemas e ativos industriais habilitados para IoT com a geração, alavancagem e utilização de dados acionáveis e informações como um forma e meios para realizar uma indústria inteligente e ecossistemas de inovação industrial e colaboração (LORENZ, 2016).

Assim, a Indústria 4.0 é uma visão ampla com frameworks claros e arquiteturas de referência, caracterizadas principalmente pela ponte de ativos industriais físicos e tecnologias digitais nos chamados sistemas ciberfísicos (CONCEIÇÃO, 2012).

Os sistemas ciberfísicos são a base e permitem novos recursos em áreas como design de produto, prototipagem e desenvolvimento, controle remoto, serviços

e diagnóstico, monitoramento de condições, manutenção proativa e preditiva, rastreamento e rastreamento, integridade estrutural e monitoramento de integridade de sistemas, planejamento, capacidade de inovação, agilidade, aplicativos em tempo real e muito mais (DRUCK, 1999).

Futuros sistemas de produção precisam ser desenvolvidos considerando a necessidade de fortes individualização do produto e, portanto, a necessidade de processos de produção altamente flexíveis. Para cumprir este desafio, os CPPSs devem ser integrados aos locais de produção, a fim de criar fábricas inteligentes. Um CPS é fundamental para esta visão e deve ser incorporado com máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção capazes de trocar informações com autonomia e inteligência. Esses CPSs monitoram os processos físicos, tomam decisões descentralizadas e desencadeiam ações, comunicando e cooperando uns com os outros e com os humanos em tempo real (ALMEIDA, 2005).

Isso facilita melhorias fundamentais para os processos industriais envolvidos na fabricação, engenharia, uso de materiais, cadeias de suprimentos e gerenciamento do ciclo de vida (CONCEIÇÃO, 2012).

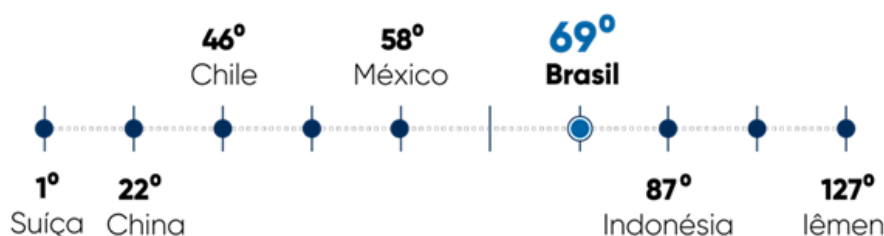
No Brasil, o Ministério das Comunicações criou no final de 2014 o *Machine-to-Machine* (M2M) e *Internet of Things* com o objetivo de desenvolver o “*National M2M* e Plano de comunicação da Internet das Coisas.” Esta Câmara foi composta por representantes de um número de associações e ministérios divididos em vários subgrupos, incluindo o Industrial Subgrupo Produtividade e Indústria 4.0, do qual a CNI faz parte. Recentemente, o Ministério da Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) criou um Grupo de Trabalho Indústria 4.0 feito constituição de representantes de diversas instituições, inclusive CNI, com o objetivo de traçar uma ação plano para a Indústria 4.0 no Brasil (LORENZ, 2016).

De acordo a CNI, uma política industrial e de inovação consistente é fundamental para que a indústria alcance um novo patamar de competitividade, conforme a Figura 4, onde mostra o ranking do Brasil, no índice global de Inovação. A indústria passa por profundas transformações, comumente referidas como a quarta revolução industrial, Indústria 4.0 ou digitalização. Em meio às transformações, abrem-se desafios e oportunidades para empresas industriais brasileiras (ZHOU, 2016).

Os desafios são: transição para a Indústria 4.0; desenvolvimento da Internet

das Coisas; modernização do parque industrial; maior produção de bens de alta intensidade tecnológica; e aumento da inovação. A inovação é o motor dos ganhos de produtividade no longo prazo. Depois de corrigidas as ineficiências sistêmicas, apenas com base na inovação, tanto de produto como de processo, a produtividade pode crescer indefinidamente. O investimento em inovação gera benefícios para toda a economia, mas os custos e riscos inerentes à atividade inovadora recaem apenas sobre a empresa que investe em PD&I. Por isso, é necessário criar um ambiente regulatório que estimule a inovação, um sistema de apoio tecnológico e linhas de financiamento adequadas (ALMEIDA, 2005).

**Figura 4** – Índice Global de Inovação (2017) (Ranking)



**Fonte:** Conceição (2012).

Conforme a CNI, a Indústria 4.0 é um novo desafio para a indústria brasileira, pois o uso de tecnologias digitais na indústria brasileira é pouco difundido. De todas as indústrias, 58% das empresas têm consciência da importância dessas tecnologias para a competitividade industrial e menos da metade as utiliza de fato. O foco tem sido a melhoria do processo produtivo, aumentando a produtividade. Embora seja um foco positivo, é limitado, pois deixa oportunidades abertas na fase de desenvolvimento da cadeia de suprimentos e na exploração de novos modelos de negócios (ZHOU, 2016).

Assim, inovar para a indústria 4.0 envolve a convergência digital entre industrial e componentes de negócios, bem como entre modelos de manufatura e processos internos. Este processo depende da combinação de dados de fontes externas e internas para melhorar a tomada de decisões, o desenvolvimento de habilidades digitais para uma melhor integração e gestão de recursos dentro das organizações, incluindo segurança, cibersegurança e controle de risco, melhor compreensão de como a tecnologia pode afetar (LORENZ, 2016).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo observa-se que, a IoT é uma tecnologia inovadora e de rápido crescimento que oferece várias novas aplicações, serviços e soluções e conecta o mundo físico ao digital. Também permite que pessoas e “coisas” se conectem a qualquer hora, em qualquer lugar, com qualquer coisa e com qualquer pessoa, idealmente usando qualquer caminho / rede e qualquer serviço.

A principal contribuição para a realização da Indústria 4.0 foi feita pela IoT. Isto permite que pessoas e “coisas” se conectem a qualquer hora, em qualquer lugar, com qualquer coisa e qualquer pessoa usando qualquer rede e serviço. Além disso, a IoT busca permear nosso ambiente diário e seus objetos, ligando o mundo físico ao digital. IoT, que é considerada uma rede dinâmica e global de “coisas” interconectadas endereçáveis de forma exclusiva visa a implementação autônoma, robusta e conexões seguras. Além disso, a IoT fornece vários aplicativos, funções e serviços na vida cotidiana e em uma ampla gama de mercados e indústrias.

Destaca-se também, a melhora na qualidade da comunidade de usuários finais e de nossas vidas em geral e oferece suporte à infraestrutura e às operações de uso geral. Além disso, visa transformar as indústrias atuais em indústrias inteligentes, utilizando a rede dinâmica de dispositivos interconectados. Aprimorar sua operação e funcionalidade, aumentar sua produtividade e reduzir seus custos e desperdícios são alguns dos muitos benefícios e lucros que as empresas podem obter usando a IoT. Além disso, as empresas que adotam totalmente a IoT estarão à frente de seus concorrentes, se tornarão mais ágeis, se adaptarão ao mercado em constante mudança, criarão produtos de maior qualidade que satisfaçam as necessidades e requisitos dos clientes.

Além disso, no contexto da Indústria 4.0, IoT, e mais especificamente IIoT, pode ser utilizado em combinação com outras tecnologias inovadoras, como big data, computação em nuvem, CPSs, etc., a fim de aprimorar e transformar os sistemas de fabricação atuais em sistemas inteligentes. A Indústria 4.0 permite que as máquinas se tornem entidades independentes que são capazes de coletar e analisar dados e dar conselhos sobre eles sem a necessidade de qualquer intervenção humana.

Embora a IoT ofereça uma magnitude de soluções para as indústrias, bem como uma infinidade de aplicativos e serviços contemporâneos e avançados, ela

ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento, adoção e implementação.

Assim, para que os vários desafios atuais e questões em aberto sejam encontrados e resolvidos, novas pesquisas devem ser realizadas. Em suma, a implementação completa e a adoção imediata da IoT, juntamente com a utilização apropriada de suas novas tecnologias, aplicativos e serviços, não podem apenas melhorar a qualidade de vida, mas também podem gerar oportunidades e benefícios pessoais, profissionais e econômicos significativos em um futuro próximo.

Assim, para que, os vários desafios atuais e questões em aberto, no caso o da segurança na IoT, sejam encontrados e resolvidos, novas pesquisas devem ser realizadas e para a continuação dos estudos, pode-se destacar uma mudança no conceito para a indústria 4.0 que inclui, a perspectiva de sustentabilidade e estilo de vida que precisa ser desenvolvido, com uma abordagem participativa, que inclui várias partes interessadas de diferentes setores, a criar e a desenvolver soluções sustentáveis da Indústria 4.0. Essa mudança de função pode ser, uma mudança para desenvolver estilos de vida mais sustentáveis e influenciará os participantes da indústria, criando novas oportunidades para seus produtos, serviços e modelos de negócios

Por fim, pode-se concluir neste estudo que, a Indústria 4.0 representa um novo capítulo no desenvolvimento técnico/humano, possibilitado por extraordinários avanços da tecnologia que estão mesclando os mundos físico e digital. A Indústria 4.0 é uma oportunidade de ajudar a todos, para aproveitar as tecnologias convergentes a fim de criar um futuro inclusivo e centrado no ser humano e ao ecossistema. Ela coloca ênfase no desenvolvimento de fábricas inteligentes e fabricação inteligente e visa lidar com as necessidades de mudança dos clientes e do mercado e transformar indústrias convencionais em indústrias inteligentes

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. R. **O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial**. 2005. Espaço Acadêmico, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005.
- ANDERL, R. Industry 4.0 - **Digital Transformation in Product Engineering and Production**. 21º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, Piracicaba, 06 Outubro 2016. 3-17.
- COELHO, P. N. M. **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e gestão Industrial pela Universidade de Coimbra. Coimbra, p. 1-65. 2016.
- CONCEIÇÃO, C. S. **Da revolução industrial à revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina**. 2012.
- DRUCK, M. G. **Terceirização: (des)fordizando a fábrica**. São Paulo: Boitempo, 1999.
- KAGERMANN, H., W. Wahlster, and J. Helbig, eds., **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Frankfurt, 2013.
- LORENZ, M. et al. **Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0**. The Boston Consulting Group, Inc. Boston, p. 15. 2016.
- MARK, S.; FELIX, H. **The fourth industrial revolution**: Responding to the Impact of Artificial Intelligence on Business. Palgrave Macmillan, 2018.
- MOREIRA, Leandro. **Indústria 4.0**: estudo da cadeia produtiva da madeira no paraná. Curitiba, Universidade Tecnológica do Paraná, 2017.
- SACOMANO, J. B.; SÁTYRO, W. C. **Indústria 4.0**: conceitos fundamentais. São Paulo: Blusher, 2018.
- ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. **Industry 4.0**: Towards future industrial opportunities and challenges. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015, p. 2147–2152, 2016.