

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**ARNOLD DE ARAUJO FREITAS**

**A INTERNET DAS COISAS E SEUS EFEITOS**  
**NA INDÚSTRIA 4.0**

**Niterói**  
**2017**

**ARNOLD DE ARAUJO FREITAS**

**A INTERNET DAS COISAS E SEUS EFEITOS NA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Computação.

**Orientador:**

**Leandro Soares de Sousa**

**NITERÓI**

**2017**

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

F866 Freitas, Arnold de Araujo  
A internet das coisas e seus efeitos na indústria 4.0 / Arnold de  
Araujo Freitas. – Niterói, RJ : [s.n.], 2017.  
56 f.

Projeto Final (Tecnólogo em Sistemas de Computação) –  
Universidade Federal Fluminense, 2017.  
Orientador: Leandro Soares de Sousa.

1. Internet das coisas. 2. Automação industrial. I. Título.

CDD 004.678

**ARNOLD DE ARAUJO FREITAS**

**A INTERNET DAS COISAS E SEUS EFEITOS  
NA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Computação.

Niterói, 05 de junho de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Leandro Soares de Sousa, D. Sc. – Orientador  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Douglas Paulo de Mattos, MSc. – Avaliador  
UFF – Universidade Federal Fluminense

Dedico este trabalho ao meu pai Arnaldo Abreu de Freitas e minha mãe Débora de Araujo Lima Freitas que acreditaram e incentivaram, e me concederam a oportunidade de estudar.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A meu Orientador Leandro Soares de Sousa pelo estímulo e atenção que me concedeu durante o curso.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que me acolheram e abriram novos horizontes.

Aos Colegas de curso, pelo incentivo e troca de experiências.

Aos meus pais e minha irmã Jennifer, por me ouvirem e colaborarem nessa jornada.

Ao amigo Fernando Bairral, pelas palavras de conforto e otimismo.

A minha namorada Jaqueline, pelo amor, carinho e compreensão.

Ao meu cunhado Douglas, pela dedicação ao trabalho para que eu pudesse estudar.

A todos os meus familiares e amigos pelo apoio e colaboração.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o que é a Internet das Coisas, relacionando as diversas aplicações na vida cotidiana e sobretudo os seus efeitos no ramo da indústria. Buscou-se dar clara compreensão de como as soluções do conceito de indústria 4.0 podem ser utilizadas e também como podem agregar valor às empresas da área. Este trabalho, através da pesquisa exploratória, conseguiu obter referências e informações aptas a formar uma análise mais abrangente sobre o tema.

**Palavras-chaves:** internet das coisas, indústria 4.0, IoT, manufatura avançada, IPv6 e automação industrial.



## **ABSTRACT**

This work aims at presenting the Internet of Things concept. It presents the various IoT applications in daily life and especially their effects in the industry. It sought to give a clear understanding of how the solutions of the concept of industry 4.0 can be used and how they can add value to the companies of the area. This work, through the exploratory research, was able to obtain references and information apt to form a more comprehensive analysis on the subject.

**Key words: internet of things, industry 4.0, IoT, advanced manufacturing, IPv6 and industrial automation.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: População x dispositivos conectados .....  | 17 |
| Figura 2: Blocos básicos de construção da IoT .....  | 22 |
| Figura 3: Revoluções Industriais .....   | 26 |
| Figura 4: – Fábrica da Siemens em Amberg, capaz de produzir um controlador por segundo ..... | 33 |
| Figura 5: Cadeia de valor da internet das coisas .....                                       | 44 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Pontos de Inflexão esperados até 2025 ..... | 41 |
|---|----|

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT – Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things*)

IP – *Internet Protocol*

TCP – *Transmission Internet Protocol*

RSSF – Rede de Sensores Sem Fio

RFID – *Radio Frequency Identification*

DoS – *Denial of Service*

IPSec – *IP Security Protocol*

NFC – *Near Field Communication*

FPGA – *Field Programmable Gate Array*

IoS – *Internet of Service*

M2M – *Machine to Machine*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

QR CODE – *Quick Response Code*

IA – Inteligência Artificial

IIoT – *Industrial Internet of Things*

FPGA - *Field Programmable Gate Array*



|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4   | CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS..... | 52 |
| 4.1 | PESQUISAS FUTURAS .....                          | 53 |
|     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                 | 55 |

# 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o setor tecnológico vem evoluindo constantemente e destaca-se pela miniaturização dos dispositivos computacionais e pela redução do custo dos componentes, permitindo a inserção destes dispositivos em diversos locais e em diferentes aplicações. O avanço nos sistemas eletromecânicos juntamente com as redes de sensores sem fio beneficiou as áreas médicas, ambientais, militares, comércio, indústria e domicílios.

Esse trabalho aborda o conceito de Internet das Coisas, em que os objetos da vida cotidiana são conectados à Internet e agem de modo inteligente e sensorial, relacionando com o ramo da indústria, que está passando por mudanças marcadas pela convergência de tecnologias digitais e físicas. Para os economistas, está ocorrendo a quarta revolução industrial e serão grandes os impactos para a sociedade. Serão discutidas as vantagens, desvantagens, soluções e efeitos da também chamada Indústria 4.0.

O avanço exponencial da capacidade dos computadores, a imensa quantidade de informação digitalizada e as novas estratégias de informação são fatores que motivam o surgimento da indústria 4.0. Como a indústria 4.0 irá mudar nossa forma de viver e enxergar o mundo, é de suma importância compreender as propostas e como a tecnologia está sendo empregada para alcançar os objetivos dos indivíduos e das organizações.

O presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica e documental, tendo como referência publicações acadêmicas da área, artigos e livros de especialistas. São apresentados no Capítulo 2, os conceitos de Internet das Coisas e Indústria 4.0, além de exemplos de aplicações e tecnologias empregadas. O Capítulo 3 explicita a metodologia adotada na investigação e o Capítulo 4 é dedicado ao estudo mais aprofundado sobre o tema, em que é feita uma análise dos efeitos da IoT na indústria. Por fim, no Capítulo 5, temos as conclusões e indicações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura realizada envolve os conceitos de Internet das Coisas, Internet dos Serviços e Indústria 4.0, detalhadas a seguir.

### 2.1 INTERNET DAS COISAS

Para (Santos, et al., 2016), a Internet das Coisas é uma extensão da Internet atual e emergiu dos avanços de várias áreas como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento. A IoT proporciona aos objetos do dia-a-dia se conectarem à Internet, desde que possuam capacidade computacional e de comunicação. Em 1999 o termo Internet das Coisas foi mencionado pela primeira vez, em um trabalho intitulado “*I made at Procter & Gamble*”, de Kevin Ashton e a IoT era associada ao uso da tecnologia RFID. Por volta de 2005 o termo começou a ser pesquisado mais profundamente pela academia e indústria, sendo relacionado com as redes de sensores sem fio.

Do inglês *Internet of Things* (IoT), a Internet das Coisas refere-se à integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet, permitindo que os objetos colem, troquem e armazenem dados que serão processados e analisados, gerando informações e serviços em grande escala. São muitas as possibilidades de objetos conectados: automóveis, smartphones, eletrodomésticos, artigos de vestuário, fechaduras, entre outros aparelhos. (Almeida, 2015)

A empolgação atual com IoT é fruto da convergência de diversas tecnologias. Estima-se mais de 30 bilhões de dispositivos conectados em 2020 (ABI Research, 2013) graças à miniaturização e popularização de sensores que



viabilizam a coleta e transmissão de dados. O avanço das redes sem fio permite toda essa conectividade, tornando onipresente o acesso e a transmissão dos dados para a Internet. A IoT gera impacto em todas as áreas, como indústria, eletrônica, de consumo, saúde e no cotidiano em geral, na forma como a sociedade consome informação. A IoT possui o mercado mundial estimado em 1,7 trilhão de dólares em 2020 (IDC, 2015).

De acordo com (Evans, 2011), a IoT é um paradigma em que mais “coisas ou objetos” estão conectados à Internet do que pessoas. A Figura 1 faz um comparativo do número de pessoas e dispositivos conectados ao longo dos últimos anos e a projeção até 2020.

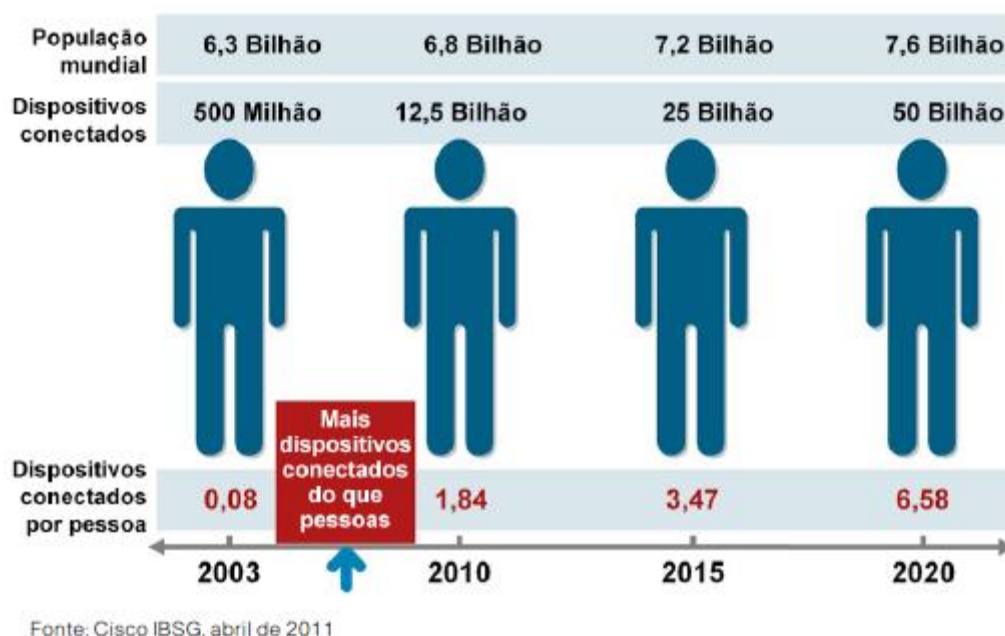


Figura 1: População x dispositivos conectados

Para notar a importância do IoT, o primeiro passo é entender as diferenças entre a Internet e a *World Wide Web* (Web). A Internet é a camada ou rede física composta por *switches*, roteadores e outros equipamentos. A função primária da Internet é transportar informações de um ponto a outro de forma rápida, confiável e segura. Já a Web é uma camada de aplicativos que opera sobre a Internet e visa oferecer uma interface que transforme as informações em algo utilizável. A Web passou por várias etapas evolucionárias: primeiramente foi

chamada de ARPANET e era usada pelo meio acadêmico para pesquisas, na segunda etapa foi caracterizada pela “corrida do ouro”, em que as empresas começaram a compartilhar informações na Internet, oferecendo produtos e serviços para as pessoas. Na terceira evolução, a Web saiu de um patamar de dados estáticos e passou para informações transacionais, contando com compra e venda online de produtos e serviços, assim explodiam empresas como o eBay e a Amazon.com, a quarta etapa, em que estamos agora, também chamada de Web “social” ou de “experiência”, empresas como Facebook, Instagram e Twitter se tornaram famosas e rentáveis, permitindo que as pessoas se comuniquem, compartilhando textos, fotos e vídeos sobre si mesmos com amigos e família.

A Internet continua se desenvolvendo e aprimorando, assim como na época da ARPANET. No início existiam vários protocolos de comunicação, como o *AppleTalk*, *Token Ring* e IP que atualmente é o padrão. A IoT se torna importante nesse contexto, pois é a primeira evolução real da Internet que levará a aplicações revolucionárias com potencial para melhoria de vida das pessoas na aprendizagem, trabalho e lazer. A IoT transformou a Internet em algo sensorial (temperatura, pressão, vibração, iluminação, umidade, entre outros dados captados por sensores). Locais inatingíveis até o momento estão sendo alcançados, por exemplo, na área da saúde, sensores são utilizados em pacientes para ajudar os médicos a diagnosticarem determinadas doenças. Sensores muito pequenos podem ser colocados em plantas, animais, recursos geológicos, e se conectarem à Internet.

A IoT é essencial para o progresso humano, pois combina a capacidade de sentir, coletar, transmitir, analisar e distribuir dados em grande escala, com a maneira das pessoas processarem informações, assim a humanidade obterá o conhecimento e a sabedoria necessários para sobreviver e prosperar nas próximas décadas. Outro exemplo de aplicação é a melhoria da qualidade de vida de pessoas idosas, em que um dispositivo pequeno pode detectar os sinais vitais de uma pessoa e enviar um alerta para um profissional de saúde quando atingir determinado limite ou sentir se a pessoa caiu e não consegue se levantar. (Evans, 2011)

Algumas barreiras tem retardado o desenvolvimento da IoT. Para a Cisco, as três maiores são a implantação do IPv6, alimentação dos sensores e um acordo de padrões. A seguir discutiremos a importância do IPv6 no âmbito da IoT.

### 2.1.1 IPv4 e IPv6

Os protocolos TCP e IP são os principais do conjunto de protocolos que direcionam o funcionamento da Internet, sendo o protocolo IP responsável por endereçar e encaminhar pacotes que trafegam pela Rede Mundial de Computadores. A versão mais utilizada do protocolo é a versão 4, que possui 32 *bits* de endereçamento, o que possibilita quatro bilhões de endereços aproximadamente para que dispositivos estejam conectados diretamente à Internet. (Miranda, 2008)

Porém estes IPs estão se esgotando devido ao grande número de dispositivos conectados à Internet como computadores, relógios, eletrodomésticos, entre outros. A solução para o crescimento da rede é o uso do protocolo IP na versão 6 (IPv6). Segundo (Pierini, 2014) o IPv6 atenderá por muito tempo as necessidades da Internet, pois ele possui 128 *bits* no campo de endereço, podendo endereçar  $3,4 \times 10^{38}$  IPs únicos. Embora o IPv4 ainda seja a versão mais utilizada, muitas empresas já estão usando o IPv6, como Google, Facebook, Yahoo!, Terra e UOL e alguns equipamentos de rede também estão sendo fabricados já com suporte à IPv6 de forma padrão. Aos poucos o IPv4 tem sido substituído pelo IPv6, que vai permitir mais acessos à Internet.

O IPv4 e o IPv6 não são diretamente compatíveis, já que o IPv6 não foi projetado para ser uma extensão, ou complemento do IPv4, mas sim, um substituto que resolve o problema do esgotamento de endereços. Embora não interoperem, os protocolos podem funcionar em paralelo nos mesmos equipamentos, possibilitando realizar a transição de forma gradual.

Outra vantagem do IPv6 é a mobilidade, pois um equipamento pode mudar de uma rede para outra preservando o endereço, evitando que as conexões sejam perdidas (Tanenbaum & Wetherall, 2011). O sucesso na implantação do IPv6 é fundamental para que a IoT se torne realidade, mas ainda falta iniciativa por parte dos bancos, governos e empresas.

### 2.1.2 Sensores

O autor (Aquino, 2015) conceitua as redes de sensores sem fios como dispositivos de sensoriamento com poder de processamento e comunicação limitados e com restrições energéticas, já que normalmente são alimentadas por baterias. As redes de sensores sem fio (RSSFs) quando utilizadas em conjunto, funcionam como um grande sistema distribuído, autônomo e cooperativo. É possível verificar uma variedade de fenômenos que são descritos por algumas grandezas físicas, como temperatura, pressão e umidade.

Existem diversas aplicações para as RSSFs e IoT. Algumas aplicações citadas por (Aquino, 2015) estão ligadas ao sistema urbano em geral e cidades inteligentes, como soluções para a integração de veículos “inteligentes”, capazes de interagir entre si e trocar informações de acidentes ou congestionamentos. Outras aplicações são o monitoramento ambiental visando monitorar a qualidade do ar, praias ou rios e a previsão de catástrofes; e a automação de prédios permitindo a concepção de ambientes inteligentes.

Para aplicações no âmbito de transportes urbanos inteligentes, os dados de sensoriamento podem ser as coordenadas de uma colisão, velocidade dos veículos em uma avenida, aglomerado de veículos parados, dados informados por passageiros em redes sociais ou aplicativos de navegação. Os dados coletados podem ser processados em diferentes plataformas, como o sistema embarcado do carro, smartphones, ou serviço na nuvem. Todos os atores envolvidos, carros, celulares, semáforos etc. precisam interoperar por meio da Internet, como proposto pela Internet das Coisas. O RFID (*Radio Frequency Identification*) é uma forma barata e escalável de sensoriar objetos de trânsito, provendo rastreamento, contagem de veículos, pagamento automático de pedágios, entre outras finalidades.

### 2.1.3 Segurança na IoT

Para (Shelby & Bormann, 2009), existem ao menos três grupos de objetivos desejáveis para segurança em IoT:

- **Confidencialidade:** neste requisito os dados transmitidos devem ser “escutados” e entendidos exclusivamente por elementos participantes da comunicação, ou seja, elementos sem autorização até sabem que ocorreu comunicação, mas não sabem seu conteúdo;
- **Integridade:** se refere aos dados, que não podem ser alterados por elementos da rede sem a devida autorização. Uma forma de garantir a integridade é implementando a criptografia de mensagens e verificando-as no lado receptor;
- **Disponibilidade:** é desejável que o sistema esteja sempre disponível e seguro contra-ataques maliciosos. As redes sem fios estão sujeitas a interceptações por hackers que agem nesta vulnerabilidade. Então um sistema IoT deve estar preparado para identificar e tratar problemas, como os ataques *Denial of Service* (DoS).

Pode-se empregar IPsec para alcançar integridade, porém o IPsec padrão é considerado grande para as aplicações comuns de IoT, sendo necessário realizar adaptações. Vale ressaltar que os requisitos de segurança da IoT variam de aplicação para aplicação, sendo necessário analisar os objetivos mencionados ao implementar uma aplicação.

#### 2.1.4 Blocos básicos de Construção da Internet das Coisas

A IoT é uma combinação de diversas tecnologias, que são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos reais ao mundo virtual. A Figura 2 apresenta os blocos básicos de construção da Internet das Coisas, que segundo (Al-Fuqaha, 2015) são:

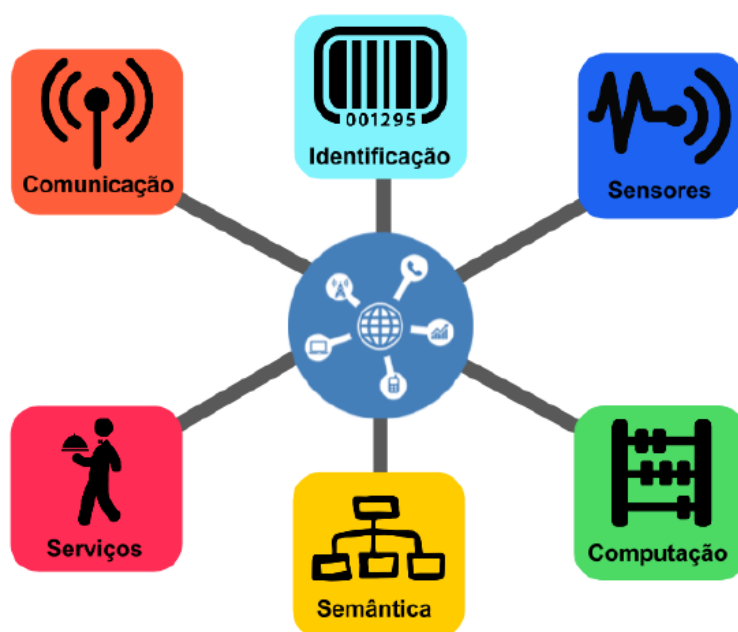


Figura 2: Blocos básicos de construção da IoT

**Identificação:** é um dos blocos mais importantes, pois é essencial identificar os objetos de forma única para conectá-los à Internet. São utilizadas tecnologias como o RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP para identificar os objetos.

**Sensores/Atuadores:** através de sensores, os objetos coletam informações ao seu redor e os dados podem ser armazenados ou encaminhados para *data warehouse*, *clouds* ou centros de armazenamento. No caso dos atuadores, os objetos podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados coletados.

**Comunicação:** a comunicação é outro bloco fundamental, pois através dela que os objetos inteligentes se conectam. A comunicação também influencia no consumo de energia dos objetos, que é um fator crítico e desafiador para a IoT, já que a energia é um recurso limitado para a maioria dos objetos e sensores. São exemplos de tecnologias utilizadas para comunicação o *WiFi*, *Bluetooth*, IEEE 802.15.4, RFID.

**Computação:** este item se refere à unidade de processamento, como micro controladores, FPGAs e processadores. Dá a capacidade aos objetos inteligentes de computarem.

**Serviços:** dentre as diversas classes de serviços que a IoT provê destacam-se os seguintes:

- Serviços de identificação: são os mais básicos e importantes, pois as aplicações fazem uso para mapear as Entidades Físicas em Entidades Virtuais, facilitando o mapeamento dos objetos no mundo real com seus respectivos objetos no mundo virtual.

- Serviços de Agregação de Informações: coletam e resumizam os dados brutos dos objetos inteligentes, que serão posteriormente processados e enviados para as aplicações.

- Serviços de Colaboração e Inteligência: estes serviços agem sobre os serviços de agregação de informações, utilizando os dados obtidos e processados para tomar decisões e reagir de modo adequado.

- Serviços de Ubiquidade: oferecem Serviços de Colaboração e Inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

**Semântica:** diz respeito à habilidade de extração de conhecimento dos mais variados objetos presentes na IoT. Em outras palavras, a semântica cuida da descoberta e uso inteligente dos recursos, possibilitando a oferta de determinado serviço. A semântica também efetua o reconhecimento e análise dos dados para realizar corretamente a tomada de decisões. Exemplos de tecnologias empregadas: *Resource Description Framework (RDF)*, *Web Ontology Language (OWL)* e *Efficient XML Interchange (EXI)*.

Três tipos de aplicações da IoT foram definidos para explicar seu funcionamento ao usuário final: quando ela é incorporada à rotina do consumidor; a aplicação em negócios e serviços, em que a tecnologia se torna mais acessível e tangível ao consumidor, incluindo o surgimento de novos modelos de negócios e produtos-serviços híbridos; e a aplicação industrial, em que a tecnologia é invisível ao consumidor final. Esta última aplicação chama a atenção pela Indústria 4.0 e é tema central deste trabalho.

## **2.2 INDÚSTRIA 4.0**

Ao longo dos últimos anos, a inovação tecnológica vem evoluindo constantemente. A velocidade com que essas inovações são introduzidas fomenta o desenvolvimento das empresas e gera vantagem competitiva sobre outras concorrentes. Com o mercado competitivo e globalizado, é exigida qualidade nos produtos, serviços, processos e eficiência. Por isso as inovações se tornaram importantes para vários segmentos do mercado.

Segundo (Saénz & Capote, 2002), a inovação tecnológica consiste no “processo pelo qual novos produtos, equipamentos, linha de produção e distribuição de bens e serviços, e métodos gerenciais se introduzem em nível macro na economia”.

Com surgimento constante de novas tecnologias torna-se conveniente repensar o produto ou o processo de produção e verificar se as necessidades dos clientes podem ser atendidas de uma forma mais plena e econômica. (Oliveira, 2003)

Portanto, a percepção do valor dado pelos clientes aos produtos é muito importante, sendo necessário descobrir quais são as inovações que precisam ser adotadas para satisfazer o público alvo.



### 2.2.1 Revoluções da Indústria

A história da evolução da indústria passa por períodos de revolução. A primeira Revolução Industrial ocorreu no século 18 quando James Watt aperfeiçoou a máquina à vapor, colocando a indústria têxtil como símbolo da produção excedente, gerando a riqueza da época e criando um novo modelo econômico. A primeira revolução industrial foi há aproximadamente 200 anos (1712-1913). Após esse período, Henry Ford criou a linha de produção em massa, caracterizando a segunda Revolução Industrial. Foi feita a produção empurrada e surgiu o conceito da produção em escala, reduzindo o custo e popularizando o produto, para que a massa trabalhadora pudesse adquirir, criando um ciclo virtuoso na indústria e na economia. Esse período durou próximo de 60 anos (1913-1969). A partir desse ponto, entramos na era da automação, sendo a terceira Revolução Industrial. Nela foi feita a implantação de computadores no chão-de-fábrica, colocando controles eletrônicos, sensores e dispositivos capazes de gerenciar uma grande quantidade de variáveis de produção, o que permite a tomada de decisões de controle de dispositivos de forma autônoma. O impacto foi o ganho da qualidade dos produtos, o aumento da produção, a gestão dos custos e a elevação da segurança na produção.

O período da terceira Revolução Industrial durou cerca de 40 anos (1969-2010), e estes intervalos vêm diminuindo, inaugurando uma nova era, ainda em transição, cujo maior protagonista é a Internet, que já está consolidada entre as pessoas como um grande canal de comunicação convergente de todas as tecnologias, agora sendo colocado dentro da indústria com seus conceitos, adaptados a máquinas e equipamentos.

Para (Venturelli, 2014) estamos vivendo uma transição entre a Terceira Revolução e a Quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0. A Indústria 4.0 ainda é mais um conceito do que uma realidade, mas está sendo motivada por três grandes mudanças no mundo industrial produtivo: avanço exponencial da capacidade dos computadores; imensa quantidade de informação digitalizada e novas estratégias de inovação (pessoas, pesquisa e tecnologia).

Segundo (Silva, 2016), a Indústria 4.0 envolve o uso de avanços na tecnologia de comunicação e informação para aumentar o grau de automação e digita-

lização da produção, fabricação e processos industriais. O objetivo final é gerir todo o processo da cadeia de valor, melhorando a eficiência no processo de produção e obtendo produtos e serviços de qualidade superior. Isso dará origem a fábrica do futuro ou “*Smart Factory*” (Fábrica Inteligente). Essa fábrica é prevista para operar com tranquila eficiência, em que todos os processos são executados e conduzidos sem problemas. A Figura 3 ilustra as revoluções industriais, suas características e marcos.

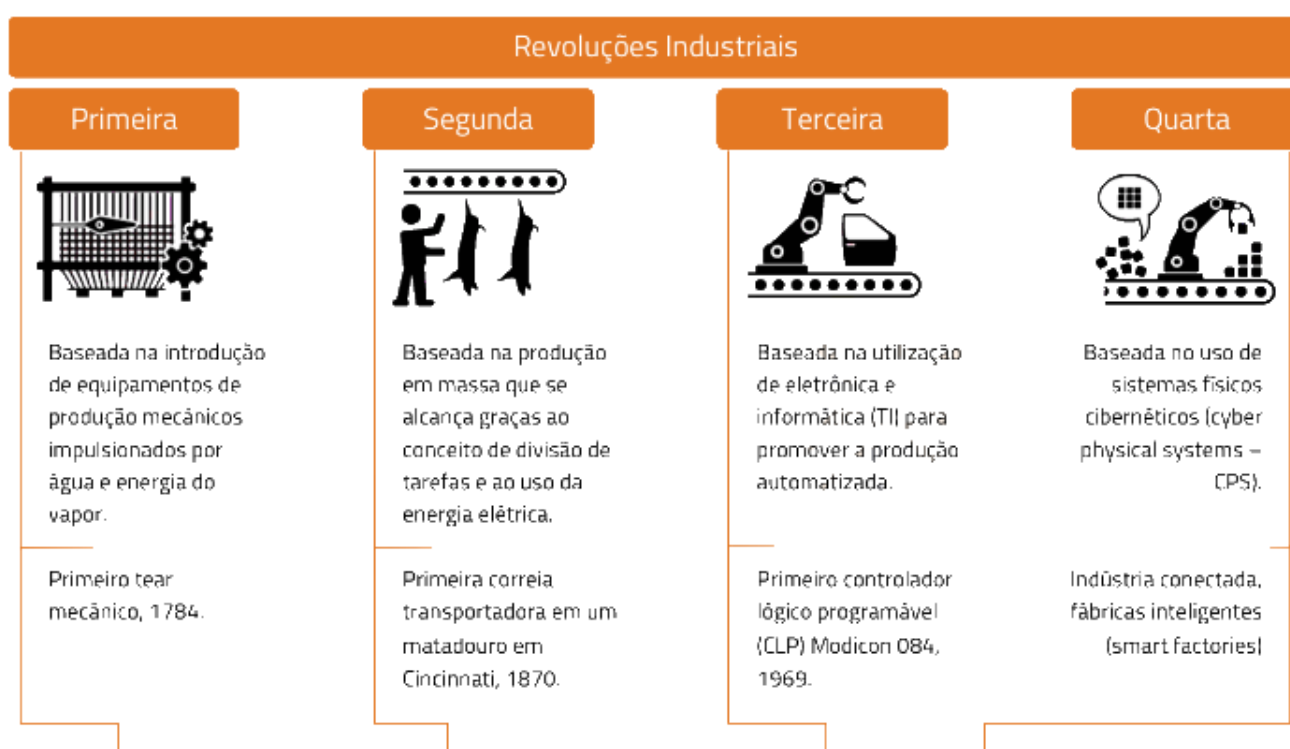


Figura 3: Revoluções Industriais

### 2.2.2 O que é Indústria 4.0

O conceito de Indústria 4.0 foi discutido pela primeira vez durante a feira de Hannover na Alemanha e começou a ser implantado a partir de 2013 através de um projeto do governo alemão voltado para novas estratégias que aliam tecnologia e

meios de produção. O fundamento básico da Indústria 4.0 diz que as fábricas que conectam máquinas e sistemas possuem a capacidade e autonomia para agendar manutenções, prever falhas em processos e se adaptar a mudanças inesperadas que ocorrem nas etapas de produção. Isso implica em uma nova era no âmbito das revoluções industriais, pois com as fábricas inteligentes diversos setores do mercado sofrerão o impacto provocado pela mudança dos produtos manufaturados.

Para chegar ao modelo de indústria inteligente é necessária capacidade de adaptação, eficiência dos recursos e integração de todos os envolvidos do negócio nos processos de criação de valor e estratégia. Para alcançar esse propósito, a Indústria 4.0 tem sua base tecnológica composta por sistemas cibernéticos, Internet das Coisas e *Big Data*. Combinando essas tecnologias, pretende-se tornar autônomas e mais eficientes as etapas de produção.

Para (Schwab, 2016), a quarta revolução industrial é uma revolução digital. Esta revolução digital é motivada por tecnologias como internet móvel, inteligência artificial, automação, "*machine learning*" (robôs e computadores que podem se auto programar e chegar a soluções ótimas, partindo de princípios pré-determinados, implicando em aprimoramentos nesta capacidade de autoprogramação), além do aperfeiçoamento de sensores que estão cada vez menores e mais potentes possibilitando, assim, a Internet das Coisas. Aprimoramentos no campo genético e na nanotecnologia também são apontados por Schwab como algumas das tecnologias causadoras desta revolução em curso e de futuras disrupções.

Algumas tecnologias da quarta revolução industrial como *softwares*, *hardwares* e a Internet foram desenvolvidas na terceira revolução industrial, porém elas sofreram e estão sofrendo um aprimoramento notável. A Internet, por exemplo, está muito mais difundida e acessível, avanços como o incremento da capacidade e velocidade de transferência de dados, assim como a internet móvel, fizeram com que a internet se tornasse onipresente se comparada à mesma rede nos anos 1990. Outros exemplos são a Internet das Coisas e o *Big Data* (advindas do desenvolvimento da tecnologia da informação da terceira revolução industrial) que, combinadas, possibilitam um maior engajamento de consumidores por meio de produtos e serviços que antecipam necessidades dos usuários.

O aprimoramento destas tecnologias, somado a inovações recentes, proporcionaram possibilidades inovadoras que caracterizam a quarta revolução indus-

trial. Segundo (Schwab, 2016), esta revolução possui diferenciais frente às demais que vão além da absorção de tecnologias revolucionárias e disruptivas. Um destes diferenciais seria o potencial de inovação e a amplitude de campos científicos distintos que essas inovações se dão, de modo que, no momento presente, o globo concebe inovações de maneira muito mais rápida que em qualquer outro período histórico e sobre um escopo mais amplo. Outro diferencial é a integração mais ampla de disciplinas, âmbitos e tecnologias divergentes - (Schwab, 2016) aponta como tendência uma fusão e interação cada vez maior entre tecnologias, unindo domínios digitais, físicos e biológicos.

### 2.2.3 Princípios e pilares da Indústria 4.0

Alguns princípios são citados por (Silveira, 2016) e norteiam a aplicação da Indústria 4.0, sendo definidos a partir de sistemas de produção inteligentes e tendem a surgir ou serem aperfeiçoados nos próximos anos. Os cinco princípios citados são:

- **Capacidade de operação em tempo real:** os dados são adquiridos e tratados de forma instantânea, o que permite auxiliar nas tomadas de decisão em tempo real.

- **Virtualização:** além de simulações e sistemas supervisórios, há a proposta de uma cópia virtual do chão de fábrica. São oferecidos serviços de rastreamento e monitoramento remoto de todos os processos, através dos sensores espalhados pela fábrica.

- **Descentralização:** As tomadas de decisões poderão ser feitas pelo sistema cyber-físico em tempo real, de acordo com as necessidades de produção. As máquinas além de receber comandos, também fornecem informações sobre seu ciclo de trabalho.

- **Orientação a serviços:** uso de arquiteturas de *softwares* direcionadas aos serviços, conceito de *Internet of Services*.

- **Modularidade:** a produção é baseada na demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção, permitindo maior flexibilidade na alteração de tarefas previstas para as máquinas.

Segundo relatório do (BCG – Boston Consulting Group, 2016), existem nove principais tecnologias na Indústria 4.0, determinando a produtividade e crescimento das indústrias sobre esta nova configuração. Tais tecnologias são:

- **Robôs automatizados:** além do cumprimento das tarefas atuais, futuramente, serão capazes de interagir com outras máquinas e com os humanos, tornando-se mais flexíveis e cooperativos.

- **Manufatura aditiva:** produção de peças utilizando impressoras 3D, que moldam o produto adicionando matéria-prima, dispensando o uso de moldes físicos. Fornece uma prototipagem rápida, poderosa e fácil de se usar.

- **Simulação:** os operadores podem testar e otimizar processos e produtos ainda na fase de concepção, diminuindo os custos e o tempo de criação.

- **Integração horizontal e vertical de sistemas:** sistemas de TI que integram uma cadeia de valor automatizada, por meio da digitalização de dados.

- **Internet das coisas industrial:** conecta máquinas (M2M) através de sensores e dispositivos à Internet, possibilitando a centralização e a automação do controle e da produção.

- **Big Data e Analytics:** identifica falhas nos processos da empresa, ajuda a otimizar a qualidade da produção, economiza energia e torna mais eficiente a utilização de recursos na produção.
- **Nuvem:** banco de dados criado pelo usuário capaz de ser acessado de qualquer lugar do mundo a partir de um dispositivo conectado à Internet.
- **Segurança cibernética:** meios de comunicação cada vez mais confiáveis e sofisticados.
- **Realidade aumentada:** sistemas baseados nesta tecnologia podem oferecer uma variedade de serviços, como selecionar peças em um armazém e enviar instruções de reparação por meio de dispositivos móveis.

É importante ressaltar que a Indústria 4.0 não se limita apenas a estas tecnologias apresentadas acima. Após a construção da base da Indústria 4.0 é possível expandir sua tecnologia, gerando inovações tecnológicas em diversos setores.

#### 2.2.4 Cenário das Fábricas Inteligentes no Brasil

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) sobre a adoção de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 no Brasil, mostrou que os principais esforços feitos no país estão na fase de processamentos industriais. Foi realizado um levantamento com 2.225 empresas de pequeno, médio e grande porte entre 4 e 13 de janeiro de 2016 que resumiu como a era da manufatura avançada é encarada pelas indústrias nacionais.

Foi identificada a adoção de dez tipos de tecnologias em diferentes estágios ao longo da cadeia de produção. Os números mostram que 73% das empresas usam pelo menos uma tecnologia digital na etapa de processos, 47% fazem uso na etapa de desenvolvimento e 33% investem o uso na criação de novos produtos.

O setor mais avançado na adoção de princípios e práticas da nova fase da indústria é o de equipamentos de informática, eletrônicos e ópticos. Com 61% de adesão, o setor que engloba empresas de eletrônicos, comunicação e equipamentos médicos, faz uso de ao menos uma das tecnologias listadas e avaliadas pela CNI. O segundo colocado nesse ranking é o segmento de máquinas e materiais elétricos, que aparece com 60% de uso de alguma tecnologia envolvida nos processos de produção.

A indústria brasileira segue o caminho natural, partindo da otimização de processos para, então, mover-se para aplicações mais voltadas a desenvolvimento, a produtos e novos modelos de negócios. A digitalização é o primeiro passo para a indústria entrar nesse novo patamar tecnológico. Em outros países onde a Indústria 4.0 está mais avançada, ela já propiciou o aumento da produtividade e a redução de custos de manutenção de equipamentos e do consumo de energia, e o aumento da eficiência do trabalho.

O principal desafio do país apontado pela pesquisa é aproximar especialistas e indústrias para a ampliação de conhecimento sobre os benefícios que essa revolução pode trazer para a cadeia produtiva. Além disso, é necessário um apoio por parte do governo, aumentando as políticas que promovam a digitalização do Brasil, pois é preciso que a infraestrutura digital receba investimentos e capacitação profissional para o aumento da eficiência de plataformas tecnológicas.

A imagem que temos de uma fábrica tradicional, em que barulhos são constantes e as linhas de produção parecem cada vez maiores, serão substituídas por um ambiente totalmente ímpar. A era da nova manufatura será cada vez mais automatizada e comandada por robôs. O processo produtivo se tornará mais eficiente e inteligente a medida que for controlado por equipamentos que comunicam entre si.

Esse cenário já é uma realidade em alguns países desenvolvidos e aos poucos se espalhará pelo resto do mundo. Além de aprimorar novas tecnologias, os profissionais também deverão estar capacitados para lidar com a nova maneira de trabalho. É necessário que as pessoas sejam situadas dentro desse modelo inovador de produção, onde a interação entre homens e máquinas acontecerá de maneira mais intensa.

### 2.2.5 Inovações Tecnológicas na Indústria 4.0

As inovações tecnológicas aliadas à novos parâmetros de gestão proporcionam um mundo de experiências para o cliente, produtos de melhor qualidade e menor custo. Para (Laureth, 2014), a Indústria 4.0 está estruturada em sistemas de produção que utilizam tecnologia de ponta no que diz respeito a automação e sistemas inteligentes de comunicação. A Indústria 4.0 se caracteriza por ser uma fábrica inteligente de alta complexidade tecnológica, em que as máquinas, produtos, insumos e clientes estão conectados para monitoramento e tomada de decisões.

O desenvolvimento, incorporação e aplicação de recentes inovações tecnológicas têm provocado mudanças sociais e econômicas. Estas mudanças, em acelerada expansão, alcançaram uma escala e escopo significativos.

Segundo (Schwab, 2016), esta revolução possui diferenciais com relação as demais e vão além da absorção de tecnologias revolucionárias e disruptivas. Um destes diferenciais é o potencial de inovação e a amplitude de campus científicos distintos que essas inovações se dão, já que o globo concebe inovações de maneira muito mais rápida que em qualquer outro período histórico e sobre um escopo mais amplo. Outro diferencial consiste na integração mais ampla de disciplinas, âmbitos e tecnologias divergentes - são apontadas como tendência uma fusão e interação cada vez maior entre tecnologias, unindo domínios digitais, físicos e biológicos.

### 2.2.6 Exemplos de Aplicação

Dois exemplos concretos de aplicação da Indústria 4.0 são vistos na Siemens. Na pequena cidade de Amberg no sul da Alemanha, funcionários da fábrica de componentes eletrônicos da Siemens, a Electronics Works Amberg, se dividem em três turnos para a produção de controladores Simatic, produto da companhia que permite a automação e integração dos processos de produção. Há uma outra planta funcionando de forma similar em Chengdu na China. São mais de mil produtos dife-



rentes sendo fabricados em cada planta, que contam com tecnologia de ponta. Os produtos são conectados através de um sistema ERP, que é responsável por cuidar de todas as operações da empresa como faturamento, fluxo de caixa, recursos humanos, inventário de estoque, ponto dos funcionários e controle do maquinário da fábrica, ou seja, todo os setores administrativos e operacionais da empresa.

Utilizando esse leiaute, a Siemens observou uma melhora significativa na qualidade: uma redução de 550 para 12 defeitos encontrados dentro dos últimos 20 anos. A produção foi aperfeiçoada várias vezes nesse período, mas o número de funcionários permaneceu o mesmo. Por ano, são fabricados na *Electronic Works Amberg*, conhecida pela sigla EWA, 15 milhões de controladores Simatic, o que, a uma média de 230 dias úteis de trabalho, significa uma unidade a cada segundo.



Figura 4: – Fábrica da Siemens em Amberg, capaz de produzir um controlador por segundo

Fonte: Site dinheirovivo.pt. 30/04//2016 Disponível em <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/549752/> Acessado em: 04/06/2017

No Brasil, um exemplo de fábrica inteligente é a unidade da Ford em Camaçari, Bahia. Com capacidade para produzir 250 mil veículos por ano, a Ford fez uma grande transformação social na região e introduziu conceitos inovadores de produção e de conservação ambiental. Tecnologia de última geração, além de um dos mais altos níveis de automação, são características marcantes da fábrica, o que contribui para o elevado padrão de eficiência e qualidade de suas operações. A unidade conta com um modelo de produção inovador, chamado montagem modular sequenciada, aplicado pela primeira vez dentro da Ford Mundial. O principal diferencial é a participação de fornecedores diretamente na linha de montagem e no processo de produção e não apenas no fornecimento dos componentes do veículo, compartilhando das instalações e das responsabilidades. O Complexo Ford Nordeste conta com mais de 535 robôs e sistemas eletromecânicos de automação, que atuam em áreas críticas em termos de segurança e qualidade. O processo de estamparia é totalmente automatizado, maximizando a segurança e reduzindo a praticamente zero os riscos de acidentes de trabalho.

Podemos citar também o exemplo da Arburg, uma empresa Alemã que constrói robôs. Situada em Lossburg, ela implementou soluções da Indústria 4.0 em suas instalações. Na fase de criação do produto, há uma estação de produção de protótipos, utilizando-se o processo de fabricação aditiva. Depois as peças são produzidas de forma automatizada, através de uma máquina de moldagem por injeção. São aplicados identificadores individuais e o produto final é empacotado e impresso com um código de barras QR. O código individual permite que sejam enviados parâmetros do processo em tempo real, informando também sobre a qualidade de cada peça moldada.

Esses são apenas alguns exemplos de aplicações da Indústria 4.0. No capítulo a seguir será apresentada a metodologia adotada para o levantamento de dados e análise utilizada no desenvolvimento desse trabalho.

### **3 OS EFEITOS DA INTERNET DAS COISAS NA INDÚSTRIA**

#### **4.0**

Atualmente estamos enfrentando uma grande diversidade de desafios, dentre eles está o entendimento e a modelagem da nova revolução tecnológica, a qual implica na transformação de toda humanidade. Ainda é necessário compreender de forma mais abrangente a velocidade e a amplitude dessa revolução. São infinitas as possibilidades com bilhões de pessoas conectadas através de dispositivos móveis, dando origem a um poder de processamento, armazenamento, acesso ao conhecimento sem precedentes. As novidades tecnológicas estão ocorrendo em várias áreas como: inteligência artificial (IA), robótica, Internet das Coisas (IoT), veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica, entre outras. Muitas das inovações estão no início, mas vem ganhando força e fundindo as tecnologias dos mundos físico, digital e biológico.

Para (Schwab, 2016, p. 13) existem 3 razões que sustentam a ocorrência de uma quarta e distinta revolução, a saber:

- **Velocidade:** ao contrário das revoluções industriais anteriores, esta evolui num ritmo exponencial e não linear. Resultado da diversidade no mundo em que vivemos e das tecnologias que evoluem e estão mais qualificadas.
- **Amplitude e profundidade:** ela tem como base a revolução digital e combina várias tecnologias, quebrando paradigmas na economia, negócios, sociedade e indivíduo.
- **Impacto sistêmico:** envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e na sociedade em geral.

A palavra “revolução” denota mudanças abruptas e radicais. As revoluções anteriores trouxeram novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo, desencadeando mudanças na sociedade e nos sistemas econômicos. Normalmente, as alterações podem levar anos para se desdobrarem, como no caso da revolução agrícola e a série de revoluções que se sucederam a partir da segunda metade do século XVIII.

Com o surgimento das fábricas inteligentes, a quarta revolução industrial cria um ambiente de cooperação entre os sistemas físicos e virtuais de fabricação, sendo flexíveis. Isso permite a total personalização de produtos e criação de novos modelos operacionais. O escopo da quarta revolução industrial é amplo e não diz respeito somente a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. Há ondas vindo de vários lugares, simultaneamente: nanotecnologia, energia renovável, engenharia genética, computação quântica, entre outros. Antes eram necessárias décadas para que uma transformação desse porte se espalhasse, mas hoje se espalha rapidamente.

Para progredir, é necessário que sociedade adote as inovações tecnológicas. O governo, as instituições públicas e privadas precisam fazer sua parte, mas é essencial que as pessoas enxerguem os benefícios a longo prazo. Além da velocidade e amplitude, a quarta revolução industrial é única devido à harmonização e integração de disciplinas diferentes. A Inteligência Artificial (IA) fez progressos impressionantes, processando um grande volume de dados disponíveis, provendo desde *softwares* para descobrir novos equipamentos até algoritmos que preveem nossos interesses culturais. Graças ao aprendizado de máquina e detecção automatizada, os robôs podem se auto programar e encontrar as melhores soluções para alguns problemas.

A Indústria 4.0 irá gerar grandes benefícios e, na mesma proporção, grandes desafios. A inovação e ruptura podem afetar o padrão de vida e bem-estar da população tanto de forma positiva quanto negativa. Tudo indica que o consumidor será quem mais ganhará. Novos produtos e serviços vem surgindo a cada dia e facilitam nossas vidas, como pedir um táxi, encontrar um voo, comprar um produto, fazer pagamentos, ouvir música, assistir filmes, entre outras tarefas que podem ser realizadas remotamente. A maior parte dos desafios concentram-se no lado da oferta, para o mundo do trabalho e produção. Muitos países desenvolvidos e economias

em rápido crescimento, como a China, têm passado por um declínio na mão de obra. Com os avanços da indústria 4.0, os investidores e acionistas serão os grandes beneficiários dessa quarta revolução industrial.

Os benefícios são óbvios principalmente para os consumidores: maior valor, menor custo e mais conveniência. Os riscos sociais também estão evidentes. Ao evitar a concentração de poder e valor nas mãos de poucos, precisamos encontrar formas de equilibrar os benefícios e riscos das plataformas digitais que garantam abertura e oportunidades às inovações colaborativas.

De acordo com (Schwab, 2016, p. 23-33), as megatendências e impulsores tecnológicos podem ser divididos em três categorias distintas, mas que estão profundamente inter-relacionadas, são elas: Física, Digital e Biológica. Na primeira categoria existem quatro principais manifestações físicas das megatendências tecnológicas, que são as mais fáceis de se enxergar:

- Veículos autônomos: além do carro sem motorista, existem outros veículos autônomos como caminhões e drones. Conforme a tecnologia de sensores e Inteligência Artificial se desenvolvem, a capacidade das máquinas autônomas aumenta. Já existem drones, por exemplo, capazes de sentir o ambiente e responder de forma inteligente, e estão sendo utilizados na agricultura para monitorar e auxiliar na utilização de adubo e água.

- Impressão 3D: também chamada de fabricação aditiva, a impressão 3D cria um objeto físico por impressão, sobrepondo camadas, a partir de um modelo ou desenho digital em 3D. A impressão 3D possui uma gama de utilizações, desde grandes turbinas eólicas até pequenas peças para implantes médicos. Outra vantagem da fabricação aditiva é que os produtos podem ser facilmente personalizados.

- Robótica avançada: até pouco tempo atrás, os robôs só realizavam tarefas específicas, rigidamente controladas na indústria, principalmente na indústria automotiva. Atualmente, cada vez mais os robôs são utilizados em todos os setores, realizando diversas tarefas. Os robôs estão se tornando adaptáveis e flexíveis, pois a concepção estrutural e funcional deles está sendo baseada em estruturas biológicas complexas. Hoje em dia os robôs compreendem e respondem melhor ao ambi-

ente, diferentemente de quando eram programados por uma unidade autônoma. A próxima geração de robôs terá uma ênfase na colaboração entre humanos e máquinas.

- Novos materiais: novos materiais estão chegando ao mercado e no geral são mais leves, mais fortes, recicláveis e adaptáveis. Já existem aplicações para materiais inteligentes com o poder de autorreparação ou autolimpeza, metais com memória que retornam suas formas originais, cerâmicas e cristais que transformam pressão em energia, entre outros. É difícil saber para onde os avanços de novos materiais nos levarão, assim como muitas outras inovações da Indústria 4.0. Por exemplo os nanomateriais como o grafeno, que é cerca de 200 vezes mais forte que o aço, milhões de vezes mais finos que um fio de cabelo e conduz calor e eletricidade. Poderão ocorrer rupturas nas indústrias de fabricação e infraestrutura, mas poderão também afastar os países que dependem de determinada mercadoria.

A segunda categoria é a Digital, em que está inserida a Internet das Coisas. A IoT é a principal ponte entre as aplicações físicas e digitais originadas pela quarta revolução industrial. Em sua forma mais simples, ela pode ser descrita como a relação entre coisas (produtos, serviços, lugares etc) e as pessoas que se torna possível por meio de diversas plataformas e tecnologias conectadas. Atualmente os sensores e outros meios de conectar objetos às redes virtuais estão se espalhando em ritmo acelerado. Eles estão menores, mais baratos e inteligentes. Casas, roupas, acessórios, cidades, redes de transporte e energia, e indústria podem ter sensores acoplados para fornecer dados preciosos de acordo com o domínio de aplicação.

Nos dias atuais, existem bilhões de dispositivos conectados à Internet no mundo inteiro, como smartphones, computadores e tablets. A expectativa é que o número desses dispositivos aumente drasticamente nos próximos anos, podendo chegar a mais de um trilhão de dispositivos. Isso irá alterar a maneira que gerenciamos as cadeias de fornecimento, pois permitirá monitorar e otimizar os ativos e as atividades de forma precisa. Durante esse processo, todos os setores serão impactados, desde a fabricação e infraestrutura até o de saúde.

Podemos pensar no monitoramento remoto, uma aplicação generalizada da IoT. Qualquer pacote, palete ou contêiner pode receber um sensor, transmissor ou etiqueta RFID, permitindo ser rastreados pelas empresas que saberão como os

objetos foram movimentados durante toda a cadeia de fornecimento e qual o desempenho obtido. Os clientes poderão acompanhar seus pedidos de forma contínua, praticamente em tempo real. Futuramente, sistemas de monitoramento semelhantes serão aplicados à circulação de pessoas.

Na categoria biológica temos aplicações que são muito importantes, como no caso da saúde. A IBM possui um supercomputador chamado Watson, que ajuda a recomendar em poucos minutos, tratamentos personalizados para pacientes com câncer, comparando os históricos da doença, tratamentos e exames com uma base de dados médicos atualizada. Estão sendo desenvolvidas novas maneiras de incorporar e empregar dispositivos ao corpo humano para monitorar os níveis de atividade, composição sanguínea, relacionando à produtividade, saúde mental e bem-estar em casa ou trabalho.

A inovação é um processo social complexo, mesmo com tantos avanços tecnológicos é necessário pensar em como garantir que os avanços continuem a ser realizados e sejam orientados para os melhores resultados possíveis. As ideias pioneiras costumam surgir dentro de instituições acadêmicas, porém nas universidades os incentivos favorecem mais as pesquisas incrementais e conservadoras que os programas ousados e inovadores.

Para fomentar as pesquisas de base e inovadoras nas universidades e empresas, os governos devem alocar financiamentos mais agressivos em programas de pesquisas ambiciosos. Da mesma forma, os programas de iniciativa pública-privada devem estar cada vez mais voltados à construção do conhecimento e do capital humano para beneficiar a todos.

### 3.1 PONTOS DE INFLEXÃO

As megatendências podem parecer abstratas, porém estão dando origem a projetos e aplicações bem realistas. O Fórum Econômico Mundial publicou um relatório em setembro de 2015, identificando 21 pontos de inflexão, que podem ser entendidos como momentos em que certas mudanças tecnológicas específicas chegam à sociedade e irão progredir para um futuro mais conectado e digital. Espera-se que ocorram nos próximos dez anos, vivenciando profundas mudanças desencadeadas pela quarta revolução industrial. Os pontos de inflexão foram identificados através de uma pesquisa realizada pelo Conselho da Agenda Global do Fórum Econômico Mundial a respeito do *software* e da sociedade, onde participaram mais de 800 executivos e especialistas do setor de Tecnologia da Informação e comunicações.

A Tabela 1 mostra a porcentagem dos entrevistados que esperam presenciar a ocorrência de determinado ponto de inflexão até 2025.

| <b>Ponto de Inflexão</b>  | <b>Percentual de entrevistados que esperam ver a ocorrência do ponto de inflexão</b> |
|---|--|
| 10 % das pessoas com roupas conectadas à Internet   | 91,2%  |
| 90% das pessoas com armazenamento ilimitado e gratuito (financiado por propagandas publicitárias) | 91,0%  |
| 1 trilhão de sensores conectados à Internet   | 89,2%  |
| O primeiro farmacêutico robótico dos EUA  | 86,5%  |
| 10% de óculos de leitura conectados à Internet  | 85,5%  |
| 80% das pessoas com presença digital na Internet  | 84,4%  |
| Produção do primeiro carro impresso em 3D   | 84,1%  |
| O primeiro governo a substituir o censo por   | 82,9%  |



| fontes de <i>big-data</i>  |       |
|--|-------|
| O primeiro telefone celular implantável e disponível comercialmente                      | 81,7% |
| 5% dos produtos aos consumidores impressos em 3D   | 81,1% |
| 90% da população com smartphone  | 80,7% |
| 90% da população com acesso regular à Internet   | 78,8% |
| Carros sem motorista chegarão a 10% de todos os automóveis em uso nos EUA                | 78,2% |
| O primeiro transplante de um fígado impresso em 3D                                       | 76,4% |
| 30% das auditorias corporativas realizadas por IA  | 75,4% |
| Primeira arrecadação de impostos através de um <i>blockchain</i>                         | 73,1% |
| Mais de 50% do tráfego da internet voltado para os utilitários e dispositivos domésticos | 69,9% |
| Globalmente, mais viagens/trajetos por meio da partilha do que em carros particulares    | 67,2% |
| A primeira cidade sem semáforos com mais de 50000 pessoas                                | 63,7% |
| 10% o produto interno bruto mundial armazenado pela tecnologia <i>blockchain</i>         | 57,9% |
| A primeira máquina de IA de um conselho de administração                                 | 45,2% |

Tabela 1: Pontos de Inflexão esperados até 2025

Fonte: *Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact*, Global Agenda Council on the Future of Software and Society, Fórum Econômico Mundial, set. 2015.

### 3.2 IMPACTOS ESPERADOS

Diversas consultorias vêm estudando os impactos que o avanço da digitalização da economia poderá ter sobre a competitividade no País. A Accenture estima que a implementação das tecnologias ligadas à Internet das Coisas nos diferentes setores da economia pode impactar o PIB brasileiro em até U\$\$39 bilhões até 2030. O ganho pode chegar a U\$\$210 bilhões, se o País criar condições para acelerar a absorção das tecnologias relacionadas, mas isso depende de melhorias no ambiente de negócios, infraestrutura, programas de difusão tecnológica etc.

O (Mckinsey Global Institute, 2015) estima que até 2025, os processos da Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o custo de energia de 10% a 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%. O valor da IoT poderá ser potencializado devido às diversas oportunidades de aplicação na otimização de operações manutenção preventiva e otimização de estoques. Apenas em prevenção de acidentes poderão ser evitados custos que chegam a U\$\$ 225 bilhões por ano (em 2025). Além dos ganhos descritos, existem outras consequências a serem destacadas:

- Os ganhos de produtividade decorrentes da adoção de novas tecnologias, com a possibilidade de redefinir fatores determinantes;
- O aumento da cooperação entre agentes econômicos, cujas operações serão mais integradas;
- O reforço da competitividade encontrada nos sistemas produtivos, incluindo empresas, fornecedores, clientes e ambiente;
- O estabelecimento de novos modelos de negócios e de inserção nos mercados, com a possível redefinição de setores de atividade econômica;
- A ampliação da escala dos negócios; e
- O surgimento de novas atividades e profissões, demandando adaptações no padrão de formação de recursos humanos.

Segundo (Schwab, 2016, p. 58), a quarta revolução industrial possui quatro efeitos principais aos negócios de todas as indústrias:

- As expectativas dos clientes estão mudando;
- Os produtos estão sendo melhorados pelos dados, o que melhora a produtividade dos ativos;
- Estão sendo formadas novas parcerias, conforme as empresas aprendem a importância de novas formas de colaboração; e
- Os modelos operacionais estão sendo transformados em novos modelos digitais.

### 3.3 CADEIA DE VALOR DA INTERNET DAS COISAS

O Sistema FIRJAN (FIRJAN, 2016) apresenta a cadeia de valor da internet das coisas dividida em três áreas, duas que diferem processos e finalidades e possuem uma relevância estratégica: Comunicação e Inteligência, e uma que define as atividades de apoio. A Figura 5 ilustra as atividades que compõem a cadeia e foram adicionadas seguindo o fluxo de agregação de valor e ciclos de produção.

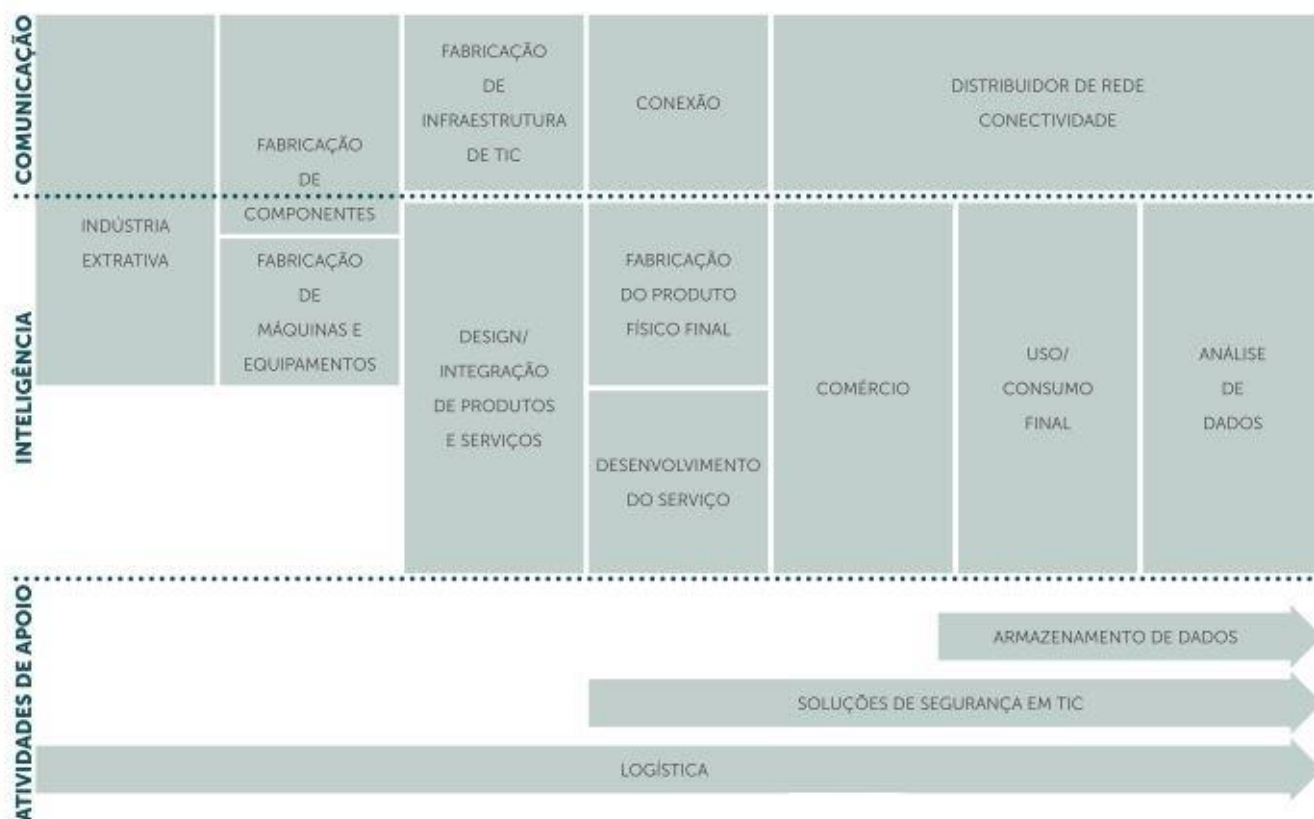


Figura 5: Cadeia de valor da internet das coisas

Fonte: Cadernos Senai de Informação – Indústria 4.0: Internet das Coisas p.9 Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0.htm>> Acessado em: 04/06/2017

I. O primeiro item da cadeia de valor da IoT é representado pela **indústria extrativa**, ou indústria de produtos primários, que fornece matéria prima (silício, cobre etc.) para a indústria de transformação.

II. Em seguida vem a **fabricação de componentes** de TIC e componentes inteligentes (que posteriormente são agregados aos produtos tradicionais)

III. Juntamente com o item II está a atividade de **fabricação de máquinas e equipamentos**, onde são produzidos os produtos tradicionais (geladeira, TV etc.). A matéria prima é processada e passa por várias etapas até chegar ao produto final.

IV. A terceira etapa é a **fabricação de infraestrutura de TIC**, constituídas pela fabricação de aparelhos e ferramentas que tornam a conexão possível.

V. Também está na terceira etapa o **Design/integração de produtos e serviços**, onde estão inseridas as tarefas de concepção e design (projeto de produtos inteligentes e serviços). As bases e requisitos para a formação dos novos modelos de negócio provenientes da IoT são formados nesse elo da cadeia de valor (escolha de plataformas, sistemas operacionais etc.)

VI. O item **conexão** representa as atividades prestadoras de conectividade, sendo a conexão física (com ou sem fio) de uma rede de dispositivos com a Internet.

VII. O elo da **fabricação do produto físico final** é a manufatura dos produtos inteligentes.

VIII. A atividade de **desenvolvimento do serviço** está relacionada ao desenvolvimento e prestação de serviços ligados aos produtos inteligentes. Também são desenvolvidos modelos de negócios diferenciados nesta fase.

IX. A **distribuição de rede** ocupa três etapas consecutivas, e provê acesso à rede para conectividade. É um dos fatores essenciais para a formação da rede.

X. A etapa do **comércio** diz respeito ao momento da aquisição do produto inteligente, que é seguido pelo uso do consumidor final e forma-se a sexta etapa da cadeia de valor.

XI. O processo chega ao fim com a **análise de dados**, onde os dados obtidos durante toda a cadeia são analisados e processados.

Os três últimos elos contribuem para a formação e continuidade dos modelos de negócio provenientes da Internet das Coisas, e são considerados fundamentais. O uso e consumo final geram uma quantidade enorme de dados, a análise e armazenamento desses dados são uma nova forma de criação de valor.

- XII. **Armazenamento de dados** – armazenamento e coleta de dados gerados após o estabelecimento da conexão.
- XIII. **Soluções de segurança em TIC** – aplicação e desenvolvimento de soluções para segurança da informação.
- XIV. **Logística** – suporta a execução de todas as atividades.

### 3.4 OS DESAFIOS E IMPLICAÇÕES SOBRE O PARADIGMA DA IOT

A Internet das Coisas, apesar de ser uma forte tendência a ser incorporada, depende do uso de tecnologias complementares e está em fase de desenvolvimento, portanto são previstos muitos desafios e implicações até que se forme um ambiente mais amplo e propício para que essa tecnologia seja disseminada. O Sistema Firjan apresenta esses desafios e implicações em quatro grupos, a saber: tecnológicas, políticas, negócios e social. Abaixo estão relacionados os tópicos desses grupos.

Com relação às implicações tecnológicas, a IoT necessita de alguns avanços na infraestrutura e Internet como: armazenamento na nuvem, processadores de alto desempenho, maior largura de banda e disponibilidade de comunicação em todos os lugares e por qualquer meio. Os produtos conectados irão demandar mais energia e além dos gastos em utilização pelo consumidor final, existem os custos elevados em centros de processamento e armazenamento de dados, e as concessionárias deveriam investir na geração de energia de forma a diminuir os custos de produção. Também existe o desafio da miniaturização dos componentes, que cada vez mais são aplicados a produtos mais compactos e será necessário tornar *labels*, *tags* e sensores com maior desempenho de computador a custos mais acessíveis.

No âmbito político, os principais desafios estão relacionados com a padronização de fatores críticos como interoperabilidade de rede e protocolos de internet. Precisam ser discutidos detalhes como frequências de bandas, protocolos para tráfego de celulares, sistemas operacionais e outros fatores que impactam na com-

plexidade e custos tanto para usuários quanto desenvolvedores. Segundo cálculo realizado pela (Mckinsey Global Institute, 2015), a interoperabilidade corresponde a 40% do valor potencial da IoT.

Com a entrada da IoT no mercado, as empresas devem repensar seus modelos de negócios, possibilitando maior atenção para o relacionamento com o consumidor e especialistas. Haverá uma mudança no conceito de venda de produtos, pois o valor diferenciador ficará centralizado no serviço ao invés do produto. Na cadeia de valor o produto deixará de ser estático, podendo enviar informações para seus criadores, engenheiros, produtores, vendedores, entre outros. O produto passará a ser um canal de comunicação e impacta nos modelos atuais de *Customer Relationship Management* (CRM). A abordagem das empresas em relação à IoT deverá ser pensada no processo e não estritamente ao produto final, sendo necessário um maior engajamento e compartilhamento das pessoas nos processos de criação e desenvolvimento.

As questões sociais estão relacionadas à segurança de dados e de conexão, empregos e ao ritmo de mudanças. Ainda não há uma legislação específica de segurança e privacidade em IoT, é desejável consultar o público sobre a importância dessas questões. Com a Indústria 4.0, a automatização e robotização terão maior presença na indústria e preocupa a população pois o número de empregos seria reduzido. A Accenture fez um estudo e diz que esse é um medo infundado, já que 87% dos líderes mundiais incluídos no estudo acreditam que a aplicação da IIoT gerará novos empregos especializados, que demandam habilidades diferentes. Empregos de baixo nível de complexidade tendem a diminuir, pois podem ser automatizados. As mudanças estão ocorrendo em ritmos variados e a sociedade, empresas e indivíduos precisarão de tempo para se ajustar.

### 3.5 CENÁRIO DA IOT NO BRASIL E NO MUNDO

Analisando países desenvolvidos, como os Estados Unidos e Japão, podemos ver iniciativas em grandes escalas para o desenvolvimento de projetos voltados à Internet das Coisas. Nos EUA, as iniciativas em andamento envolvem ações conjuntas entre governo, academia e setor industrial. Com uma política agressiva de ciência, tecnologia e inovação, com o objetivo de criar empregos na fabricação de alta tecnologia, os Estados Unidos destinaram um orçamento de US\$ 2,9 bilhões, buscando adensar e induzir a criação de empregos, formando a base para futuras indústrias (OECD, 2014). As iniciativas privadas também estimulam a criação de um ecossistema para IoT. A Apple exerce grande influência em educação de IoT; a Broadcom e Intel atuam desenvolvendo componentes internos que permitem a conexão de dispositivos; a GE e IBM estão focadas em expandir a infraestrutura exigida para abranger regiões geográficas, através de projetos de cidades inteligentes.

Países em desenvolvimento, como Coreia do Sul, China e Índia vem demonstrando grande entusiasmo com a Internet das Coisas. Segundo a Accenture (2015), a Coreia do Sul possui uma robusta dimensão para o lado da oferta (pela disponibilidade de mão de obra qualificada e grandes investimentos em P&D), porém com deficiência ainda em ocupar toda a sua capacidade produtiva com demandas. Este cenário, no entanto, apresenta uma grande oportunidade de crescimento para o país. A Internet das Coisas tem sido uma iniciativa central e estratégica para a indústria da China. A política econômica do país tem um plano que estabelece o foco de investimento e desenvolvimento centrado em: *smart grid*; transporte inteligente; logística inteligente; casas inteligentes; ambiente e testes de segurança; controle e automação industrial; cuidados de saúde; agricultura; finanças e serviços; e defesa militar. A China apresentou rápido crescimento na economia, onde os preços acessíveis de produtos tecnológicos (ex. smartphones) incentivaram consumidores a comprar novos dispositivos de tecnologia. Em paralelo, também foram realizados grandes investimentos no setor de tecnologia, no qual tem promovido a IoT no setor industrial como potencial de estratégia para o setor produtivo emergente, tendo a previsão de investir US\$ 800M até 2015. (FIRJAN, 2016)



O Japão é um dos maiores players mundiais no avanço e implementação de iniciativas para o novo paradigma tecnológico da IoT. Desde 2001, a política e-Japan estabelece políticas de incentivo à criação de uma sociedade emergente de conhecimento. Em 2004 foi lançado a u-Japan, que garante a continuidade de políticas para IoT e visava transformar o Japão na nação mais avançada em TI do mundo. Com foco de investimento em inclusão social e infraestrutura, a política u-Japan tem como objetivo acelerar o processo de expansão de acesso às redes (ubiquidade). Esta iniciativa atuou não só para usuários, mas também relacionado à aplicação para produtos inteligentes. No setor automobilístico, por exemplo, a Toyota, em parceria com a KDDI, desenvolveu o navegador “G-BOOK” que em casos de acidentes onde o *airbag* é ativado, um alarme é transmitido automaticamente para as autoridades locais com as coordenadas do GPS do veículo, visando diminuir o tempo de socorro às vítimas.

Na Alemanha, o programa “Indústria 4.0” visa promover a automatização da manufatura e, assim, aumentar a produtividade das linhas de produção, gerando maior competitividade com a indústria internacional através de fábricas inteligentes (*smart manufacturing*). A IoT é a base tecnológica deste modelo. É um modelo de produção flexível, onde ferramentas, máquinas, produtos e meios de transporte são interligados por sensores permitindo que todos os objetos e departamentos se comuniquem uns com os outros, melhorando a produção e otimizando a entrega. Em outras palavras, os produtos passam a se comunicar com as máquinas para dizer exatamente o que fazer, ao invés de serem apenas processados por elas. (Firjan)

O Brasil sofreu mudanças no cenário político e econômico de 2015 em diante, que impactaram diretamente o cenário industrial. Porém, particularidades do cenário político antes do período recessivo ainda influenciam a economia e indústria nacional com influência em incentivos fiscais, incentivos à expansão de infraestrutura e a pesquisa e desenvolvimento, regulamentações para privacidade, neutralidade e segurança de informação e outras regulamentações que podem impactar a produção, uso e consumo de produtos de IoT. Porém, não há uma política própria no país direcionada a receber a Internet das Coisas. A Firjan destaca pontos de atenção no cenário brasileiro para adequação à Internet das Coisas que constituem os aspectos industrial, social e tecnológico:

- Cenário industrial brasileiro no complexo eletrônico: houve um aumento de 86% de importações de produtos eletrônicos da China nos períodos entre 2006-2009 e 2010-2013. O Brasil apresenta o setor de hardware decrescente em termos de receita e valor total da indústria nacional (BNDES, 2014). Porém, o setor de *software* representa um mercado crescente (12% ao ano), tendo a predominância de micro e pequenas empresas atuando em diversos nichos.

- Conectividade: há atualmente uma elevada disparidade de acesso à conexão em relação às regiões, pela dificuldade para instalação de infraestrutura em algumas áreas e algumas são pouco atrativas economicamente às empresas desse setor. Apesar das iniciativas do governo para tentar solucionar este problema, como a Lei Geral das Antenas e o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL), o acesso à rede em toda a extensão do território nacional ainda representa um grande desafio. O custo de aquisição de banda larga fixa ainda é elevado, devido à falta de democratização do preço da infraestrutura e à alta carga tributária (repassada ao cliente), aumentando o acesso desigual por classe social, renda e escolaridade. Como provedor de infraestrutura para Internet, o Brasil está muito atrasado (cerca de 38,4 milhões de famílias sem acesso à internet), mas o país está muito à frente em termos de uso, apontado pelo BNDES como o quarto maior mercado de serviços de TIC do mundo, terceiro maior mercado de computadores, possui o quinto maior número de assinantes de celulares e tem o terceiro maior número de registros (sites) de internet.

- Interoperabilidade de redes e transição de protocolos: segundo a Anatel, a transição de IPv4 para IPv6 no Brasil deverá ser concluída até 2017 (Grossmann, 2015). A mudança para o novo protocolo no Brasil é um requisito de extrema importância, que deverá ocorrer necessariamente, antes da chegada em massa dos produtos conectados, uma vez que cada um desses produtos deverá ter um endereço IP associado. Caso o país não se adequar ao protocolo mundial IPv6, poderão ocorrer problemas de incompatibilidade com a importação/exportação de produtos. Soluções para interoperabilidade de rede estão sendo iniciadas por empresas privadas como a multinacional Google, que lançou este ano sua plataforma própria para receber produtos de IoT, o Weave, uma nova camada de comunicação para dispositivos de IoT, fornecendo uma linguagem comum entre vários dispositivos.

- Lixo eletrônico: o número de lixo eletrônico no Brasil é crescente e existem apenas duas empresas de reciclagem de lixo eletrônico com certificação internacional no país. Em 2014, foram gerados 1,4 milhão de toneladas em território nacional. Com as previsões de aumento de dispositivos eletrônicos, esse número tende a subir exponencialmente.

- Educação: os cursos voltados à IoT no Brasil estão em fase inicial. A maioria são cursos de extensão e alguns MBAs, mas há oportunidade de desenvolvimento de cursos com abordagem integrada.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Através da revisão sistemática da literatura e do levantamento bibliométrico realizados, foi possível identificar o crescimento do interesse em pesquisas relacionadas aos temas de Indústria 4.0 e Internet das Coisas. É um tema bem atual e apesar de parecer muito distante, já vem sendo aplicado em muitas empresas. Segundo autores como (Santos, et al., 2016) e (Schwab, 2016), a IoT será um caminho sem volta. Assim como a Internet ganhou força ao conectar computadores ao redor do mundo, a IoT está surgindo como nova forma de aplicações que auxiliarão os seres humanos nas tarefas diárias. Algumas mudanças já são visíveis e percebidas pela sociedade, enquanto outras ainda são projeções futuras.

O conceito de Indústria 4.0 abrange um grande número de componentes e termos técnicos, como os sistemas Cyber-físicos que fazem uso de outros sistemas como IoT, IoS e RFID. A partir dos sistemas Cyber-físicos é possível coletar, analisar e compartilhar informações essenciais do produto através da Internet. É importante que as empresas aceitem e acreditem que podem aderir às inovações tecnológicas, aperfeiçoando seus processos e trazendo enorme benefícios no futuro.

Vale ressaltar que as tecnologias apresentadas neste trabalho não se destinam a substituir os seres humanos em seus empregos ou acarretar o desemprego, mas sim buscar servir à humanidade, melhorar a qualidade do trabalho e oferecer empregos mais seguros. Estudantes e empresários devem se adaptar e conhecer as novas mudanças e tecnologias, pois pode gerar um diferencial no mercado.

A Indústria 4.0 terá impactos diversos, tais como: ganhos de produtividade, estabelecimento de novos modelos de negócio, aumento da cooperação entre agentes econômicos, reforço da competitividade, surgimento de novas atividades e profissões, entre outros. Para o consumidor os benefícios são óbvios: maior valor, menor custo e mais conveniência.

A IoT, apesar de ser uma forte tendência a ser incorporada, enfrenta muitos desafios e implicações. O sistema Firjan apresenta divide essas implicações em quatro grupos: tecnológicas, políticas, negócios e social. Podem ser citadas como maiores implicações a falta de infraestrutura tecnológica, a padronização de fatores críticos como interoperabilidade e protocolos, as mudanças nos modelos de negócio, já que o valor diferenciador estará centrado no serviço ao invés do produto, e a falta de legislação específica para segurança e privacidade em IoT.

O instituto McKinsey estima que até 2025, os processos da indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o custo de energia de 10% a 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%, além da prevenção de acidentes que geram altos gastos e os mesmos serão evitados com o auto grau de automação.

A Internet das Coisas serve de base tecnológica para a Indústria 4.0 e uma quarta revolução industrial está de fato acontecendo em várias partes do mundo. Iniciativas que envolvem o governo, academia e o setor industrial são de suma importância para o sucesso na implantação do conceito de indústria 4.0 nas empresas. Está sendo promovido o modelo de fábricas inteligentes (*smart manufacturing*), caracterizado pela produção flexível onde ferramentas, máquinas, produtos e meios de transporte são interligados por sensores permitindo que todos os objetos e departamentos se comuniquem uns com os outro, melhorando a produção e otimizando a entrega.

#### **4.1 PESQUISAS FUTURAS**

Aplicar a prática de uma tecnologia da IoT em algum processo industrial com a finalidade de comparar os resultados do que normalmente é feito atualmente com as mudanças que estão por vir;

Desenvolver estudos sobre a viabilidade técnica e econômica para aplicar o modelo de fábrica inteligente em indústrias de ramos variados no Brasil;

Elaborar um estudo sobre laboratórios e simuladores voltados para os sistemas cyber-físicos;

Analisar o mercado de desenvolvimento de *software* implementados para a Indústria 4.0, buscando entender a complexidade e soluções que auxiliam na tomada de decisões;

Estudar a Inteligência Artificial adotada nos equipamentos e infraestrutura de rede e comunicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABI Research. (09 de 05 de 2013). *More Than 30 Billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020*. Fonte: ABI Research: <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-conne/>
- Al-Fuqaha, A. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Internet of Things Journal*.
- Almeida, H. (04 de 2015). Apresentação - Internet das Coisas: Tudo Conectado. *Computação Brasil - Revista da Sociedade Brasileira de Computação*, 7-8. Acesso em 06 de 2017, disponível em Apresentação - Internet das Coisas: Tudo Conectado: [http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa\\_29\\_pdf/comp\\_brasil\\_2015\\_4.pdf](http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_29_pdf/comp_brasil_2015_4.pdf)
- Aquino, A. (04 de 2015). Sensores conectados em rede. *Computação Brasil - Revista da Sociedade Brasileira de Computação*, 10-13. Acesso em 06 de 2017, disponível em [http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa\\_29\\_pdf/comp\\_brasil\\_2015\\_4.pdf](http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_29_pdf/comp_brasil_2015_4.pdf)
- BCG – Boston Consulting Group. (2016). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *PwC – Indústria 4.0: Digitização como vantagem competitiva no Brasil*.
- CNI. (30 de 05 de 2016). *Pesquisa inédita da CNI mostra cenário da indústria 4.0 no Brasil*. Fonte: Portal da Indústria: <http://www.portaldaindustria.com.br/agenciacni/noticias/2016/05/pesquisa-inedita-da-cni-mostra-cenario-da-industria-4-0-no-brasil/>

- Evans, D. (Abril de 2011). *The Internet of Things*. Fonte: Cisco: [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/loT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/loT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- FIRJAN. (04 de 2016). *Indústria 4.0*. Fonte: Firjan: <http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557D8802C639A4&inline=1>
- IDC. (2015). *Internet of Things Market to Reach \$1.7 Trillion by 2020: IDC*. Fonte: IDC: <http://www.idc.com/infographics/loT>
- Laureth, W. (2014). *Convergência Tecnológica, Educação e Trabalho*. Fonte: Periódicos UFPB: <http://periodicos.ufpb.br/index.php/abet/article/viewFile/25677/13866>
- Mckinsey Global Institute. (2015). *The Internet Of Things: Mapping The Value Beyond The Hype*. Fonte: Mckinsey: [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/the\\_internet\\_of\\_things\\_the\\_value\\_of\\_digitizing\\_the\\_physical\\_world](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_the_value_of_digitizing_the_physical_world)
- Miranda, A. (2008). *Introdução às Redes de Computadores*. Fonte: Unesp: <http://ftp.feb.unesp.br/autodesk/pos/Disciplina-1-redes.pdf>
- Oliveira, C. (2003). *Inovação da tecnologia, do produto e do processo*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Pierini, R. (11 de 2014). *IPv6: O novo protocolo chega para suprir o esgotamento de*. Fonte: Profissionais TI: <http://www.profissionaisiti.com.br/2014/11/ipv6-novo-protocolo-chega-para-supriro-esgotamento-de-ip-na-america-latina>
- Saézn, T., & Capote, E. (2002). *Ciência, inovação e gestão tecnológica*. CNI/IEL/SENAI, ABIPTI, p. 69.
- Santos, B. P., Silva, L. A., Celes, C. S., Borges, J. B., Peres, B. S., Vieira, M. M., . . . Loureiro, A. A. (maio de 2016). *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*. Livro *Texto Minicursos - SBRC 2016*, p. 15.
- Schwab, K. (2016). *A quarta revolução industrial* (1 ed.). (J. L. Vieira, & M. L. Micales, Eds.) São Paulo: Edipro.
- Shelby, Z., & Bormann, C. (2009). *6LoWPAN: the wireless embedded internet*. Fonte: 6lowpan.net: <http://6lowpan.net/wp-content/uploads/2009/12/6lowpan-bookslides-full-20091206.pdf>



- Silva, E. (2016). *INDÚSTRIA 4.0 - A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL*. Fonte: LinkedIn: <https://pt.linkedin.com/pulse/indústria-40-quarta-revolução-industrial-edson-miranda-da-silva>
- Silveira, C. (2016). *O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo*. Fonte: Citisystems: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>
- Tadeu, H. (2016). O que seria a Indústria 4.0? *Boletim Fundação Dom Cabral*.
- Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2011). *Rede de Computadores* (5 ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Venturelli, M. (2014). *Automação Industrial*. Fonte: mhventurelli: <https://mhventurelli.wordpress.com/2014/09/02/industria-4-0/>