

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
BACHARELDO EM ENGENHARIA ELTRÔNICA**

DENISE ALINY GOMES DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0 COM FOCO NOS SISTEMAS CYBER FÍSICOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2018

DENISE ALINY GOMES DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0 COM FOCO NOS SISTEMAS CYBER FÍSICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica, da Coordenação de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen

PONTA GROSSA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
DAELE- Departamento de Eletrônica



TERMO DE APROVAÇÃO

INDÚSTRIA 4.0 COM FOCO NOS SISTEMAS CYBER FÍSICOS

por

DENISE ALINY GOMES DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de agosto de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen

Prof. Orientador

Prof. Dr. Max Mauro Dias Santos

Membro titular

Prof. Dr. Angelo Marcelo Tusset

Membro titular

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica -

Este trabalho simboliza o fim de uma importante etapa e o início de muitas outras que estão por vir. Dedico esse trabalho para minha família, por todo suporte e paciência durante os anos da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen, pelos conhecimentos compartilhados e suporte no desenvolvimento desse trabalho. Esse agradecimento se estende a todos os professores que conheci ao longo da jornada acadêmica; muito do que sou hoje devo a eles.

Agradeço principalmente a Deus, a minha família e amigos, por todo o amor a mim concedido; sem eles não conseguiria vencer esse desafio.

“O futuro terá cura, o futuro é literatura. Escolástica, matemática, é mágica pura.”
(FROID, 2015)

RESUMO

SILVA, Denise A. G: **INDÚSTRIA 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos**. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

A indústria está enfrentando uma mudança nunca antes observada, estimulada pela criação e utilização de tecnologias facilitadoras, cada vez mais rápidas e avançadas; essas transformações caracterizam a Indústria 4.0. Os Sistemas Cyber Físicos, por sua vez, possibilitam integração entre sistemas de diferentes natureza, estão relacionados com elementos dotados de conexões com a internet e dependem da coleta e do processamento de uma grande quantidade de dados. No presente trabalho apresenta-se conceitos e desafios enfrentados nesse novo cenário e relaciona a ideia de vários autores sobre o tema.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Quarta Revolução Industrial. Sistemas Cyber Físicos. Internet das Coisas. Big Data.

ABSTRACT

SILVA, Denise A. G. **Industry 4.0 with focusing in cyber physical systems**. 2018. 44 f. Work of Conclusion Course (Bachelor of Electronic Engineerin) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The industry is facing a change never seen before. Stimulated by the creation and use of facilitating technologies, increasingly fast and advanced; these transformations characterize Industry 4.0. Cyber Physical Systems in its turn allow integration between systems of different nature. They are related to elements equipped with connections to the Internet and rely on the collection and processing of a large amount of data. This paper shows concepts and challenges faced in this new scenario and relates the idea of several authors about theme.

Keywords: Industry 4.0. Fourth Industrial Revolution. Cyber Physical Systems. Internet of Things. Big data.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Uma das primeiras locomotivas.....	29
Figura 2 - Produção de carros.....	30
Figura 3 - A indústria automobilística e a principal representação do processo de inovação tecnológica no meio industrial	32
Figura 4 - Quarta Revolução Industrial.....	34
Figura 5 - Big Data: A Arte de Quantificar.....	38
Figura 6 - Cidades Inteligentes.....	39
Figura 7 - Sistema Ciberfísicos.....	44
Figura 8 - Controle Direto do Sistema.....	45
Figura 9 - Extensão do Sistema Por Placa Microcontroladora.....	46
Figura 9 - Uso de Sensores e Atuadores Inteligentes.....	47
Figura 9 - <i>The Connected Enterprise</i> ockwellautomation.....	49

LISTA DE TABELAS.

Tabela 1 – Comparação.....	49
----------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

IoT	<i>Internet of Things</i>
CPS	<i>Cyber Physical System</i>
SCF	Sistemas Cyber Físicos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 APRESENTAÇÃO.....	25
1.2 JUSTIFICATIVA.....	26
1.3 OBJETIVOS	26
1.3.1 Objetivo Geral.....	26
1.3.2 Objetivos Específicos.....	27
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	27
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	28
2.1 PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	28
2.2 SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	29
2.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	30
2.4 INDÚSTRIA 4.0.....	32
2.5 BIG DATA.....	35
2.6 IoT – INTERNET DAS COSIAS.....	38
3 DESENVOLVIMENTO.....	41
3.1 SISTEMAS CYBER FÍSICOS.....	41
3.2 SENSORES E REDES INTELIGENTES.....	47
3.3 ESTADO ATUAL E TRANSAÇÃO DA INDÚSTRIA 3.0 PARA 4.0.....	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
5 REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A cenário industrial está se transformando em uma velocidade nunca antes vista, estimulado pela criação e utilização de tecnologias facilitadoras, cada vez mais avançadas e rápidas. A transformação está acontecendo de forma transversal, mas alguns ramos assumem a liderança: indústrias automobilística, tecnológica e biológica. As mudanças estão acontecendo rapidamente e os impactos esperados são tão significativos, que se fala em uma nova revolução Industrial: a quarta (COELHO, 2016).

A primeira Revolução Industrial, a "Mecanização", foi resultante da invenção da máquina a vapor; a segunda, a "produção em massa", aconteceu com a ajuda da eletricidade. A terceira, a "Digitalização", foi proveniente da automatização dos processos através do uso da eletrônica e TI. O início da quarta Revolução Industrial - a Indústria 4.0 - é marcada pelo uso de Big Data, da Internet das Coisas (IoT) e dos Sistemas ciber físicos (CPS), termos que serão discutidos posteriormente nesse trabalho. Como as revoluções anteriores, a Quarta Revolução Industrial apresenta o potencial de aumentar os níveis de renda e melhorar a qualidade de vida da população, mas enfrenta desafios, principalmente relacionados a segurança e aos impactos sociais.

Segundo Klaus Schwab (2015), diretor executivo do Fórum Econômico Mundial:

Há três razões pelas quais as transformações atuais não representam uma extensão da terceira revolução industrial, mas a chegada de uma diferente: a velocidade, o alcance e o impacto nos sistemas. A velocidade das descobertas atuais não tem precedentes históricos. Quando comparada com as revoluções industriais anteriores, a quarta está evoluindo a um ritmo exponencial e não linear. Além disso, está afetando quase todos os setores em todos os países; a amplitude e profundidade dessas mudanças anunciam a transformação de sistemas inteiros de produção, gestão e governança (SCHWAB, 2015, p.5, tradução nossa).

As empresas do ramo tecnológico, universidades e institutos de pesquisa enfrentam desafios técnicos e trabalham para estabelecer um nível de segurança viável para troca de informações sensíveis e criação de padrões e referências para a

interoperabilidade entre máquinas e dispositivos (HAHM, 2016). Os impactos da Indústria 4.0 são tão grandes, que é esperado em uma transformação na forma como os negócios e a sociedade se organizam; a disseminação da Internet está posicionando a mesma como um importante canal de distribuição de serviços e produtos e possibilitando a criação de empregos a nível gerencial e extinguindo outros. Esse novo cenário está transformando produtos e serviços e seu fluxo, mercados, economias e estruturas de diversos setores, os valores e o comportamento dos consumidores e o mercado de trabalho. (DRUCKER, 2000).

1.2 Justificativa

Em texto publicado no final de 2017, Guto Ferreira comenta sobre a inovação e modernidade:

A inovação é hoje uma necessidade competitiva e de sobrevivência para as empresas do mundo moderno, que está muito dinâmico: são mudanças fortes e constantes e em um tempo cada vez menor, fruto de uma época da inovação disruptiva sequencial (FERREIRA, 2017, p.1).

Entender essas mudanças é crucial tanto para o consumidor quanto para as empresas. A quarta revolução industrial é uma realidade conceitual em desenvolvimento e com espaço para melhorias. “Em sua escala, escopo e complexidade, a transformação será diferente de tudo que a humanidade já experimentou antes”. (SCHWAB, 2015).

Considerando o uso de novas tecnologias e transformações acarretados pela quarta revolução industrial, bem como seus impactos em diversos setores, o presente trabalho visa auxiliar o leitor na compreensão dos conceitos dos Sistemas Cyber Físicos, dentro Indústria 4.0 e entender os desafios enfrentados nesse novo cenário. Além disso, como se trata de um tema novo e muito relevante, é importante estudá-lo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é compreender os Sistemas Cyber Físicos dentro dos conceitos da Indústria 4.0 e analisar o horizonte e as tendências da quarta revolução industrial através de revisão bibliográfica de pesquisas já publicadas de vários autores envolvendo o tema.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos foram definidos: (a) contextualização histórica das Revoluções Industriais; (b) análise da Indústria 4.0 e seus ramos (Big Data e IoT); (c) compreender o funcionamento dos Sistemas Cyber Físicos; (d) Discorrer sobre o estado atual da arte da Industrial 3.0 e a transação para a Indústria 4.0.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto de quatro capítulos. No primeiro capítulo o tema é brevemente apresentando e justificado e os objetivos gerais e específicos são definidos. O segundo capítulo contempla: o embasamento histórico sobre as revoluções passadas até a situação que encontra-se atualmente, a abordagem específica dos temas Internet das Coisas e Big Data, relacionados à Indústria 4.0. No terceiro capítulo é apresentado o desenvolvimento do trabalho; o tema Sistemas Cyber Físicos é discutido e faz-se um link da Terceira Revolução Industrial com a Quarta Revolução Industrial, bem como o estado atual da arte relacionado às revoluções Industriais. Finalmente, o quarto capítulo expõe as conclusões mais relevantes obtidas com este estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Primeira Revolução Industrial

Segundo Drucker (2000), a primeira revolução industrial começou na Inglaterra, entre 1760 a 1840. Esse período foi marcado pela substituição dos métodos artesanais por máquinas e ferramentas, pela exploração do carvão como energia alternativa à madeira e outros biocombustíveis, e principalmente, pelo uso crescente da energia à vapor. Nos primeiros anos o produto com maior visibilidade era o tecido, porém, a Revolução Industrial mecanizou a produção de diversos tipos de produtos, como papel, couro, vidro e tijolos. Seu impacto não se limitou aos produtos de consumo. A produção de ferro (por exemplo, do arame) tornou-se mecanizada e movida a vapor na mesma velocidade que a produção dos tecidos, com os efeitos semelhantes sobre custo, preço e quantidade.

As alterações do processo produtivo refletiu em níveis econômicos e sociais: o artesão que até então era responsável pelo processo produtivo na sua totalidade, desde a exploração da matéria prima até a comercialização do produto final, passou a trabalhar para um empregador que controlava o processo, a matéria prima, o produto final e os lucros (COELHO, 2016). Essas mudanças deram origem à fábrica e à classe trabalhadora. A Revolução Industrial também teve grande impacto sobre a família; até então, essa era a unidade de produção, com o marido, a mulher e os filhos trabalhando juntos. A fábrica, quase pela primeira vez na história, tirou o trabalhador e o trabalho de dentro de casa, deixando os membros da família para trás (DRUCKER, 2000).

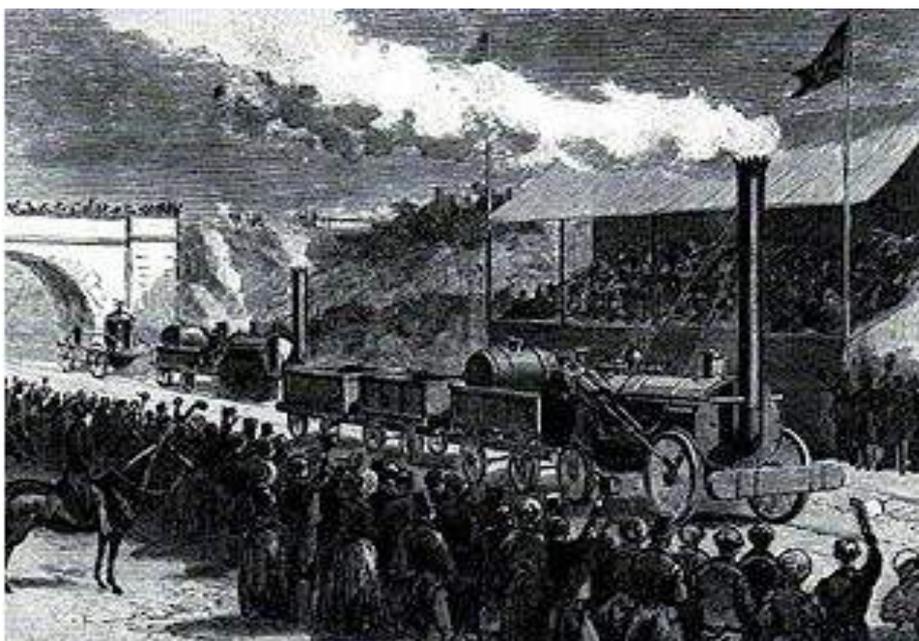
Os impactos vão muito além dos mencionados anteriormente: o crescimento explosivo da indústria têxtil baseada na máquina a vapor fez com que a escravidão ressurgisse. Tida como morta pelos fundadores da República Americana, ela ganhou força quando se criou uma grande demanda de mão-de-obra barata; por algumas décadas a criação de escravos tornou-se o negócio mais lucrativo dos Estados Unidos. (DRUCKER, 2000).

Contudo, apesar de todos esses efeitos, a Revolução Industrial, em seus primeiros 50 anos, apenas mecanizou a produção de mercadorias que já existiam há muito tempo, ela aumentou a produção e diminuiu o custo. Mas em 1829 surgiu um

produto realmente sem precedentes, que mudaria para sempre a economia, a sociedade e a política: a ferrovia (DRUCKER, 2000).

Ao contrário dos carrinhos de minas já existentes que eram destinados à transporte de carga, a ferrovia surgiu inicialmente com a finalidade de transportar passageiros e passaram a transportar cargas apenas 30 anos mais tarde, nos Estados Unidos. A explosão da ferrovia foi marcada por um dos maiores surtos da história econômica. A ferrovia foi um elemento revolucionário: além de possibilitar o surgimento de uma nova dimensão econômica, mudou o conceito de geográfica mental. “Pela primeira vez na história os seres humanos realmente tinham mobilidade. Pela primeira vez, os horizontes das pessoas comuns se expandiam”. (DRUCKER, 2000)

Figura 1 – Uma das primeiras locomotivas.



Fonte: FREITAS (2008).

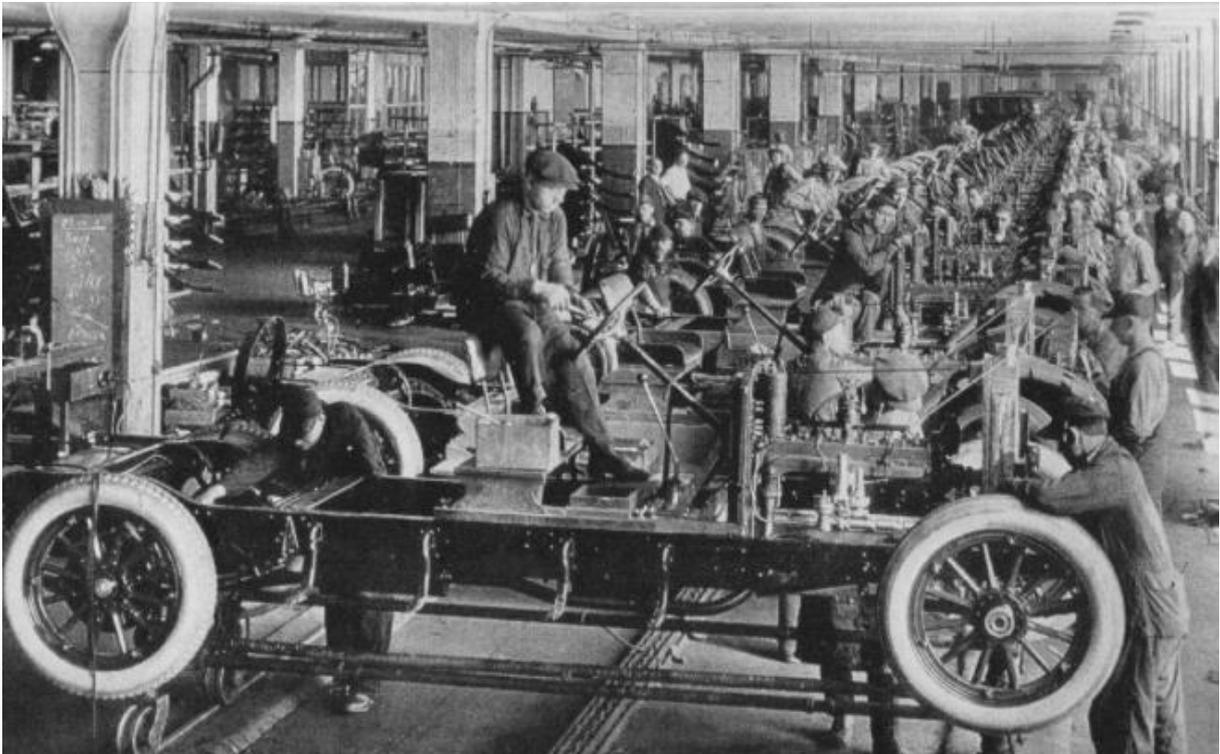
2.2 Segunda Revolução Industrial

A segunda revolução aconteceu entre os anos de 1870 e 1914, marcada pelo uso do petróleo como fonte de energia, pela invenção da lâmpada elétrica incandescente com um filamento de carvão, pelo surgimento da energia elétrica e, por consequência, o uso de motores elétricos, etc. Surgiram também as primeiras linhas de produção que viriam permitir a produção em massa e a baixo custo.

Outro ponto crucial foi que o conhecimento científico e tecnológico, que até então só estava presente na Inglaterra, foi difundido pelo mundo todo. A segunda revolução industrial foi aderida pela França, Rússia e Itália, e também pela Alemanha e os Estados Unidos, que se tornaram grandes potências.

Segundo Mokur (1988), a busca pela liderança tecnológica se tornou tendência em outros países ocidentais industrializados. Invenções foram aprimoradas devido a pesquisas científicas que tiveram como base conhecimento pragmático dos séculos anteriores adquiridos por inventores, artesões e pequenas fábricas.

Figura 2 – Produção de carros



Fonte: PETRIN (2018).

2.3 Terceira Revolução Industrial

A Terceira Revolução Industrial, também chamada de Revolução Técnico-Científica, iniciou-se em meados do século XX e correspondeu ao processo de inovações no campo da tecnologia da informação, eletrônica e suas aplicações nos campos da produção e do consumo, desencadeado pela união do conhecimento científico e produção industrial. Essa fase veio em um período pós-guerra, apoiada pelo fortalecimento da globalização e pelo grande avanço tecnológico da época, como

citado por Pena, 2015. É perceptível que os avanços tecnológicos não mudaram apenas as indústrias e os meios de produção, mas também “o próprio espaço geográfico e as relações humanas, sejam em âmbito estrutural, sejam em âmbito cultural” (PENA, 2015).

Transformações são notáveis no cenário da indústria: até então, as indústrias de automóvel, siderúrgica, metalúrgica e têxtil se destacavam no mercado; com a terceira revolução industrial, as indústrias que assumiram a liderança foram as que investiram em tecnologia e qualificação de mão de obra, não apenas no setor produtivo, mas também nos segmentos de administração, estratégias de propaganda, comércio, gestão financeira, etc.

Os avanços foram imensos, principalmente no desenvolvimento de softwares, uso de CLP, nos campos da microeletrônica, robótica, transistores, circuitos eletrônicos, telecomunicação e da informática, no geral. Também foi possível observar avanços na genética, biotecnologia, telefonia, agricultura de precisão, escaladas espaciais, construção civil, sistema de GPS, etc.

A Terceira Revolução resultou na integração entre a ciência, a tecnologia e a produção; mudou a forma de organização das indústrias e negócios. Com um maior número de ferramentas disponíveis, aumentou a “ambição” de se reduzir tempo, pessoas, improdutividade, defeitos, etc. Além dos fatores tecnológicos, se diferencia das outras revoluções pela geração de valor agregado no produto final.

A Revolução Tecno-Ciêntífica impactou o mercado financeiro, pois possibilitou que as transações fossem realizadas em menos tempo ou em tempo real, e com isso, surgiu o conceito *Fast Money* (dinheiro rápido) ou “capitais voláteis”. A dispersão da industrial também pode ser observada: as empresas passaram a instalar filiais em outros países que apresentavam vantagens em relação à custos de produção, salários, custos de investimentos, mercado menos saturado, etc. Por outro lado, os países ofereceram incentivos e subsídios para atrair empresas e gerar empregos. (PENA, 2015).

Essa revolução foi um dos principais gatilhos para o desenvolvimento do capitalismo moderno e para o processo de globalização. Ela possibilitou o surgimento de novas potências industriais e econômicas, como Alemanha e Japão, e mais tarde, da China. Após a Segunda Guerra Mundial, a Alemanha e a China estavam devastadas e proibidas de munir-se de forças armadas. Com ajuda financeira fornecida pelos Estados Unidos através do Plano *Marshall*, essas nações foram

reconstruídas e passaram a priorizar investimentos nos setores de Educação, Ciência e Tecnologia.

Figura 3 - A indústria automobilística e a principal representação do processo de inovação tecnológica no meio industrial.



Fonte: PENA (2015).

2.4 Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 foi manifestado pela primeira vez na Feira de Hannover, na Alemanha. De produção em massa evoluímos para uma customização em massa. A customização em massa é definida como produção de bens ou serviços que atendam desejos específicos e individuais à custos reduzidos, muito próximos dos custos de produção em massa sem customização, o que só é possível com uma grande agilidade e flexibilidade da empresa (COELHO, 2016). A crescente digitalização está direcionando as indústrias de ofertas baseadas em produtos para ofertas baseadas em serviços. Embora essas ofertas sejam altamente automatizadas e padronizadas, elas também são personalizadas por meio de *softwares*. A integração

perfeita dos mundos físico e digital através de sensores em rede, atuadores, hardware e software incorporados mudará os modelos industriais (*Global Agenda Council on the Future of Software & Society*, 2015).

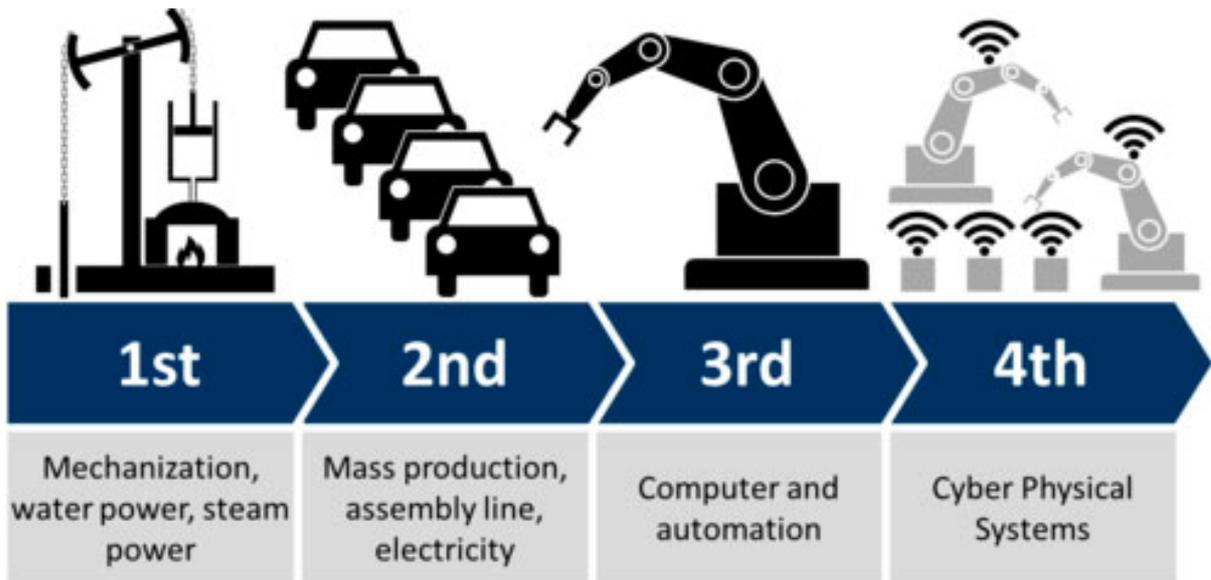
O avanço rápido e sustentável na tecnologia da informação, resulta no crescimento exponencial do poder de processamento, captura, transmissão e capacidade de armazenamento de dados, o que vem possibilitando a criação de sistemas periféricos, sistemas de comunicação e sistemas de controle cada vez mais poderosos, que estão sendo conectados cada vez mais próximos uns dos outros. (SCHUH et. al.)

A Indústria 4.0, fortemente patrocinada e incentivada pelo governo alemão em associação com empresas de tecnologia, universidades e centros de pesquisa do país, propõe uma importante mudança de paradigma em relação à maneira como as fábricas operam nos dias de hoje. Segundo Hahn (2016), nessa visão de futuro, ocorre uma completa descentralização do controle dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados, ao longo de toda a cadeia de produção e logística. O impacto esperado na produtividade da indústria é comparável ao que foi proporcionado pela internet em diversos outros campos, como no comércio eletrônico, nas comunicações pessoais e nas transações bancárias. Esse processo promete gerar ambientes de manufatura altamente flexíveis e autoajustáveis à demanda crescente por produtos cada vez mais customizados.

A combinação de sistemas de TI com internet, tem resultado no aumento contínuo do número, poder e complexidade de aplicações. Sistemas e dispositivos com uso intensivo de software estão se tornando produtos cotidianos. Ao conectá-los de diversas formas e incorporando dados e serviços de redes, se transformam em soluções integradas e abrangentes, que estão preenchendo e conectando todas as áreas de nossas vidas. Dispositivos confiáveis, conectados em rede, com custo reduzido de hardware e ferramentas amigáveis de software, atingiram níveis atrativos para serem usados em aplicações mais abrangentes. Essas aplicações empregam recursos da Ciência e da Engenharia da Computação para ampliar e melhorar as aplicações em sistemas mecânicos, elétricos, térmicos, químicos, biológicos e suas combinações (KIM, 2010 apud MORAES, 2013).

A imagem a seguir ilustra a evolução das revoluções industriais:

Figura 4 – Quarta Revolução Industrial



Fonte: SITE INFOR CHANNEL (2017).

A integração de tecnologias cibernéticas que tornam os produtos habilitados para Internet facilita serviços inovadores para obter, entre outras coisas, diagnósticos, manutenção, operação, etc. baseados na Internet, de maneira econômica e eficiente. Além disso, ajuda na realização de novos modelos de negócios, conceitos operacionais e controles inteligentes, focando no usuário e em suas necessidades individuais. Segundo Jazdi (2014), o objetivo da Indústria 4.0 é o surgimento de fábricas digitais que são caracterizadas pelos seguintes atributos:

1. Rede inteligente: Sistemas e equipamentos automatizados. Sistemas de logística interna e suprimentos operacionais são consistentemente integrados a modelos de negócios que suportam o controle inteligente e a utilização ideal de recursos.

2. Mobilidade: Dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* já foram incluídos na automação industrial. Eles fornecem um acesso atemporal e espacialmente independente aos processos e serviços dos sistemas automatizados. Isso cria uma nova dimensão no diagnóstico, manutenção e operação desses sistemas.

3. Flexibilidade: A Indústria 4.0 permite uma alta flexibilidade tanto no desenvolvimento, diagnóstico e manutenção quanto na operação de sistemas automatizados. No desenvolvimento desses sistemas, é possível selecionar a melhor oferta de um grande grupo de fornecedores de componentes, módulos e serviços. O diagnóstico pode ser realizado em parte pelo usuário. Aqui, o acesso ao "Big Data"

ajuda na automação. As informações podem ser recuperadas sob demanda, usadas de forma inteligente e vinculadas para que um diagnóstico automatizado possa ser alcançado. As peças sobressalentes podem ser encomendadas automaticamente nos fabricantes mais baratos, contrariando assim o problema da escassez de competências.

4. Integração de clientes: Com a indústria 4.0, será possível personalizar os produtos para as necessidades específicas e individuais dos clientes. Os sistemas automatizados do século XXI adaptam-se às necessidades e habilidades dos usuários de todas as faixas etárias. Por exemplo, uma moderna máquina de venda automática de bilhetes pode fornecer várias opções de operação, de modo a permitir a sua utilização por pessoas com diferentes deficiências. Sistemas automatizados apoiarão as pessoas em todas as situações e as ajudarão em diferentes fases da vida, para que permaneçam sustentáveis e saudáveis.

5. Modelos de negócios inovadores: A produção no futuro será distribuída e flexível. Novos processos de desenvolvimento, infraestrutura e serviços surgirão. Os processos se tornarão modulares e configuráveis para que o produto possa ser adaptado aos requisitos específicos. (JAZDI, 2014)

Pode-se destacar sobre a indústria 4.0, que as mudanças organizacionais, governamentais e sociais não são triviais, e todos sentirão seu impacto. É difícil prever a velocidade de vários aspectos das alterações (COELHO, 2016). A indústria 4.0 traz muitos desafios que precisam ser extensivamente estudados na pesquisa. Muitas questões surgem: como a confiabilidade e segurança desses produtos, cujo desenvolvimento é distribuído, pode ser determinada e como eles são certificados? Outra tarefa importante é o assunto da proteção e segurança de dados. Deve ser assegurado que o próprio *know-how* e a privacidade estejam protegidos e não sejam afetados. Para este fim, novos conceitos e tecnologias que permitem uma cooperação confiável de muitos grupos e unidades são necessários. Além disso, questões éticas, legais e sociais terão que ser redefinidas. (JAZDI, 2014)

2.5 Big Data

A quantidade de dados gerados pela humanidade nos últimos anos aumentou de forma exponencial. E a capacidade de entender e gerenciar esses dados está aumentando. A aplicabilidade do Big Data está no tratamento desse volume de dados,

que vem de variadas fontes e que demandam alta velocidade de processamento, na busca por um valor. Esse valor, obtido através de correlações entre dados, pode se dar através de descoberta de padrões, preferências de usuários, aumento no número de vendas em determinada época do ano, descoberta de cura de doenças, entre diversos outros benefícios aplicáveis à diversas áreas de estudo (TAURION, 2013 apud GALDINO, 2016).

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos abriram novas oportunidades para coleta e processamento de dados em grande escala. A capacidade de construir algoritmos que podem generalizar e fazer inferência indutiva também aumentou significativamente. Isso resultou no avanço do estado da arte em campos de pesquisa tradicionais que dependiam de enormes quantidades de dados, mas foram desafiados pela capacidade limitada de aquisição de dados ou poder de computação. (SHAH,2015)

Segundo Santanchè (SANTANCHÈ, 2014 apud GALDINO, 2016), o aumento exponencial dos dados no decorrer dos anos através do advento da internet e de diversos dispositivos como celulares e computadores, ocasionou uma revolução no que tange a gestão da informação. Estamos no limiar de uma revolução em termos de como a humanidade interage com a tecnologia, na medida em que um número cada vez maior de dispositivos que usamos, operamos ou interagimos (mesmo que passivamente) é capaz de coletar ações na forma de dados (SHAH,2015).

Segundo Zaslavsky et al. (2013, apud SAHAH, 2015):

A concentração de recursos computacionais permite a detecção, captura, coleta e processamento de dados em tempo real de bilhões de dispositivos conectados, atendendo a diversas aplicações, incluindo monitoramento ambiental, aplicações industriais, negócios e centrados no ser humano (ZASLAVSKY et al.,2013,p.3)

Segundo Galdino (2016), a aplicabilidade do Big Date está associado à cinco V's que são definidos por: (a) volume (quantidade de dados acumulados); (b) variedade (meios de propagação e tipos de dados); (c) velocidade (taxa de transmissão de dos dados); (d) veracidade (se os dados são confiáveis); (e) valor (resultado obtido no uso das ferramentas de Big Data). Esses critérios denotam o objetivo de manter as plataformas e sistemas em harmonia de tal forma que gerem o resultado esperado. (REVISTA VEJA, 2013 apud GALDINO, 2016)

O desafio para as ferramentas de Big Data é, entre outros, a manipulação de dados semiestruturados e não estruturados no intuito de extrair valor destes através de correlações, e então compreendê-los, para que tragam valor ao meio aplicável. (GALDINO, 2016). Segundo Sahah (2015), as enormes quantidades de dados adquiridos exigem uma infraestrutura poderosa para suportar, não apenas o armazenamento e a consulta, mas também a extração de informações a partir desses dados. Várias categorias de aprendizado que precisam ser executadas nesses dados exercem um conjunto único de requisitos. Por exemplo, um dos requisitos mais comuns é o de poder executar análises em lote sobre dados históricos para construir modelos agregados. No entanto, isso pode ser um esforço complicado, uma vez que os dados não residem necessariamente na mesma rede e muito menos na mesma máquina. Portanto, os algoritmos de aprendizado paralelo, bem como os recursos de aprendizado distribuído, são necessários, dependendo do tamanho, da localização e de outras características de dados, além das restrições de comunicação.

Cezar Taurion (2013 apud GALDINO, 2016), em seu livro Big Data, faz uma analogia em que, as ferramentas de Big Data, representarão para as corporações e para a sociedade a mesma importância que o microscópio representou para a medicina. Uma ferramenta de análise onde se pode extrair informações, prever incidentes e ter a capacidade de corrigi-los quando existentes, ou até mesmo evitá-los.

Figura 5: Big Data: A Arte de Quantificar



Fonte: SITE REAMP (2017).

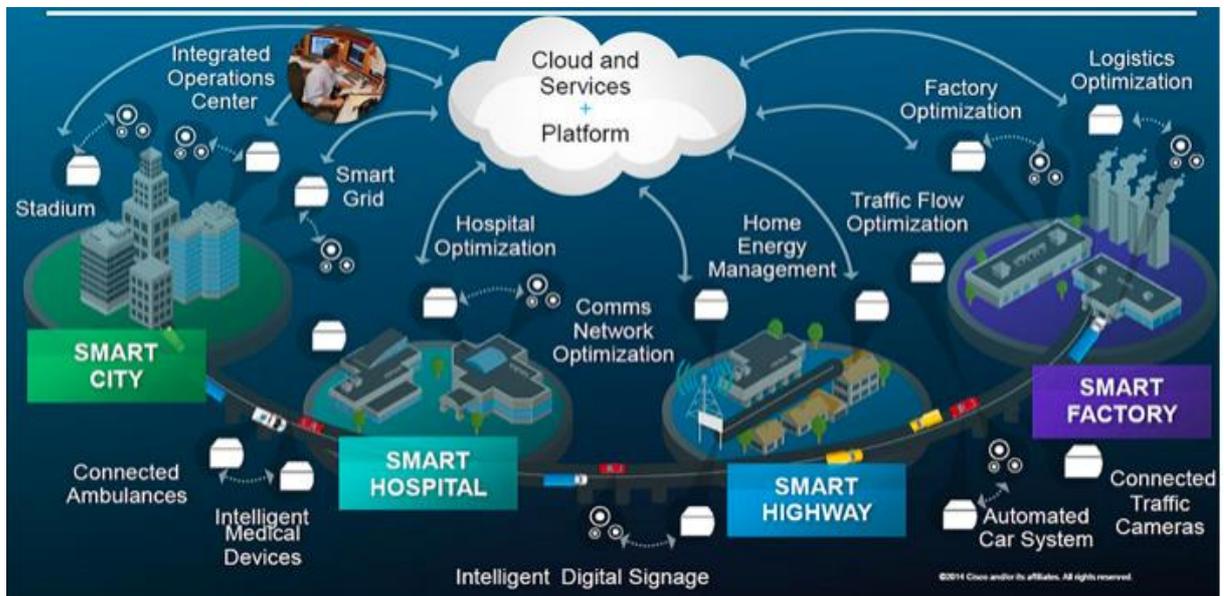
2.6 IoT - Internet das coisas

O aumento do poder de computação e a queda dos preços de hardware, possibilitou a viabilidade econômica de conectar, literalmente, qualquer coisa à Internet. A Internet de banda larga está se tornando mais amplamente disponível, o custo da conexão está diminuindo, mais dispositivos estão sendo criados com recursos Wi-Fi e sensores embutidos, custos de tecnologia estão reduzindo, e o uso de smartphones está aumentando rapidamente. Todas essas coisas estão criando uma "tempestade perfeita" para a IoT (sigla da expressão em inglês *Internet of Things*).

Kevin Ashton, cofundador e diretor executivo do *Auto-ID Center* no MIT, mencionou pela primeira vez a Internet das Coisas em uma apresentação que fez à Procter & Gamble em 1999. Embora o conceito não tenha sido nomeado até 1999, a Internet das Coisas está em desenvolvimento há décadas. O primeiro aparelho de internet, por exemplo, era uma máquina de Coca-Cola na Universidade Carnegie Mellon no início dos anos 80. Os programadores podiam se conectar à máquina pela Internet, verificar o status da máquina e determinar se haveria ou não uma bebida gelada esperando por eles (WIGMORE, 2016).

Segundo SAHAH, muitos dispositivos, sejam eles eletrodomésticos, motores de aeronaves, dispositivos portáteis e móveis, veículos, etc., não funcionam isoladamente. Cada vez mais esses dispositivos ou "coisas" estão sendo "interconectados", resultando em um ecossistema chamado de Internet das Coisas. Essa interconectividade oferece oportunidades para serviços aprimorados e otimização de eficiência: maior nível de observações e inferências feitas a partir de dados provenientes de vários dispositivos interconectados. A proposta é que a conectividade deixe os objetos mais eficientes ou capazes de executar funções complementares. Essa conectividade pode ser observada através da Figura 6.

Figura 6: Cidades Inteligentes



Fonte: Cisco

Note que essa interconectividade não precisa ser uma interconectividade de dispositivo para dispositivo ou de máquina para máquina, mas também pode ser obtida por meio de plataformas comuns. Além disso, pode ser tanto em tempo real quanto passiva (dados coletados e analisados ao longo do tempo). A IoT cria uma conectividade na qual os periféricos possam ser provedores de serviço e não só um artifício do controle remoto da rede.

A aplicação da Internet das Coisas vai muito além do meio doméstico ou industrial; ela pode trazer ganho para diversos setores, como por exemplo: (a) hospitais e clínicas: pacientes podem usar dispositivos conectados à internet que meça sua pressão ou batimentos cardíacos e essas informações serem enviadas em tempo real para o setor responsável por exames e auxiliar em diagnósticos. (b) Pecuária: Rastreamento e informações diversas, como histórico de vacinas ou medicamentos, através de um chip implantado no animal. (c) Agricultura: Monitoramento em tempo real de temperatura, humidade do solo, velocidade do vento, etc. são cruciais para o bom rendimento do plantio. (d) Lojas: possibilitaria o controle inteligente de estoque e informações como qual horário certos itens vendem mais, etc. (e) Transporte Público: usuários podem saber através do seu smart phone qual é a localização do seu ônibus. As empresas, por sua vez, saberiam como está o cumprimento dos horários e se precisam de mais veículos em uma determinada linha.

As aplicações são diversas e vão além das mencionadas anteriormente. Segundo Wigmore (2016), a tendência é de que “qualquer coisa que possa ser conectada, será conectada (p. 3)” . A segurança é um grande problema que muitas vezes é levantado. Com bilhões de dispositivos conectados, a vulnerabilidade aumenta. Por isso, as aplicações precisam ser muito estudadas e estruturadas no quesito segurança e privacidade dos dados. O aumento de espaço de endereços do IPv6 é um ponto crucial no desenvolvimento da Internet das Coisas. A expansão de espaço de endereçamento significa, na prática, uma quantidade quase ilimitada de endereços.

A limitação vem das tecnologias de comunicação: as redes atuais não foram projetadas para permitir tantas conexões de dispositivos tão distintos, com isso, deve surgir a próxima onda de redes móveis, o 5G (quinta geração).

3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 Sistemas Cyber Físicos

A cada dia é maior o número de dispositivos ou sistemas com algum nível de processamento. Isso contribuiu para que áreas com pouca ou nenhuma afinidade passassem a integrar uma classe emergente de sistemas: os Sistemas Cyber Físicos (MORAES, 2013). Os Sistemas Ciberfísicos (SCFs) são caracterizados pela estreita integração e coordenação entre a computação embarcada e as variáveis físicas, que interagem com o sistema por meio de sensores e atuadores (GOMES,2016). Tais sistemas possuem por uma forte interação entre os dispositivos eletromecânicos, presentes em uma determinada aplicação, e o sistema computacional embarcado (BAHETI; GILL, 2009 apud MORAES, 2013).

Cyber Physical Systems (CPS) são sistemas automatizados que permitem a conexão das operações da realidade física com infraestruturas de computação e comunicação (GOMES, 2016). Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, que são projetados como dispositivos autônomos, o foco no CPS está na rede de vários dispositivos. O CPS acompanha a tendência de ter informações e serviços em todos os lugares.(JAZDI, 2014). São sistemas conectados em rede que se comunicam entre si e usam sensores para capturar informação sobre o que está acontecendo no mundo físico, interpretam esses dados e os disponibilizam em serviços de rede, ao mesmo tempo que usam atuadores que influenciam diretamente os processos no ambiente físico e controlam o comportamento de dispositivos, objetos e serviços.

Os sistemas ciberfísicos estão dando origem à soluções não apenas inovadoras, como também genuinamente revolucionárias. Eles migram a inteligência dos operadores humanos para locais remotos e permitem que eles concentrem os esforços em raciocínio de alto nível e tomadas de decisão. Cabe ressaltar que, e os seres humanos não devem ser desligados dos processos de produção, mas sim devem ter um papel cada vez mais importante, desta maneira, se define uma nova forma de cooperação entre as máquinas e seres humanos (JAZDI,2014). Eles permitem muitas funcionalidades inovadoras através da sua rede e acesso ao mundo cibernético, alterando significativamente o nosso dia a dia. Nesse contexto, novos modelos de negócios, processos de trabalho e métodos de desenvolvimento que atualmente são inimagináveis surgirão. Essas mudanças também influenciarão

fortemente a sociedade e as pessoas. A vida familiar, globalização, mercados, etc. terão que ser redefinidos. No entanto, a Indústria 4.0 mostra simultaneamente características que representam os desafios em relação ao desenvolvimento de sistemas ciber físicos, tais como: confiabilidade, segurança e proteção de dados.

Como um exemplo ilustrativo de um sistema ciberfísico, considere uma equipe de robôs móveis e autônomos, encarregados da identificação e recuperação de um alvo dentro de uma casa com uma planta baixa desconhecida. Para realizar essa tarefa, cada robô deve estar equipado com vários sensores que coletam as informações relevantes sobre o mundo físico. Exemplos de sensores onboard incluem um receptor GPS (para rastrear a localização de um robô), uma câmera (para tirar fotos dos arredores) e um sensor térmico infravermelho (para detectar a presença de seres humanos). Um problema computacional chave, então, é construir um mapa global da casa baseado em todos os dados coletados, e isso requer que os robôs troquem informações usando links sem fio de maneira coordenada. O conhecimento atual das posições dos robôs, obstáculos e alvo podem ser usados para determinar um plano de movimento para cada um dos robôs. Esse plano de movimento inclui comandos de alto nível para cada um dos robôs na forma: “se mover na direção noroeste a uma velocidade constante de 5 km/h”. Essa diretiva precisa ser traduzida para entradas de controle de baixo nível para os motores, controlando o movimento do robô. Os objetivos do projeto incluem: operação segura (por exemplo, um robô não deve se deparar com obstáculos ou outros robôs), conclusão da missão (por exemplo, o alvo deve ser encontrado) e estabilidade física (por exemplo, cada robô deve ser estável como um sistema dinâmico). A construção do sistema multi-robôs para atender à esses objetivos, requer o desenho de estratégias para controle, computação e comunicação de maneira sinérgica. (RAJEEV, 2015).

Apesar de algumas formas de sistemas ciberfísicos serem usados na indústria desde os anos 80, só recentemente a tecnologia para processadores, comunicação sem fio e sensores amadureceu para permitir a produção de componentes com recursos impressionantes a um baixo custo. Compreender todo o potencial dessas plataformas de computação requer avanços em ferramentas e metodologia para a construção de sistemas ciberfísicos confiáveis. Esse desafio de desenvolver uma abordagem sistêmica para integrar o projeto de controle, computação e comunicação provou ser o catalisador para o surgimento de uma disciplina acadêmica distinta: os sistemas ciberfísicos, durante os anos 2000. A ciência do design para sistemas ciber-

físicos foi identificada como uma prioridade de pesquisa por agências governamentais, bem como por indústrias nos setores automotivo, aviônica, manufatura e dispositivos médicos (RAJEEV, 2015).

Não é possível analisar a computação sem avaliar o comportamento físico, e esse por sua vez, depende da dinâmica do ambiente da aplicação. O estudo de SCFs é, portanto, um campo interdisciplinar, em que diversas áreas da Engenharia e da Ciência da Computação estão envolvidas (MORAES, 2013).

No futuro, sistemas ciberfísicos irão trazer contribuições inestimáveis para qualidade de vida, proteção, eficiência, bem como segurança no abastecimento nas áreas de energia, água e saúde. Eles irão resolver alguns dos principais problemas que a sociedade enfrenta. Como por exemplo, sistemas de saúde modernos e inteligentes, usarão sensores para registrar dados dos pacientes, conectando os mesmos com os médicos, e possibilitando um diagnóstico e tratamento remoto.

A aplicação do CPS abrange vários campos, tais como: coleta de dados, prevenção de desastres, navegação assistida e aplicações de vigilância tática. A lista de aplicações caracterizadas como Sistemas Cyber Físicos é extensa, a constar: sistemas e dispositivos médicos, controle e segurança de tráfego, sistemas automotivos, controle de processos, conservação de energia, controle ambiental, aviônica, instrumentação, controle de infraestrutura crítica (energia, recursos hídricos, sistemas de comunicação), robótica distribuída (telepresença, telemedicina), sistemas de defesa, manufatura e estruturas inteligentes (MORAES, 2013). É possível observar na figura 7 o conceito principal dos SCF, representado pelo conceito 3C's: comunicação, computação e controle das informações. Essa nova geração de sistemas integra o mundo cibernético ao mundo físico

Figura 7 - Sistema Ciberfísicos.



Fonte: Gomes

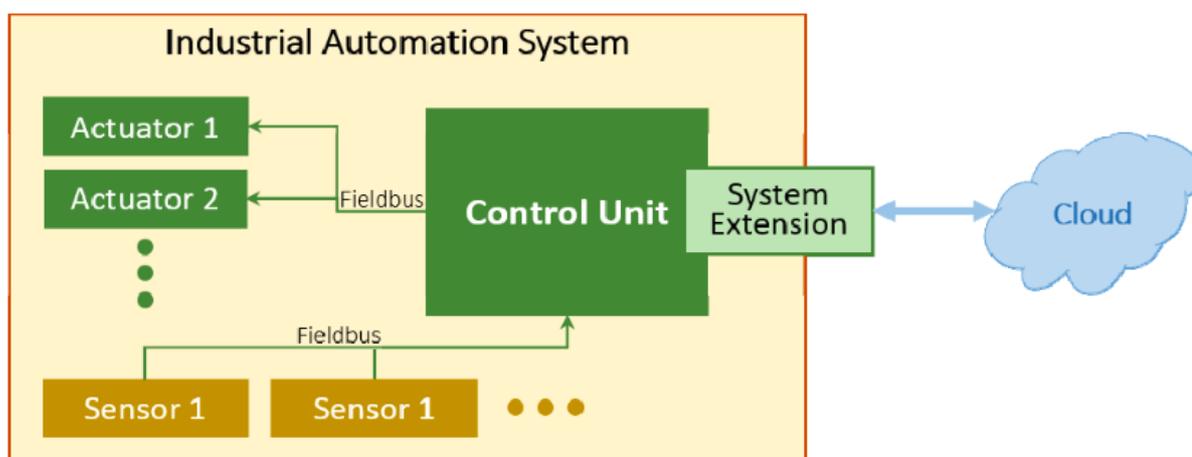
Um CPS consiste em uma unidade de controle, geralmente um ou mais micro controladores, que controlam os sensores e atuadores que são necessários para interagir com o mundo real e processa os dados obtidos. Esses sistemas embarcados também exigem uma interface de comunicação para trocar dados com outros sistemas incorporados ou com uma nuvem. A troca de dados é a característica mais importante de um CPS, uma vez que os dados podem ser vinculados e avaliados centralmente, por exemplo. Em outras palavras, um CPS é um sistema embarcado capaz de enviar e receber dados em uma rede (JAZDI, 2014). Um sistema de controle interage com o mundo físico em um *loop de feedback*, medindo o ambiente através de sensores e influenciando-o através de atuadores. Por exemplo, um controlador de bordo está constantemente monitorando a velocidade do carro e ajusta a força do acelerador para que a velocidade fique próxima da velocidade desejada. Controladores são componentes de um sistema ciberfísico, e essa integração de dispositivos com o mundo físico diferencia os sistemas ciberfísicos dos computadores tradicionais (RAJEEV, 2015).

Segundo Jazdi (2014), uma interface para a Internet ou uma rede similar é necessária para estender um sistema embarcado, que geralmente é feito de unidades

de controle, sensores e atuadores, para um CPS. Para conseguir isso, existem algumas abordagens possíveis e serão brevemente apresentados abaixo:

- Extensão do sistema direto: Nesta variante de solução individualizada, o sistema embarcado, se ainda não estiver disponível, é estendido por uma interface de comunicação para acessar a Internet; o software também é alterado de para permitir a comunicação pela Internet, por exemplo, com a nuvem. Para este fim, todos os sinais do sensor do sistema devem ser transmitidos pela unidade de controle para a nuvem. Métodos devem ser implementados para controlar os atuadores via Internet. A figura abaixo mostra o arranjo dessa variante de solução.

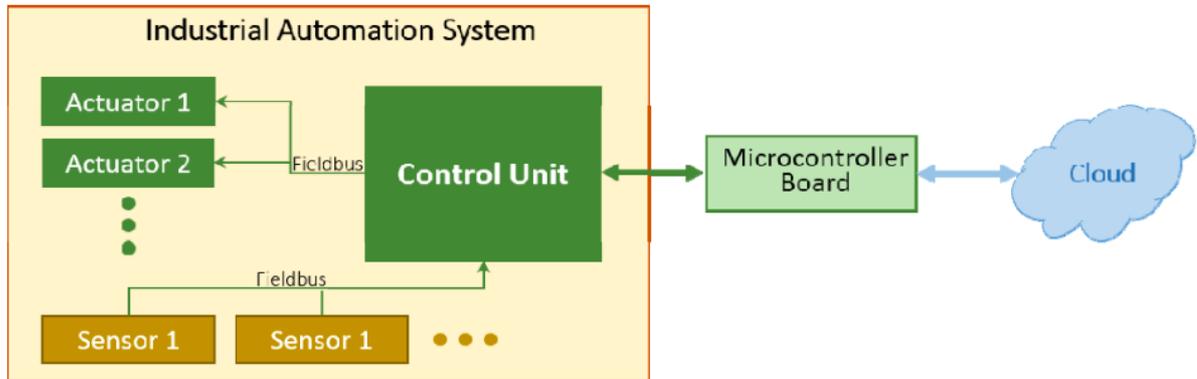
Figura 8 - Controle Direto do Sistema



Fonte: Jazdi.

- Expansão do sistema por placa microcontroladora: nesta variante de solução, é desenvolvida uma placa de microcontrolador que possui várias interfaces de comunicação, como CAN, UART, WLAN, Ethernet, etc. Isso está conectado ao sistema embarcado e assume a comunicação com a Internet ou com a nuvem. No entanto, isso requer interfaces uniformes, sobre as quais a placa pode ser conectada ao sistema embarcado. O software da placa deve ser ajustado separadamente para cada sistema. No entanto, o código inteiro não precisa ser reescrito a cada vez, apenas o mapeamento deve ser retrabalhado de maneira que seja relativamente fácil transferir essa variante para outros sistemas. Esse arranjo é demonstrado pela figura a seguir.

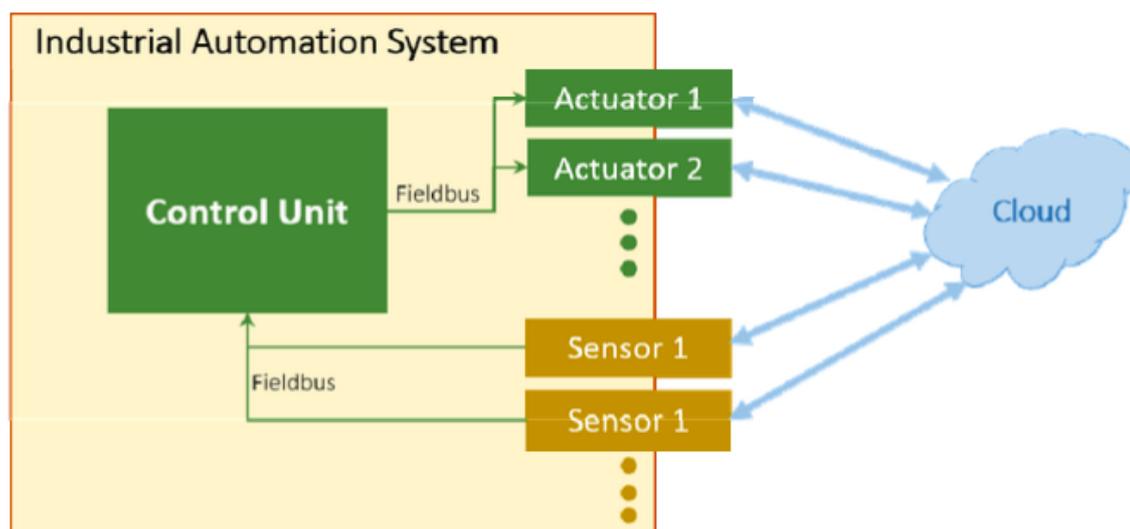
Figura 9 - Extensão do Sistema Por Placa Microcontroladora.



Fonte: Jazdi.

- Extensão por atuadores e sensores inteligentes: os sistemas embarcados tradicionais geralmente consistem em uma unidade de controle, vários sensores e atuadores, que são conectados à unidade de controle por meio de fieldbus. A unidade de controle assume a função de processamento de sinal em tais sistemas. Usando sensores e atuadores inteligentes, os sensores assumem o processamento do sinal e os atuadores verificam independentemente seu status atual e o corrigem, se necessário. Estes sensores transmitem os seus dados para uma unidade de controle central, por exemplo, via fieldbus. A fim de estender um sistema embarcado para um SCF, seria possível também transmitir dados dos sensores e atuadores, que são enviados através do fieldbus, para uma nuvem, e processá-los na nuvem.

Figura 10 - Uso de Sensores e Atuadores Inteligentes.



Fonte: Jazdi.

O CPS integra a dinâmica dos processos físicos com os do software e da rede, fornecendo abstrações e técnicas de modelagem, projeto e análise para o todo sistema integrado.

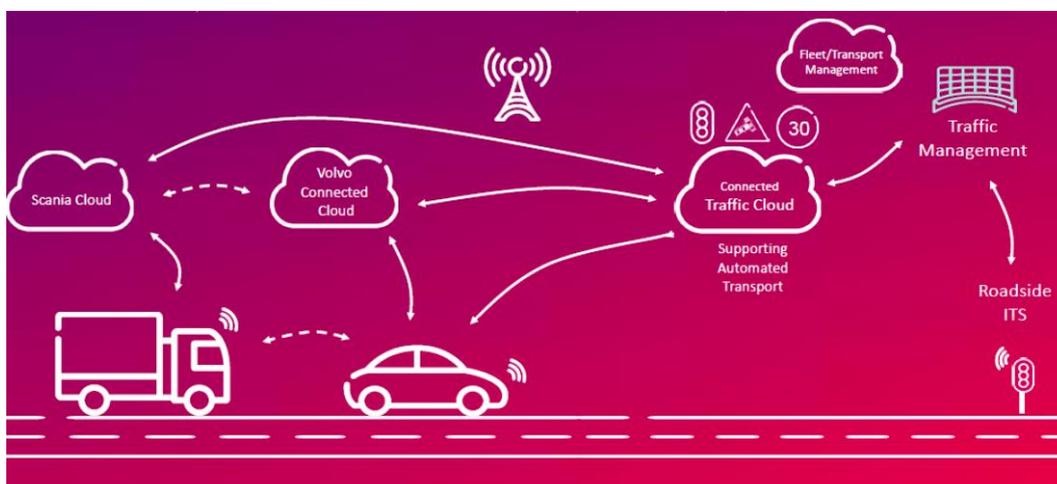
CPS são sistemas de feedback que geralmente incluem algoritmos que reagem aos dados do sensor emitindo sinais de controle via atuadores para os componentes físicos do CPS. Tais sistemas de feedback de circuito fechado são o domínio do campo clássico da teoria de controle, que estuda a estabilidade e a dinâmica dessas interações. O CPS, no entanto, requer a extensão da teoria de controle para abranger a dinâmica de software e redes, o que pode ter efeitos profundos sobre a estabilidade e a dinâmica dos subsistemas físicos. Fenômenos que afetam a dinâmica incluem temporização de jitter (medida de variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados) em comunicações e computação, perdas de pacotes em redes e contenção de recursos. A teoria de controle clássico pressupõe sinalização contínua ou em tempo discreto, onde o controlador observa continuamente ou periodicamente a "planta" (o subsistema físico), e continuamente ou periodicamente fornece a atuação para a planta. Em uma arquitetura típica do CPS, a sinalização é mediada por softwares e redes que não têm esse comportamento contínuo ou periódico. Adaptar a teoria de controle para lidar com as realidades de software e redes é um importante problema da CPS.

Sistemas CPS são tipicamente sistemas de malha fechada, onde sensores fazem medições de processos físicos, as medições são processadas nos subsistemas cibernéticos, que então acionam atuadores que afetam os processos físicos. As estratégias de controle implementadas nos subsistemas cibernéticos precisam ser adaptativas (respondendo às mudanças de condições) e preditivas (antecipando mudanças nos processos físicos). Sistemas inteligentes são aqueles que emulam capacidades humanas de aprendizagem, compreensão ou percepção. Nesse contexto, há oportunidades e desafios específicos associados ao controle ou previsão do comportamento de tais sistemas e como seu comportamento afeta o comportamento geral do sistema.

Os sistemas ciberfísicos geralmente incluem software que possui restrições de tempo, incluindo tarefas que devem ser executadas periodicamente, restrições de prazo ou restrições de latência. O campo clássico dos sistemas em tempo real, que fornece estratégias de escalonamento em nível de sistema operacional, desempenha um papel central nisso. Um problema chave específico do CPS é que os modelos de programação tradicionais apenas especificam indiretamente propriedades de temporização (normalmente associando prioridades a tarefas), portanto uma oportunidade chave é desenvolver modelos de programação para sistemas cronometrados, ou ainda, para sistemas cronometrados distribuídos.

A figura abaixo exemplifica um CSP, onde diversos dispositivos em diferentes plataformas estão conectados, recebendo e enviando informações para um sistema, a fim de minimizar problemas de trânsito.

Figura 11 - *Characterization*



Fonte: Törngren.

Existem soluções em desenvolvimento de semáforos inteligentes, que detectam carros e pedestres através do processamento de imagem; a abertura e fechamento não se dá mais através de um temporizador, mas sim, é determinada pelo fluxo. O sistema envia tais informações para a nuvem, e através do processamento desses dados é possível conectar todas os semáforos de uma cidade, criando uma rede interligada. A alteração do fluxo em um determinado ponto reflete no fluxo em outro ponto, minimizando problemas de trânsito.

3.2 Sensores e Redes Inteligentes

Em texto publicado em 2016, Marla Freitas descreve sensores inteligentes como:

Sensores inteligentes são dispositivos que recebem como entrada algum parâmetro físico do ambiente e, através de recursos internos computacionais para executar funções internas predefinidas, detectam esse parâmetro e em seguida processam e transmitem os dados referentes a ele. (FREITAS, 2016, p.1).

Os Sensores Inteligentes são dispositivos modernos, confeccionados a partir da combinação de transdutores e microcontroladores, utilizados para detectar e responder a sinais elétricos ou ópticos, com possibilidade de conexão para a rede. São peças de extrema importância para as fábricas inteligentes; os menos possibilitam a auto gestão, auto configuração, auto controle e auto otimização, com resultados precisos e confiáveis. Existem diversos tipos de sensores inteligentes disponíveis no mercados. Um exemplo são os sensores da Marca Contrinex, que são equipados com o IO-Link de série e possibilita o cliente usar a saída binária PNP ou a sua interface IO-Link inteligente.

Considerando o ambiente produtivo, é impossível manter produtividade e eficiência ótimas em todos os momentos, ou evitar tempo de inatividade e perda de produção, a menos que seja possível saber o que está acontecendo nas máquinas minuto a minuto. Sensores convencionais fornecem uma quantidade limitada de informações e não são capazes de fornecer dados de diagnósticos ou parâmetros para uma unidade de controle.

Uma solução utilizando sensores inteligentes fornece todos os dados necessários para que se crie uma ampla visão do status da empresa a qualquer

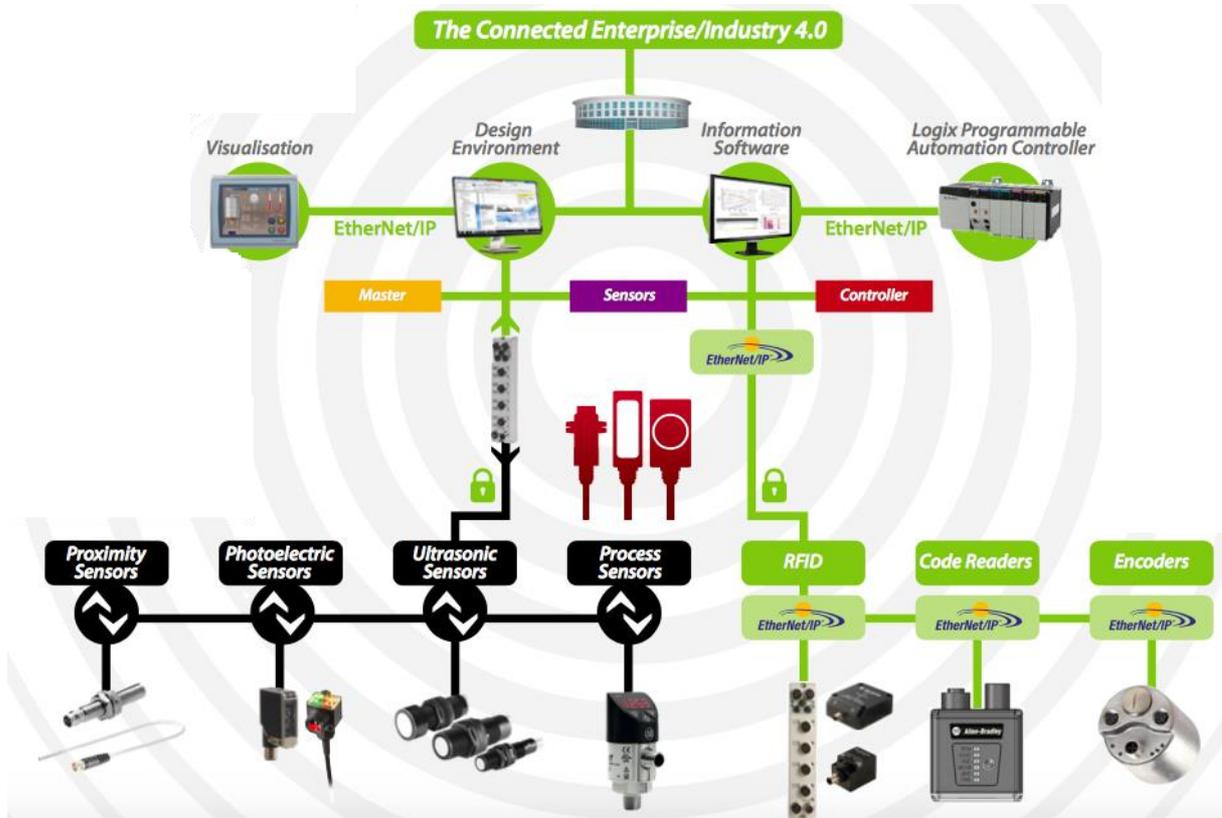
momento, assim como, facilita a introdução e operação de máquinas inteligentes, resultando em um aumento na produtividade e eficiência.

Com a utilização de sensores inteligentes é possível obter diversos ganhos, entre eles: tomada de decisões baseadas em informações de diagnóstico avançadas, aplicação de manutenção preventiva e não reativa, tempo de inatividade planejado, total controle da planta e redução de custos de cabeamento e manutenção, bem como análises precisas de falhas e fácil substituição. Além disso, não é necessário “reensinar” o sistema a cada mudança de produção, o que reduz custos e esforços e permite mudanças de produções mais rápidas, sem necessidade de alteração no processo industrial.

Segundo o fabricante *Rockwell*, existem sensores inteligentes disponíveis para diversos parâmetros e com isso, é possível manter uma visão abrangente do processo. O conhecimento da situação atual e do status do sensor garante a identificação de qualquer tipo de problema em potencial relacionado ao sensor, o que torna o sistema quase que a prova de falhas. Eles fornecem um fluxo contínuo de dados de processo, diagnóstico para o ambiente de projeto, sistema de visualização, software de informações e controlador.

A figura abaixo representa uma solução composta por sensores inteligentes: na base do sistema, de um lado se encontram diversos tipos de sensores inteligentes, conectáveis a Ethernet e do outro dispositivos mais sofisticados com conexão própria.

Figura 12 – *The Connected Enterprise* ockwellautomation.



Fonte: Rockwell Automation.

3.3 Estado Atual e Transação da Indústria 3.0 para 4.0

O mundo se encontra em uma transição da Indústria 3.0 para a Indústria 4.0: as mudanças são tantas que é impossível considerar a alteração repentina de uma para a outra. Podemos observar a velocidade e o impacto das mudanças através de uma comparação feita por Klaus Schwab, na figura a seguir:

Tabela 1 – Comparação

	Empresas	Valor de Mercado	Empregados
1990	Três grandes de Detroit	US\$ 36 bilhões	1,2 milhões
2014	Três maiores do Vale do Silício	US\$ 247 bilhões	137 mil

Fonte: Schwab (2016).

A Terceira Revolução automatizou muitas tarefas antes realizadas pelo homem, com a quarta revolução industrial é esperado que essa automatização aconteça de maneira transversal e seja ainda mais impactante. É previsto para os próximos anos a extinção ou redução drástica de: operadores de telemarketing, responsáveis por cálculos fiscais, avaliadores de seguros/ danos automobilísticos, árbitros, juízes e outros profissionais desportivos, secretários jurídicos, corretores de imóveis, mão de obra agrícola, secretários e assistentes administrativos, etc.

Como evolução da Indústria 3.0 pode-se citar o uso de impressoras 3D, avanços na pesquisa e protótipos de veículos autônomos, aplicação de robótica avançada, e surgimento de novos materiais, como o grafeno (diversas vezes mais resistente que o aço e eficiente condutor de calor e eletricidade), inovações no campo da biologia, etc.

Atualmente estamos enfrentando a transição da Indústria 3.0 para a 4.0. Algumas tecnologias proveniente da evolução da Quarta Revolução Industrial já estão disponíveis e prontas para serem usadas. A aquisição dessas tecnologias por parte de algumas industrial força as concorrentes (e muitas vezes fornecedores) a também aderirem para se manterem competitivas no mercado. Ou seja, na medida que a tecnologia facilitadora passa a ser usada, a expansão acontece de forma aritmética (exponencial).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Toda revolução industrial é estimulada por inovações, que dão origem à novas tecnologias. A partir do momento que essas tecnologias tornam-se baratas o suficiente para serem aplicadas e difundidas, elas transformam a sociedade. Um exemplo da primeira revolução industrial ilustra esse cenário: uma máquina a vapor em um laboratório é um ótimo experimento; muitas de máquinas a vapor aplicadas em diversas fábricas mudam uma nação.

Considerando a Indústria 4.0 e suas principais características transformadoras, pode-se citar: implementação de algoritmos de Inteligência Artificial, custo decrescente da computação e de dispositivos conectados, queda radical no preço do sequenciamento genético e uso de tecnologias cibernéticas, pela combinação dos mundos físico, biológico e digital.

A mudança da Indústria 3.0 para a 4.0 não acontece de forma repentina, e estamos em processo de transição. É possível transformar um sistema 3.0 para um Sistema Cyber Físico através da adição de sensores e atuadores inteligentes, que se tornam responsável pelo processamento de sinal e verificação independente dos status atual e execução de correções, que antes era realizada por uma unidade de controle. Nesse novo cenário os sensores e atuadores transmitem dados já processados para a para uma unidade de controle central.

Pode ser difícil perceber a diferença entre a Terceira e Quarta Revolução; elas se distinguem, principalmente, por três fatores:

- Velocidade: O mundo está conectado e os efeitos da Quarta Revolução são vistos de forma mais rápida;
- Alcance: A globalização e evolução na comunicação possibilita um alcance ainda maior;
- Impacto em Sistemas Interconectados: os avanços são tantos que está transformando os principais sistemas da nossa sociedade.

Observou-se que as tecnologias CPS, Big Data e IoT trabalham de forma conjunta. A IoT é o meio de comunicação e transmissão de dados, permitindo que os dispositivos estejam conectados à Internet e gerando informações na forma de dados. A ferramenta Big Data, por sua vez, realiza o processamento e análise desses dados, garantindo informações precisas e seguras. O Sistema Cyber Físico é um sistema que possui um forte acoplamento entre os elementos computacionais e o mundo

físico, expandindo a unidade de controle, possibilitando que os dispositivos sejam autônomos e realizem auto gestão, auto configuração, auto controle e auto otimização.

Nesse momento, é difícil prever o impacto da Indústria 4.0 na sociedade. Ao mesmo tempo que a revolução pode acentuar a desigualdade, pela interrupção de mercados e algumas atividades hoje realizada por mão de obra humana, ela também tem o potencial de gerar novos empregos, mais seguros e recompensadores. Além de fatores relacionados à segurança da informação e preservação do *know-how*, a desigualdade social é, sem dúvida, um dos pontos mais preocupantes na Quarta Revolução Industrial.

5 REFERÊNCIAS

CHENG, G., TING-LI, L., JIAN, X., & LIU, Y. Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. In: International Conference on Information System and Artificial Intelligence, 1., 2016, Hong Kong. **Anais...** Hong Kong: IEEE, 2016, p. 407-410.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado do Curso de Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

DRUCKER, P. Além da Revolução da Informação. **HSM Management**, São Paulo, v. 4, n. 18, 2000.

FERREIRA, G. **A era da Indústria 4.0 está aí. E nossas empresas precisam aprender com startups e scale-ups para entrar nela para valer**. 2017. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/era-da-industria-4-0-esta-ai-e-nossas-empresas-precisam-aprender-com-startups-e-scale-ups-como-entrar-nela-para-valer>>. Acesso em: 20 jun. 2018

FREITAS, E. **Primeira Revolução Industrial**. 2008. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/primeira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

GALDINO, N. **Big Data: Ferramentas e Aplicabilidade**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 13., 2016, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2016, p. 1-12.

HAHN, J. R. **Você já sabe as oportunidades por trás da indústria 4.0?** 2016. Disponível em: <https://endeavor.org.br/oportunidades-industria-4_0/>. Acesso em: 20 jun. 2018.

INTEL. Curso Big Data. 2015. Disponível em: <dialogoti.intel.com/pt-br/curso/big-data>. Acessado em: 20 jun 2018.

MORAES, E. N. **Método para Gerenciamento do consumo de energia elétrica em sistemas Ciberfísicos**. 2013. 241 f. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PENA, R. F. A. **Terceira Revolução Industrial**. 2015. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

PETRIN, N. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em <<https://www.todoestudo.com.br/historia/segunda-revolucao-industrial>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond**. 2015. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>>. Acesso em: 25 maio 2018.

SANTANCHÈ, A. - NoSQL e Big Data - Aula 27 - Bancos de Dados 2015.2 Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=-a2pyU0uhww>>

SITE INFO CHANNEL. Infraestrutura 4.0: as cidades inteligentes no mundo. 2017. Disponível em: <<https://inforchannel.com.br/2017/07/05/infraestrutura-4-0-as-cidades-inteligentes-no-mundo/>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

SITE REAMP. 10 Grandes Tecnologias para 2018. 2017. Reamp. Disponível em <<http://reamp.com.br/10-grandes-tecnologias-de-big-data-para-2018/>> Acesso em 20 de junho de 2018.

REVISTA VEJA Edição 2321 – Entenda o que é Big Data, 2013.

SANTANCHÈ, A. - NoSQL e Big Data - Aula 27 - Bancos de Dados 2015.2 Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=-a2pyU0uhww>>

WIGMORE, I. **Internet of Things (IoT)**. 2016. Disponível em: <<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ESPINEL, Victoria. **Deep Shift Technology Tipping Points and Societal**

Impact: Global Agenda Council on the Future of Software & Society. 2015.

Disponível em:

<http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf>. Acesso em: 03 maio 2018.

EDUCABRAS - Terceira Revolução Industrial. 2018. Disponível em:
<https://www.educabras.com/enem/materia/geografia/sistemas_economicos/aulas/terceira_revolucao_industrial>. Acesso em: 02 maio 2018.

SCHUH, Günther; ANDERL, Reiner; GAUSEMEIER, Jürgen. **Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies**. Disponível em:
<https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2018.

JAZDI, N.. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. **2014 Ieee International Conference On Automation, Quality And Testing, Robotics**, Stuttgart, Germany, v. 1, n. 1, p.1-3, maio 2014. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/aqtr.2014.6857843>.

SAHAH, Mohak. Big Data and the Internet of Things. **Arxiv**, Palo Alto, Usa, v. 1, n. 1, p.1-33, 14 mar. 2015.

INTERNET das Coisas. Disponível em:
<https://www.cisco.com/c/pt_br/solutions/industries/smart-connected-communities.html>. Acesso em: 24 abr. 2018.

GOMES, Bruno. Indústria 4.0: Panorama da Inovação. **Publicações Firjan: Cadernos SENAI de inovação**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-20, abr. 2016.

AJEEV, Alur. **Principles of Cyber-Physical Systems**. Cambridge, Massachusetts: Mit Press, 2015. 459 p.

SHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Genebra: Edipro, 2016. 160 p.