

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO DE OLIVEIRA CARDOSO

INDÚSTRIA 4.0:
a quarta revolução industrial

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

MARCELO DE OLIVEIRA CARDOSO

**INDÚSTRIA 4.0:
a quarta revolução industrial.**

Monografia de Especialização,
apresentado ao Curso de Especialização
em Automação Industrial, do
Departamento Acadêmico de Eletrônica,
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR, como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Alceu
Schneider

CURITIBA
2016

RESUMO

CARDOSO, Marcelo de Oliveira. **Indústria 4.0**: a quarta revolução industrial. 2016. 43 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este trabalho constitui-se de uma pesquisa bibliográfica sobre a Quarta Revolução Industrial, identificada como Indústria 4.0. O tema será abordado porque trata-se de um acontecimento atual que modificará a estrutura e a organização do sistema produtivo industrial, criando novas tendências que podem refletir em diversos segmentos da economia. Este estudo levantará os motivos que iniciaram esta nova fase, apresentando seus conceitos, fornecendo uma visão de como serão as fábricas do futuro. Ainda, será abordado também as tecnologias que serão utilizadas nas Indústrias 4.0 e quais as consequências na economia e no mercado e trabalho, após a consolidação do padrão 4.0. Deste modo chega-se à conclusão que a indústria 4.0 é algo que está ganhando corpo e terá o poder de acelerar a economia dos países industrializados e modificar o processo de produção e de ensino-aprendizagem em países em desenvolvimento.

Palavras chave: Indústria 4.0. Internet das Coisas. *Big Data*. Fábrica Inteligente.

ABSTRACT

CARDOSO, Marcelo de Oliveira. **Industry 4.0: the fourth industrial revolution**. 2016. 43 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

This work consists of a literature search on the Fourth Industrial Revolution, identified as Industry 4.0. The issue will be addressed because it is a current event that will change the structure and organization of the industrial production system, creating new trends that may reflect different segments of the economy. This study will raise the reasons that started this new phase, presenting their concepts by providing a vision of how the future will be the factories. Still, it also addressed the technologies to be used in industries 4.0 and the consequences on the economy and market and work after standard consolidation 4.0. Thus one comes to the conclusion that the 4.0 industry is something that is gaining body and have the power to accelerate the economy of the industrialized countries and modify the production process and teaching and learning in developing.

Keywords: Industry 4.0. Internet of Things. Big data. Smart factory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quadro das revoluções industriais	11
Figura 2 – Tear Mecânico e Máquina de Fiar.....	12
Figura 3 –Inovações da 2º Revolução Industrial	13
Figura 4 – Linha de Produção Ford.....	13
Figura 5 – Divisão do Trabalho	14
Figura 6 –Primeiro Transistor de 1947	15
Figura 7 –Operação no ENIAC.....	16
Figura 8 – Robôs Industriais.....	17
Figura 9 – Indústria Conectada.	18
Figura 10 – Pilares da Indústria 4.0.....	21
Figura 11 – Internet das Coisas.	22
Figura 12 – Três “V” do Big Data.....	23
Figura 13 – Robô TUG.	24
Figura 14 – Robô Colaborativo.....	25
Figura 15 –Impressora 3D.....	26
Figura 16 –Computação nas Nubes.....	27
Figura 17 –Cyber Segurança.	29
Figura 18 –Fábrica Simulada.	29
Figura 19 –Realidade Aumentada.....	31
Figura 20 –Integração de Sistemas (Pirâmide ISA).	32

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

TI	Tecnologia da Informação
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
BCG	<i>Boston Consulting Group</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	PROBLEMA	7
1.2	OBJETIVOS	8
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
1.3	JUSTIFICATIVA	8
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2	Fases da Revolução Industrial	10
2.1	Contextualização e Definição Histórica	10
2.2	PRIMEIRA E SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	11
2.3	TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	14
2.4	QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	17
2.5	ORIGEM DA INDÚSTRIA 4.0	19
3	PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	21
3.1	INTERNET DAS COISAS (<i>INTENET OF THINGS</i> – IoT)	22
3.2	<i>BIG DATA</i>	23
3.3	ROBOTICA AUTÔNOMA	24
3.4	MANUFATURA ADITIVA	26
3.5	COMPUTAÇÃO NAS NUVENS	27
3.6	CYBER SEGURANÇA	28
3.7	SIMULAÇÃO	29
3.8	REALIDADE AUMENTADA	30
3.9	INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS	31
4	EFEITOS DA INDÚSTRIA 4.0	33
4.1	EFEITOS NA ECONOMIA	33
4.2	EFEITOS NO MERCADO DE TRABALHO	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o processo industrial se torna cada vez mais “inteligente”. Isto está sendo alcançado graças a introdução da TI (Tecnologia da Informação) no chão de fábrica, impulsionado pelo uso de grande quantidade de dados digitalizados, das inúmeras redes de comunicação e do crescente aumento no poder de processamento computacional. (CALUSSI; HANGAI, 2015).

Indústrias inteligentes não são apenas aquelas que possuem um alto grau de automação, mas sim aquelas onde os equipamentos e produtos precisam comunicar-se entre si e desenvolver atividades de forma autônomas, tomando decisões sem intervenção de operadores. Parece até uma história retirada de filmes e livros de ficção científica, mas em algumas indústrias automobilística isto já está acontecendo. São lugares que todo o processo está sendo executado sem interferência humana, onde o operador apenas supervisiona o processo através da tela de computadores (COSTA; STEFANO, 2014).

Segundo Pinto (2016).

“Na Indústria Inteligente, os produtos serão inteligentes com *tags* ou etiquetas de auto identificação eletrônica. Os produtos serão capazes de se comunicar com o ambiente, gravar e armazenar informações sobre si. No processo produtivo, trocarão informações com os equipamentos. Depois, se comunicarão com os sistemas de armazenagem, distribuição e venda, e com o consumidor final. As máquinas serão dotadas de sensores e de sistemas de controle, com a capacidade de identificar e se comunicar com os produtos, se comunicar e interagir com outros sistemas na internet. Poderão, por exemplo, obter parâmetros e se auto ajustar para produzir um produto customizado, ou reduzir desgastes ou consumo de energia”

Todas estas mudanças que estão ocorrendo no ambiente industrial estão contribuindo para a consolidação do que se convencionou chamar de: “quarta revolução industrial” ou simplesmente “INDÚSTRIA 4.0” (CASSAPO, 2016).

O setor industrial é um bem para qualquer nação e seus reflexos na economia afetam diretamente o desenvolvimento do país. Neste período de transição mudanças estão acontecendo no chão de fábrica tanto no âmbito da inovação tecnológica quanto nos conceitos organizacionais e suas projeções de futuro.

Acontecerão mudanças profundas na relação entre homem e máquina, a mão de obra se tornará mais especializada. Funcionários terão à sua disposição bancos

de dados com instruções de trabalho em formato audiovisual, descrevendo todas as etapas de determinadas tarefas, tablets e “smartphones” serão ferramentas de trabalho e não motivos de distração.

A INDÚSTRIA 4.0 vem trazendo novos conceitos e está alterando a organização atual do processo produtivo, deixarão de existir células isoladas para se tornarem células integradas, com isto ganha-se em eficiência permitindo um fluxo mais inteligente de insumos e produtos. Seguindo esta linha, haverá integração da indústria como sua cadeia de fornecedores e também com o mercado consumidor, informações serão trocadas e utilizadas na obtenção de um gerenciamento de produção mais preciso, possibilitando a realização de *setups* mais ágeis e sempre acompanhando o dinamismo do mercado.

Com a INDÚSTRIA 4.0 novas tecnologias estão sendo introduzidas ao processo industrial, como exemplo podemos citar a internet das coisas, *big data* e robôs autônomos. Todas estas coisas estão impulsionando o nível de automação das indústrias, propiciando aumento da produção a níveis cada vez crescente.

Diante do mencionado, a INDÚSTRIA 4.0 fomenta grandes transformações e suas definições estão pulverizadas em vários periódicos científicos, trazendo conclusões com interpretações e pontos de vista variados. Deste modo este trabalho será estruturado com base na compilação dos dados referente a INDÚSTRIA 4.0 para que sirva como fonte de estudos futuros.

1.1 PROBLEMA

Estamos vivenciando uma nova etapa da revolução indústria, a INDÚSTRIA 4.0 vem trazendo mudanças nos meios de produção através da conexão de toda a cadeia de valor, com isto áreas até então não relacionadas passam a ter um grau maior de integração. Desta forma, os sistemas de logística, mecânica, informática e gerenciamento passam a trabalhar em conjunto, trocando informações durante todo o processo produtivo. Todas essas áreas possuem um gama enorme de conhecimento, porém não há documentações que reúnam seus conceitos relevantes para esta revolução.

O conceito da INDÚSTRIA 4.0 está bem consolidado na Europa e nos Estados Unidos, mas no Brasil há pouca divulgação embora já tenham exemplos dos seus desdobramentos em algumas indústrias do país. A quarta revolução

engloba conhecimentos multidisciplinares e nota-se uma escassez de documentos em língua portuguesa que consiga reunir os elementos relevantes de todas as áreas do conhecimento envolvida na implantação dos padrões 4.0.

Diante do exposto, este trabalho possui como premissa elaborar um estudo teórico sobre a INDÚSTRIA 4.0, por ser um assunto que está na vanguarda do seu tempo e detêm poder de catalisar grandes transformações.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os meios empregados em sua busca, os objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as mudanças e conceitos propostos pela INDÚSTRIA 4.0 e quais seus impactos no cenário da indústria atual e seus reflexos na economia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Entender o conceito da INDÚSTRIA 4.0;
- Indicar os fatores que contribuíram para o início da INDÚSTRIA 4.0
- Listar as tecnologias que servem como sustentação da INDÚSTRIA 4.0;
- Identificar os possíveis impactos com a implantação da INDÚSTRIA 4.0;

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho possibilitará a compreensão dos conceitos da INDÚSTRIA 4.0 e reconhecer seus impactos no setor industrial e na sociedade. Mostra de maneira simplificada como será o novo perfil de consumo e suas relações com o setor produtivo.

A INDÚSTRIA 4.0 fará introdução de várias tecnologias no processo industrial o que vai exigir dos seus profissionais um conhecimento multidisciplinar. Deste modo, o trabalho tem a premissa de realizar o primeiro contato com as tecnologias que orbitam em torno do padrão 4.0

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho terá a estrutura baixo apresentada.

Capítulo 1 - Introdução: foram apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 – Fases das Revoluções Industriais: serão apresentadas as três primeiras revoluções indústrias e identificando as suas principais inovações tecnológicas, será visto também os conceitos da INDÚSTRIA 4.0, sua origem e características.

Capítulo 3 – Pilares da INDÚSTRIA 4.0: serão apresentados os pilares tecnológicos que darão sustentação a INDÚSTRIA 4.0.

Capítulo 4 – Reflexos da INDÚSTRIA 4.0: serão expostos os impactos esperados na economia e no mercado de trabalho.

Capítulo 5 – Considerações finais: serão retomadas a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos, atingidos, por meio do trabalho realizado. Além disto, serão apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 Fases da Revolução Industrial

O capítulo 2 apresenta a contextualização e apresenta as definições históricas sobre as revoluções industriais na seção 2.1. Já na seção 2.2 são abordadas as características da primeira e segunda Revolução Industrial e na seção 2.3 aborda as características da terceira Revolução Industrial.

Na seção 2.4 deste capítulo são expostos os conceitos da Quarta revolução industrial e a seção 2.5 aborda a origem da INDÚSTRIA 4.0.

2.1 Contextualização e Definição Histórica

A Revolução Industrial teve seu marco histórico a partir das transformações ocorridas na indústria que foram capazes de mudar de forma significativa o modo de produção a ponto de afetar diretamente a sociedade e a economia. Francisco Iglesias entende que a Revolução Industrial teve início com o emprego de máquinas em substituição do trabalho do homem e não apenas como meio de auxiliá-lo em suas atividades produtivas, deste modo há o início da “maquinofatura” em substituição a manufatura (IGLÉSIAS, 1984).

“A Revolução Industrial assinala a mais radical transformação da vida humana já registrada e não foi uma mera aceleração do crescimento econômico, mas uma aceleração de crescimento em virtude da transformação econômica e social” (HOBSBAWM, 2000).

Francisco Iglesias afirma ainda que a consolidação da Revolução Industrial aconteceu por completo com a introdução do conceito de produção em série voltado ao abastecimento de grandes mercados consumidores, conforme podemos ver a seguir:

“Enquanto antes se produzia para certo mercado, constituído por pessoas conhecidas, agora se produz para um mercado anônimo; enquanto antes o artigo era feito por um artesão, uma pessoa, agora o é pela máquina ou por várias pessoas, que dividem as tarefas de modo a tornar o labor mais racional e rentável” (IGLÉSIAS, 1984).

Durante todo seu processo evolutivo a indústria passou por etapas com marcos significativos de transformação, no que pode ser observado na Figura 1, todo o processo de industrialização passou por 3 etapas de 1º, 2º e 3º Revolução

Industrial. Agora, a indústria como um todo passa por mais uma transformação que se denomina de 4° Revolução Industrial ou INDÚSTRIA 4.0.

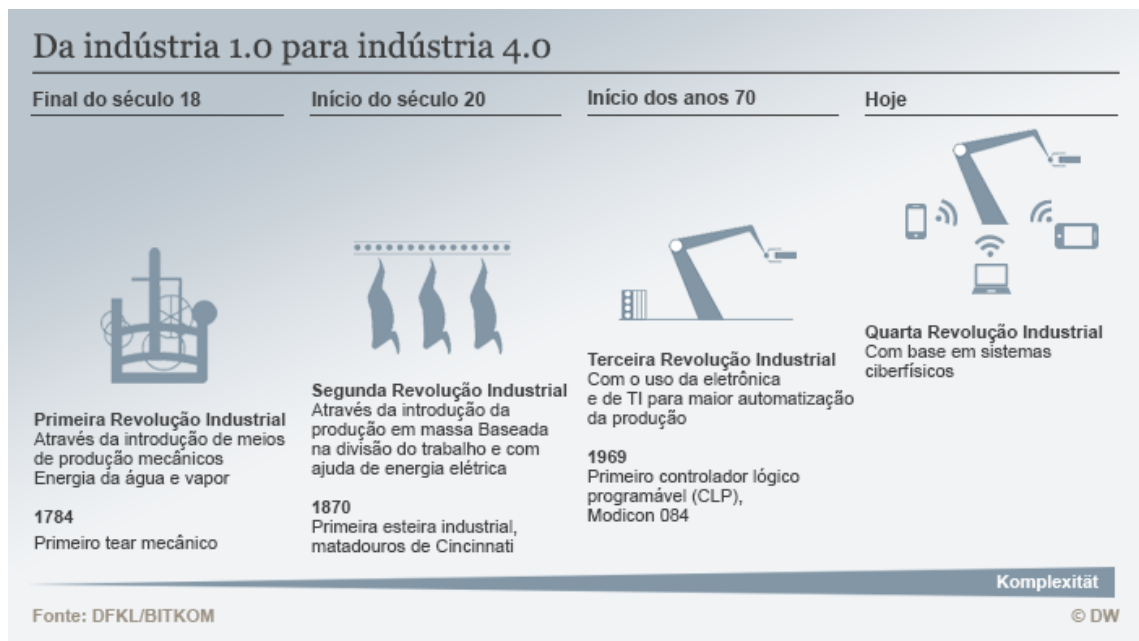


Figura 1 – Quadro das revoluções industriais
Fonte: DW (2016).

2.2 PRIMEIRA E SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Primeira Revolução Industrial ocorreu na segunda metade do século XVIII e teve como berço a Inglaterra e se caracterizou pela introdução de máquinas no sistema produtivo em substituição a mão-de-obra humana, neste período houve a transição do sistema de produção manufatureiro para o sistema de “maquinofatura” (IGLÉSIAS, 1984).

As primeiras indústrias a fazerem uso de máquinas foram as do setor têxtil, com o emprego do tear mecânico e da máquina de fiar e sofreram grande impulso logo após o aperfeiçoamento da máquina a vapor (IGLÉSIAS, 1984). A Figura 2 mostra imagens destas máquinas.

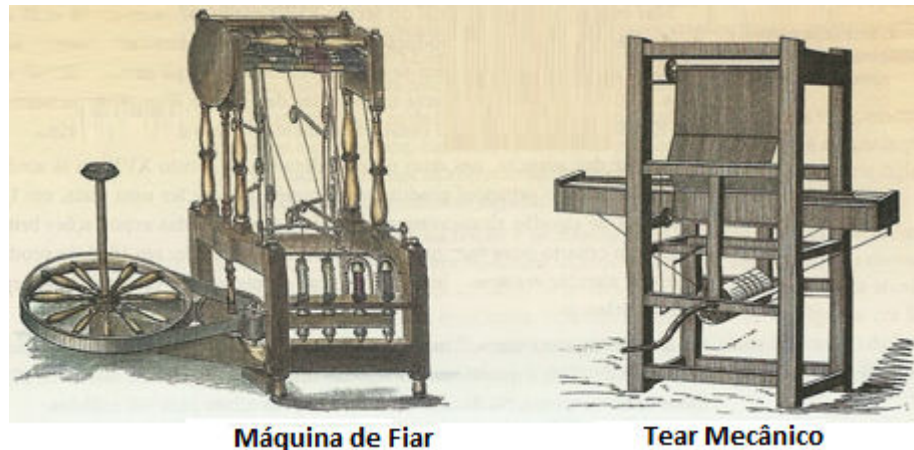


Figura 2 – Tear Mecânico e Máquina de Fiar
Fonte: Imagem da Internet (2016).

A segunda fase da Revolução Industrial caracterizou-se pelo uso da ciência como forma de obter aumento produtivo e maximização do lucro no processo industrial. Esta fase, ao contrário da primeira, não ficou restrita a um único país. Ela teve desdobramentos nos Estados Unidos, Japão e em alguns países da Europa como por exemplo: França, Alemanha e Itália. (SOUSA,2016).

Enquanto que na primeira fase o vapor era a principal força de energia, nesta obteve-se grande avanço na produtividade industrial com a utilização da eletricidade e do petróleo. Evidenciou-se também grandes resultados com a racionalização do processo produtivo com divisões do trabalho ao longo das linhas de produção (EDUCABRAS, 2016).

A Figura 3 mostra quatro dos avanços tecnológicos da época: 1– fabricação do aço; 2– prospecção de petróleo; 3- dínamo para geração de energia elétrica; 4– motor a combustão interna.

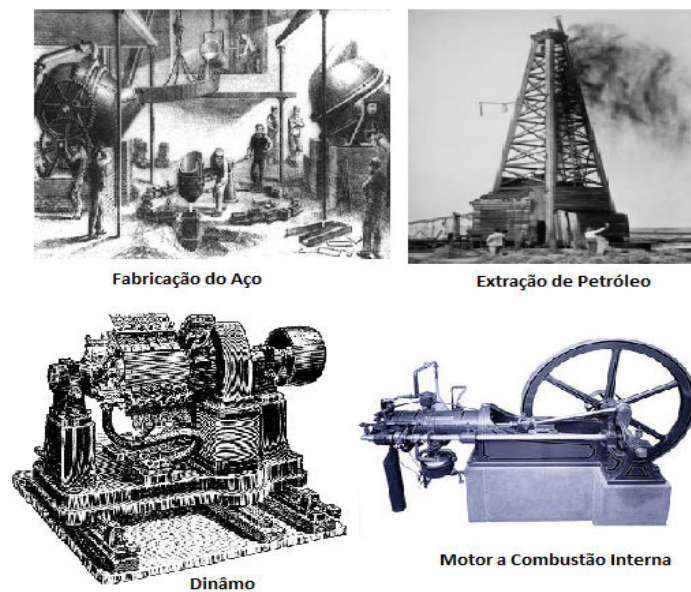


Figura 3 –Inovações da 2ª Revolução Industrial
Fonte: Internet (2016)

Neste período surgiu a filosofia de produção em massa que consistia em elevar a oferta de produtos a preços baixos para conquistar uma gama maior de consumidores com base nestes objetivos, que o americano Herry Ford criou um modelo de produção onde peças eram transportadas até os operários através de esteiras transportadoras. Este novo método ficou conhecido como modelo de produção Fordista ou simplesmente de Fordismo (SCHAFER, 2015). Na Figura 4 traz a ilustração de uma linha de produção nos moldes do Fordismo.

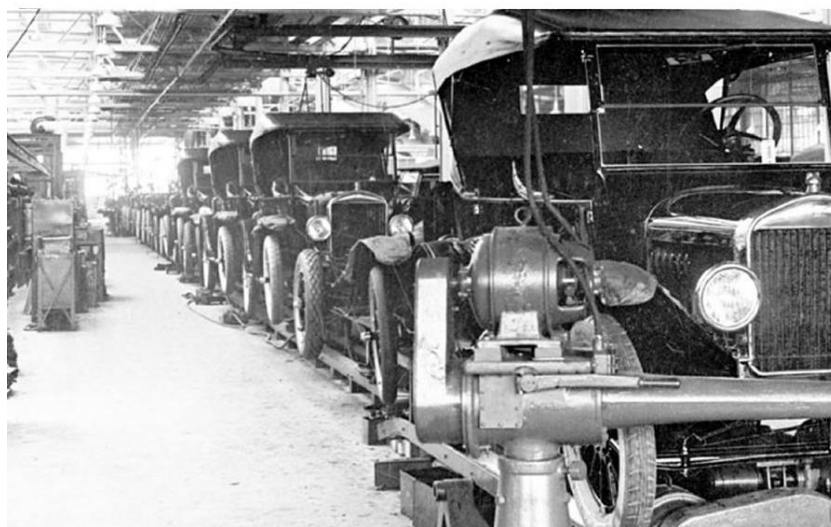


Figura 4 – Linha de Produção Ford
Fonte: Pensando Alto (2013).

Outro modelo de racionalização da produção foi o Taylorismo, criando pelo também americano Frederick Winslow Taylo, que consistia basicamente na divisão do trabalho para deixar os operários especialista em apenas uma determinada parte do processo. Todos movimentos dos operários foram estudados e procedimentos de operação foram criados para disciplinar e evitar movimentações desnecessárias com estimativa de tempo para realização de tarefas. Para convencer os operários a produzir mais e evitar descontentamento geral, Taylo sugeriu pagamento de bonificações para os que conseguissem alcançar as metas de produção estipuladas (NUNES, 2015). Na Figura 5 podemos observar operários distribuídos em uma linha de produção aos moldes do taylorismo.



Figura 5 – Divisão do Trabalho
Fonte: Psicologia e Cotidiano (2009).

2.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica, teve início no século XX e ficou marcada pela introdução de novidades tecnológicas, principalmente as relacionadas a eletrônica e informática nos processos industriais, contribuindo para um significativo ganho de produtividade (PENA, 2016).

A ideia de produção em massa foi dando lugar a produção em lotes, necessários para atender a demanda com redução e controle de estoques. Os produtos passaram a ter um maior valor agregado, até mesmo para compensar o

tempo gasto em pesquisas e desenvolvimento tecnológico empregado ao processo, diferentemente das duas primeiras revoluções (PETRIN, 2014).

A microeletrônica, informática e a robótica foram amplamente difundidas e utilizadas para alavancar o nível de produção e baratear os custos com a diminuição da mão-de-obra humana. Houve também melhorias no gerenciamento do sistema de produção com a inclusão da ideia de produção enxuta, com menos desperdícios seja de tempo ou de matéria prima (PETRIN, 2014).

Principais inovações tecnológicas deste período foram:

- Microeletrônica

A microeletrônica tem sua origem com a invenção do transistor, Figura 6, em 1947 nos laboratórios Bell e este invento veio para suprir as limitações técnicas apresentadas pelas válvulas termiônicas e os relés eletro-mecânicos. O transistor passou a ser comercializado em 1950 e de lá até os dias de hoje ele é amplamente utilizado na maioria dos equipamentos eletrônicos (SWAT, 2016).



Figura 6 –Primeiro Transistor de 1947
Fonte: Computer History (2016).

- Computação.

Somente no ano de 1946 foi criado o primeiro computador digital eletrônico, pelos cientistas John Presper Eckert e John W. Mauchly e foi batizado pelo nome de ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Calculator), a operação deste

equipamento era bastante complexa e necessitava de várias pessoas conforme mostra a Figura 7.



Figura 7 –Operação no ENIAC
Fonte: Academia do Código (2015).

Com o advento dos transistores e dos circuitos integrados, os computadores foram diminuindo de tamanho, aumentando o poder de processamento e ficando mais baratos. Desta forma, os computadores começaram a fazer parte do ambiente industrial e corporativo como ferramenta indispensável e depois foram entrando também nas residências com a introdução do conceito de computação pessoal (MEYER, 2014).

- Robótica

A robótica é empregada em substituição ao homem, retirando deste a execução de tarefas repetitivas e perigosas a sua saúde e segurança. “A utilização de robôs em linhas de produção permite aumentar a produtividade, melhora a qualidade da produção e reduz custos” (CARRARA, 2015). O desenvolvimento da robótica se deve aos avanços tecnológicos nas áreas de eletrônica e informática, embora seja empregada fortemente na indústria, sobretudo na automobilística, há aplicações de robôs em diversas áreas, realizando inúmeras tarefas, tais como: salvamento de vítimas de acidentes, desarmamento de artefatos explosivos, executando tarefas domésticas, etc. (SOUZA, 2005). Na Figura 8 podemos observar a utilização de robôs industriais no processo de fabricação de veículos.



Figura 8 – Robôs Industriais
Fonte: ABB (2016).

2.4 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O termo “Quarta Revolução Industrial é muito recorrente atualmente, pois para muitos especialistas estamos em um momento de transição, deixando a Terceira Revolução Industrial para trás e entrando em um novo ciclo de desenvolvimento tecnológico. Segundo alguns autores o setor industrial já está vivendo uma quarta revolução industrial e não uma continuidade da terceira, a velocidade e abrangência dos avanços tecnológicos que romperam a linearidade apresentada pelas primeiras revoluções estão contribuindo para profundas mudanças nos sistemas produtivos (SCHWAB, 2016). Outros autores seguem a mesma linha e afirmam que a indústria está “diante da quarta revolução industrial, que envolve inteligência artificial, robôs, impressão 3D, internet das coisas e sobretudo, da nanotecnologia ” (MACEDO, 2016).

A Quarta Revolução Industrial oferece um salto de produtividade com custos reduzidos e maior integração entre o físico e o virtual (CASSAPO, 2016). Trata-se de “um conceito de indústria proposto recentemente e que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura” (SILVEIRA, 2016).

A INDÚSTRIA 4.0 tende a mudar a organização do sistema de produção, todos os equipamentos envolvidos no processo estarão interconectados, trocando informações que permitirão mudanças em sua programação de acordo com os

eventos que ocorrerem tanto dentro quanto fora do ambiente industrial (VENTURELLI, 2016). Estas redes que conectam equipamentos formam sistemas “cyber-físicos”, que são o elo entre o mundo real e o virtual (ZANNI, 2015).

A Figura 9 mostra um modelo de indústria interconectada com diferentes sistemas do processo produtivo. No círculo 1 indica a ligação com o sistema de geração de energia renovável e no círculo 2 tem a conexão com o sistema de robôs industrial. Já o círculo 3 representa a inclusão de dispositivos móveis para operação e controle da produção e no círculo 4 mostra um sistema computacional alimentado com dados do processo industrial, enviando instruções de trabalho para uma impressora 3D representada no círculo 5. Já no círculo 6 tem a representação de um sistema ERP obtendo dados disponibilizados na nuvem, que podem auxiliar no gerenciamento do sistema de logística representado pelo círculo 7 e controla os recursos financeiros representados no círculo 8.



Figura 9 – Indústria Conectada.
Fonte: Reportero Industrial (2015).

Segundo os idealizadores da INDÚSTRIA 4.0, os sistemas “cyber-físicos” não ficarão limitados a um espaço físico, indicam que a integração irá além, envolvendo todos os atores do processo, iniciando pela cadeia de suprimento indo

até o consumidor final (VENTURELLI, 2014). Vale destacar também que não serão apenas os equipamentos do processo que terão inteligência, os produtos também serão capazes de armazenar e trocar dados, repassando informações relevantes para a sua manipulação durante todo seu ciclo de vida (GAUB, 2016). Esse modelo de fábrica será conhecido como “fábrica inteligente” funcionando de forma autônoma sem a interferência do homem, este ficará apenas como um supervisor do processo (CALUSSI, 2015).

2.5 ORIGEM DA INDÚSTRIA 4.0

O termo INDÚSTRIA 4.0 foi utilizado pela primeira vez em 2011 e faz parte de um projeto estratégico para aumentar a produtividade da indústria alemã fazendo uso de inovações de alta tecnologia. Em 2012 o grupo responsável pelo projeto e liderado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (acatech), apresentaram um relatório ao governo alemão traçando estratégias para a implementação da INDÚSTRIA 4.0. Em 2013 o trabalho do grupo foi apresentado na feira de Hannover com o título: Recomendações estratégicas para a implementação da INDÚSTRIA 4.0, onde listava os passos necessários para a implementação de uma indústria no formato 4.0 (BERTULUCCI, 2016).

A Alemanha lidera as pesquisas de implantação da INDÚSTRIA 4.0 pois possui *know-how* em pesquisa e produção de tecnologia voltada para a produção industrial e na sua liderança no desenvolvimento de aplicações de sistemas embarcados que são considerados a base dos sistemas *cyber-físico* das indústrias inteligentes. (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

Segundo recomendações para a implementação da iniciativa estratégica 4.0, há alguns pontos chave para o sucesso do projeto, que são (KAGERMANN, WAHLSTER; HELBIG, 2013):

- **Normalização e referência arquitetural:** como a INDÚSTRIA 4.0 irá integrar diferentes tipos de negócios em rede, com a necessidade de uma padronização e uma arquitetura de referência para servir de modelo, especificando as características técnicas para o projeto;

- **Infraestrutura de comunicação para o setor industrial:** para propiciar a melhor troca de informação entre os sistemas, deve haver uma boa comunicação de banda larga para o setor industrial e que possibilite que este comunique de forma rápida e segura com o mundo além das fronteiras das fábricas;
- **Segurança da informação:** como todo os equipamentos estarão interligados em redes, deve haver políticas de segurança robusta para combater acessos não autorizados, evitando assim vazamentos de informações ou sabotagens intencionais;
- **Reorganização do trabalho:** os processos serão monitorados em tempo real com a possibilidade de alteração do processo conforme decisões gerenciais. Desta forma os trabalhadores deverão exercer funções de decisão e não apenas de repetidores de operações. Deste modo, será necessário elaboração de planos de treinamento e aprendizagem contínua.
- **Regulamentação:** os processos e negócios gerados pela INDÚSTRIA 4.0 precisam estar em conformidade com as leis. As fronteiras de responsabilidade precisam estar bem delimitadas, criando mecanismos para preservar o direito intelectual e a confidencialidade dos dados pessoais uma vez que todas essas informações estarão circulando nas redes.
- **Utilização eficiente dos recursos:** para a INDÚSTRIA 4.0 se manter competitiva ela precisa desenvolver estratégias de redução de custos com foco no uso eficiente dos recursos de energia e de matéria-prima, sem deixar de lado a responsabilidade como a preservação do meio ambiente.

3 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

A INDÚSTRIA 4.0 possui nove pilares que serão o seu apoio, estes são na realidade tecnologias que já estão em uso e a sua introdução no sistema produtivo fará com que se alcance o padrão 4.0 (ESTÉVEZ, 2016).

Na Figura 10 são mostrados os nove pilares tecnológicos que serão abordados neste capítulo. A seção 3.1 aborda o pilar Internet da Coisas (*Internet of Things*). A seção 3.2 aborda o pilar *Big Data*, na seção 3.3 aborda o pilar Robótica Autônoma. Na seção 3.4 é abordado o pilar Manufatura Aditiva, na seção 3.5 o pilar Computação nas Nuvens, na seção 3.6 *Cyber Segurança*, na seção 3.7 o pilar Simulação, na seção 3.8 o pilar Realidade Aumentada e na seção 3.9 o pilar Integração de Sistemas.

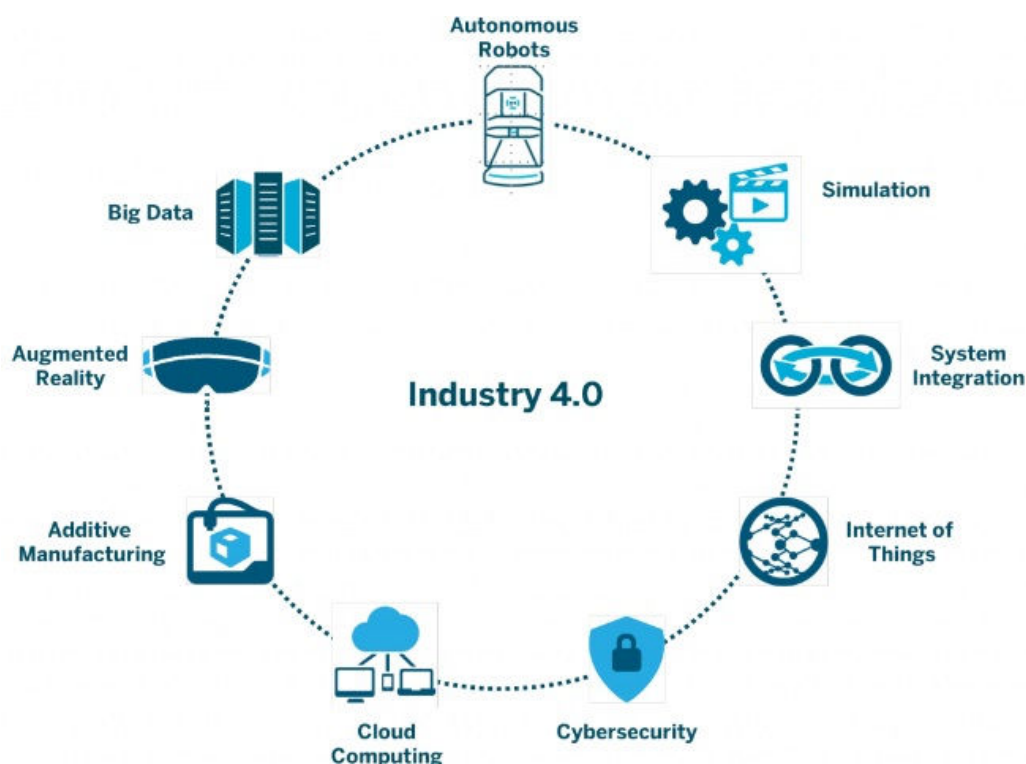


Figura 10 – Pilares da Indústria 4.0.
Fonte: ISA Distrito 4 (2016).

3.1 INTERNET DAS COISAS (*INTERNET OF THINGS* – IoT)

A ideia por trás da internet das coisas é fazer a conexão de objetos à rede mundial de computadores, estabelecendo a união das redes dos humanos com as diversas redes de objetos (EVANS, 2011). A variedade de objetos conectados é grande, conforme mostra a Figura 11, e as aplicações podem ser as mais diversas possíveis. Por exemplo, é possível conectar um smartphone à geladeira informando o usuário que está faltando algum item (NETSCAN, 2014). Assim como também é possível indicar ao gerente de manutenção que chegou a hora de realizar uma troca de uma correia que alcançou o seu tempo de operação ou que atingiu um desgaste excessivo (NETSERVICE, 2016).

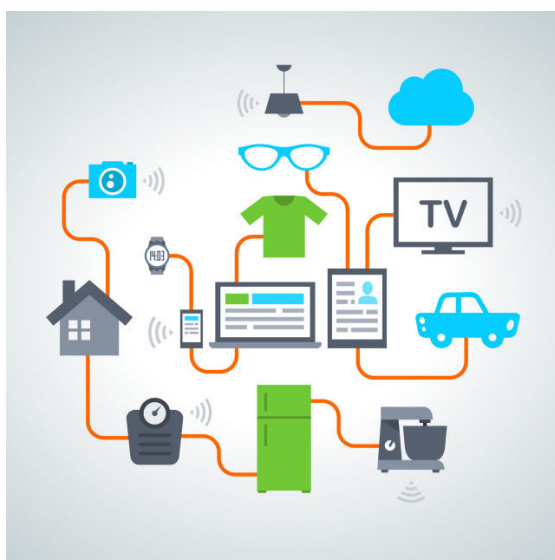


Figura 11 – Internet das Coisas.
Fonte: LTE Magazine (2016).

A internet das coisas forçará a uma mudança no consumo e nos meios de produção, criando tendências e estimulando a criação de novos negócios para suprir a demanda por objetos inteligentes concebidos para auxiliar nas tarefas do dia a dia (FIRJAN, 2016).

3.2 BIG DATA

No mundo dos negócios possuir a informação exata na hora certa é o que determina sucesso ou fracasso. As empresas buscam esse bem, a informação, para garantir a sobrevivência de suas operações e atualmente o local de pesquisa é o que o *Big Data* (CANALTECH, 2016).

O termo *Big Data* refere-se a um grande volume de dados estruturados ou não que utilizados de maneira correta podem contribuir com *insights* que podem ajudar na tomada de decisões e no planejamento estratégico das empresas (SAS, 2016).

O *Big Data* também pode ser definido como um conjunto de tecnologias de armazenamento e processamento de grande volume de informações. As informações que dão corpo ao Big Data são oriundas de diversas fontes, tais como: redes sociais, sensores de máquinas, sensores meteorológicos, bancos de dados, GPS, transações bancárias e etc (CANALTECH, 2016).

O Big Data ganhou foco no ano de 2000 através de Doug Laney, quando o definiu sob a perspectiva dos três “V”, como mostra a Figura 12. A perspectiva dos três “V” se refere à: volume que é a quantidade de dados gerados dentro e fora das empresas; velocidade com que os dados trafegam nas redes exigindo um processamento quase que em tempo real e variedade de formatos que os dados são apresentados (TARIFA; NOGARE, 2014).



Figura 12 – Três “V” do Big Data.
Fonte: POLYVISTA (2016).

O *Big Data* se bem explorado, pode contribuir para: redução de custos, redução de tempo produção e manutenção de máquinas, respostas rápidas a reclamações de mercado, melhoramento e criação de novos produtos. (SAS, 2016).

3.3 ROBOTICA AUTÔNOMA

Os robôs industriais foram desenvolvidos para executar tarefas repetitivas que exigem força ou precisão, as primeiras gerações destas máquinas apresentam programação fixa e executam somente o que foi previamente definido e qualquer alteração no processo resulta em paradas para reprogramação (ROMANO; DUTRA, 2016).

A robótica autônoma inspira uma nova geração de robôs capazes de sentir o ambiente em sua volta e operar por longas horas sem a supervisão direta de humanos. Estes equipamentos poderão aprender novas funções e se auto programarem o que permitirá o seu uso em processos de produção flexível (GARCIA, 2016).

Alguns modelos de robôs autônomos são providos de estruturas que permitem a sua mobilidade, como o TUG, ver Figura 13. O TUG foi desenvolvido pela AETHON e pode ser utilizado em indústrias, centros de distribuição e até em hospitais.



Figura 13 – Robô TUG.
Fonte: AETHON (2016).

Estes equipamentos podem trabalhar em conjuntos com outros robôs ou com seres humanos. Como conseguem perceber o ambiente ao seu redor, eles são capazes de controlar seus movimentos de modo a evitar acidentes (VALLONE, 2015). Na Figura 14 é possível visualizar esse novo modelo de colaboração, onde o robô e a operária trabalham lado a lado sem a necessidade de barreiras físicas entre eles.



Figura 14 – Robô Colaborativo.
Fonte: TOKSTER (2013).

A evolução dos sistemas autônomos trará benefícios para a INDÚSTRIA 4.0. Pois contribuirá para diminuição dos custos relacionados a mão de obra e possibilitará uma fabricação mais flexível, com produtos customizados e em lotes sob medida (BARROS, 2016).

3.4 MANUFATURA ADITIVA

A manufatura aditiva possibilita a exploração de novas oportunidades de negócios oferecendo produtos customizados a preços reduzidos. Com isso cria-se a possibilidade de atender um novo público de consumidores interessados em produtos feitos em lotes reduzidos e com baixo custo (ZANCUL, 2015).

A manufatura aditiva, conhecida por impressão 3D, consiste na fabricação de peças 3D através da adição de camadas de material. Este modo de fabricação permite criar peças com designer complexos e com tamanhos minúsculos (STEFANI, 2014). A Figura 15 mostra uma impressora 3D imprimindo uma maquete de vários prédios.



Figura 15 –Impressora 3D.
Fonte: Wholesale Scanners (2016).

As aplicações para este tipo de fabricação são as mais diversas possíveis, pode ser utilizada para criar desde peças de decoração até próteses cirúrgicas. A manufatura aditiva reduz o desperdício de material uma vez que usa somente o necessário, diferente dos processos tradicionais de usinagem. (MARQUES, 2014).

A manufatura aditiva dispensa a utilização de formas ou moldes, as peças são criadas digitalmente o que reduz o custo de fabricação. (STEFANI, 2014). A tecnologia poderá ser amplamente utilizada até mesmo para a fabricação em grande

escala o que hoje não é possível devido a limitação de velocidade das impressoras atuais. (GIORDANO, ZANCUL e RODRIGUES, 2016).

3.5 COMPUTAÇÃO NAS NUVENS

Computação nas nuvens refere-se à possibilidade de ter acesso a serviços de TI através de uma conexão à internet. Com esta tecnologia precisa-se apenas de um *browser* no dispositivo (computador, tablete ou *smartphone*) e desta forma pode ter acesso a seus arquivos ou aplicativos de qualquer lugar (MICROSOFT, 2016).

O termo nuvens é utilizado porque os detalhes técnicos e a infraestrutura por trás dos serviços de TI são invisíveis para o usuário final, conforme pode ser visto na Figura 16. Os responsáveis por controlar e manter toda essa infraestrutura são os provedores. (MICROSOFT, 2016).

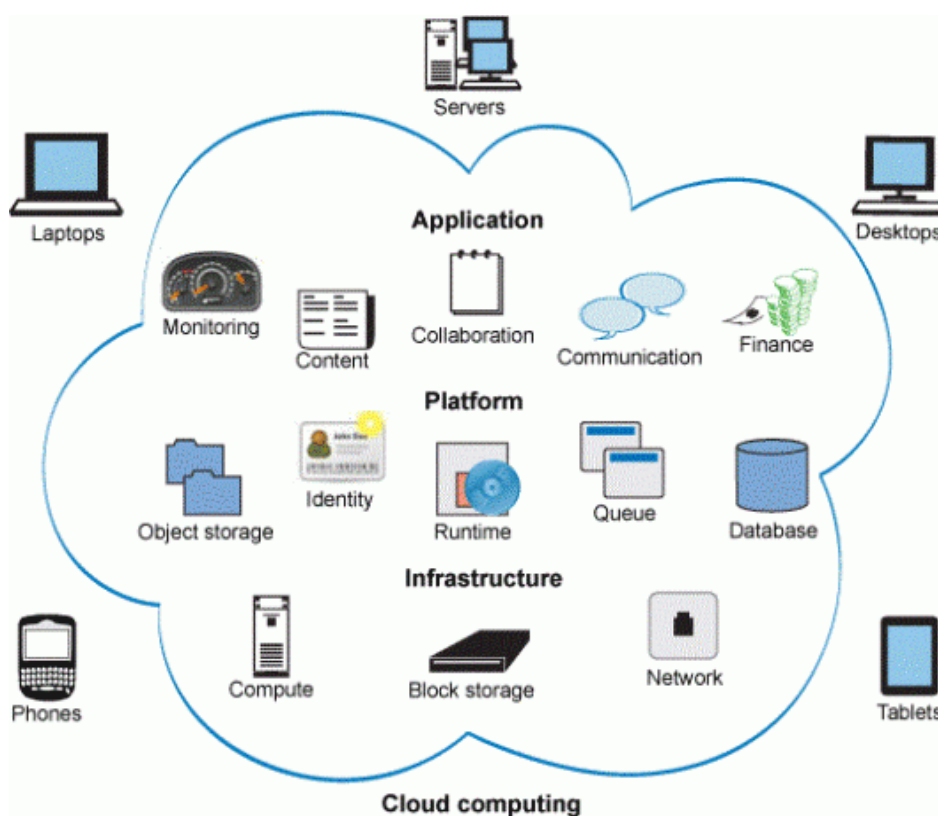


Figura 16 –Computação nas Nuvens.
Fonte: iMasters (2016).

Empresas estão utilizando a computação nas nuvens para reduzir os seus custos com aquisição de servidores e licenças de *software*. Elas deixam de gastar

recurso com administração de datacenter para focarem apenas nas atividades diretamente relacionadas com os seus negócios (MICROSOFT, 2016).

As indústrias do futuro estão aderindo as ferramentas de computação em nuvem para melhorar o gerenciamento dos seus processos através de um ambiente colaborativo, incentivando o compartilhamento de informações e reutilização de código fonte. Nestes ambientes permite-se a criação, simulação e teste de novos produtos (GE, 2016).

Não somente grandes indústrias estão aproveitando os benefícios da computação em nuvens, as pequenas estão descobrindo suas vantagens e com isto estão melhorando seus resultados e se mantendo competitiva no mercado. No que se refere a inovação elas estão conseguindo desenvolver produtos com o uso de plataformas de desenvolvimento antes só acessível a grandes indústrias devido ao seu alto custo de licença (OLIVEIRA, 2015).

3.6 CYBER SEGURANÇA

A INDÚSTRIA 4.0 criará um cenário onde haverá conexão entre vários setores do processo produtivo. Sendo que estas interligações serão fundamentais para garantir o gerenciamento e o acompanhamento da performance de produtos durante seu ciclo de vida. Entretanto neste cenário pode apresentar risco caso haja uma violação deste sistema de comunicação (AFFINITY, 2016).

Sistemas de controle industrial podem ser encontrados em plantas de manufatura até complexos sistemas nucleares de geração de energia. De modo que uma invasão a estes sistemas pode acarretar em perdas econômicas ou colocar vidas humanas em risco (SCHNEIDER, 2016).

Os sistemas industriais antes estavam protegidos devido ao seu isolamento e a falta de conexão com redes externas o que não representa a realidade atual. Estudos apontam que 35% das anomalias no funcionamento das redes industriais pode ser atribuída a invasões cibernética (KASPERSKY, 2016). Na Figura 17 podemos observar que a rede industrial apresenta conexão com redes externas ao seu domínio e como meio de proteção foi implantado um *firewall*.

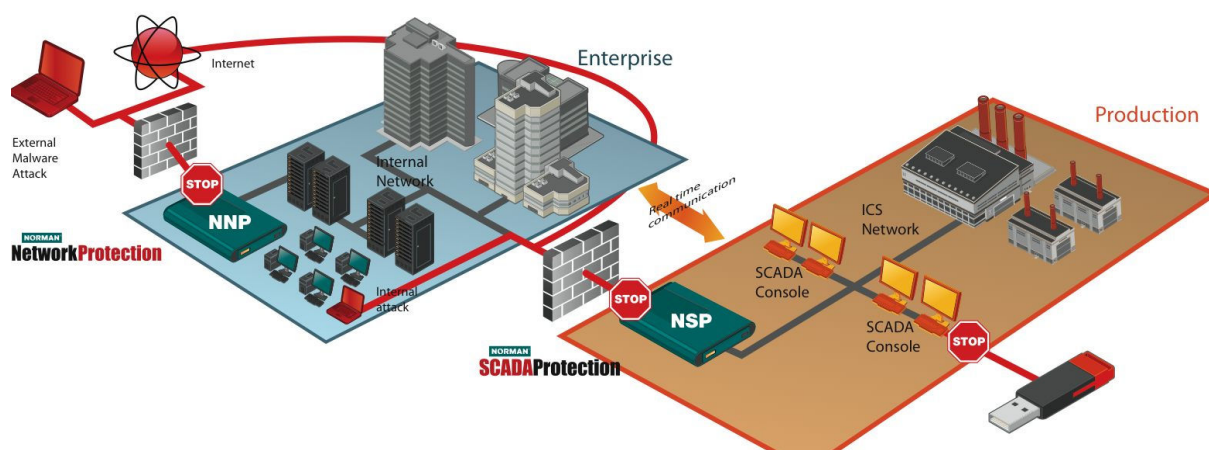


Figura 17 –Cyber Segurança.
Fonte: Automation Word (2012).

A *cyber* segurança destina-se a proteger redes industriais, computadores ou sistemas de comunicação de acessos não autorizados que podem comprometer a atividade econômica de empresas. Combater invasões requer esforços constantes devido a evolução e aprimoramento dos ataques cibernéticos (UMUC, 2016).

3.7 SIMULAÇÃO

As tecnologias de virtualização estão se mostrando ferramentas importantes para o chão de fábrica ao permitirem a criação de cópias fieis das linhas de produção, possibilitando testar configurações de maquinário e medir os resultados antes de implementar qualquer alteração no ambiente real.

Na Figura 18 podemos visualizar a simulação de um ambiente industrial, com a disposição dos robôs ao longo da linha de montagem.



Figura 18 –Fábrica Simulada.
Fonte: Warwick (2016).

A virtualização está sendo empregada por fabricantes de robôs industriais como forma de reduzir custo e prazos finais de entrega. A estratégia utilizada é simular em laboratório operações, movimentos e as trocas de sinais que os equipamentos terão em um ambiente real de produção. Com o auxílio da virtualização a etapa de comissionamento torna-se mais rápida pois a lógica do *software* que era implementada em campo com o equipamento já instalado, agora é feito ainda na etapa de projeto. Desta forma, a equipe de campo fica apenas com a função de instalação dos programas (INDÚSTRIA HOJE, 2016).

Em uma fábrica virtual podem ser simulados todas as etapas do processo relacionadas a uma linha de montagem. Isso possibilita melhorias na qualidade ou na criação de novos produtos. Este ambiente permite simular operações e movimentos dos operadores para prevenir futuros problemas ergonômicos (FIGUEREDO, 2012).

3.8 REALIDADE AUMENTADA

A realidade aumentada conhecida no mundo dos jogos e entretenimento está chegando no ambiente industrial. (THALES GROUP, 2016).

O portal da FIEB faz a seguinte definição da realidade aumentada (FIEB, 2016):

“Realidade Aumentada (RA) é a integração do ambiente real e virtual em tempo real, por meios tecnológicos, ou seja, através da utilização de um computador com *webcam* que executa um programa, proporcionando a exibição de imagens virtuais no ambiente real. A principal característica da RA é a utilização e apresentação de objetos virtuais em situações reais(...) ”

A realidade aumentada fornecerá dados precisos e em tempo real que poderão ser utilizados na elaboração de projetos. As possibilidades para seu uso são diversas e aplicáveis em vários seguimentos da economia (TOTAL IMMERSION, 2016).

A realidade aumentada pode ser utilizada na capacitação em treinamento e supervisão de equipes de trabalho. Através dela, princípios de funcionamento de

máquinas poderão ser compreendidos e comportamentos fora do padrão serão mais facilmente identificados (VADHER, 2015).

Com foco neste Mercado a Epson desenvolveu um *Smart Headset*, destinado a manutenção industrial. Através deste equipamento o usuário poderá receber em tempo real informações e diagramas conforme mostra a Figura 19. (EPSON, 2016).



Figura 19 –Realidade Aumentada.
Fonte: EPSON (2016).

3.9 INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

A integração de sistemas é a unificação dos sistemas de gerenciamento e controle de modo a conectar diretamente o chão de fábrica com nível corporativo. Com esta junção pretende-se aumentar a competitividade, reduzir custos e aumentar a flexibilização da produção. Esta integração verticalizada dos sistemas não ficará limitada por um único espaço físico, mas interligará cadeias logísticas, fornecedores, fabricantes e consumidores, gerando possibilidades de abertura de novos negócios, melhoria e desenvolvimento de novos produtos (ARKTIS, 2016).

A Figura 20 mostra a integração vertical dos sistemas de gerenciamento em controle, onde cada rede encontra-se em níveis diferentes. No nível 1 encontramos os sensores, atuadores e componentes de I/O. No nível 2 estão instalados os dispositivos de controles, PLC e sistema supervisório. Já no nível 3 estão os dispositivos e *softwares* de gerenciamento. E por último no nível 4 estão os sistemas ERP que auxiliam a tomada de decisão.

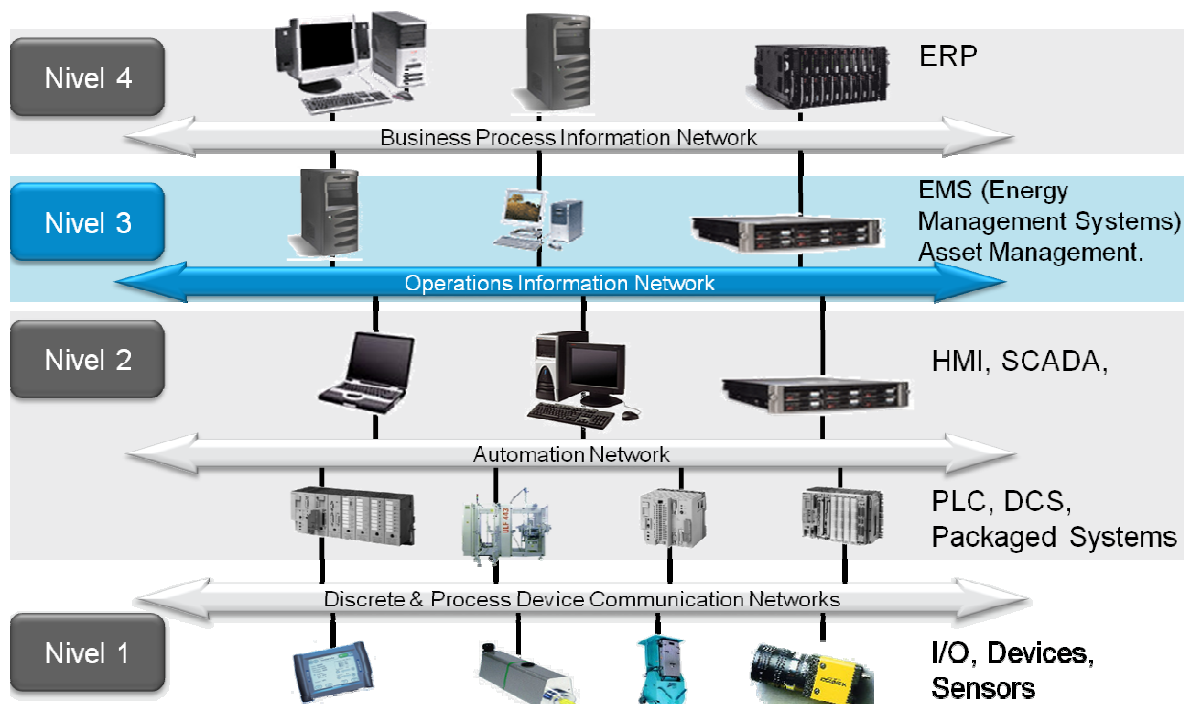


Figura 20 –Integração de Sistemas.
Fonte: Geinfor (2016).

A integração de sistemas pode oferecer muitas possibilidades para os negócios, mas ainda há um longo caminho a seguir até que venha se tornar plenamente funcional a ponto de garantir a INDÚSTRIA 4.0 obter o sucesso esperado. O ponto chave é fazer com que sistemas diferentes tenham conexão entre si, e isso passa pela padronização e adoção de um protocolo único de comunicação. O que vemos hoje é que cada fabricante utiliza protocolos e arquitetura de comunicação diferentes o que dificulta a interoperabilidade entre sistemas (GHAREGOZLOU, 2016).

4 EFEITOS DA INDÚSTRIA 4.0

Neste capítulo a seção 4.1 abordará os efeitos da INDÚSTRIA 4.0 na economia com a inclusão de novos modelos de negócios. Já na seção 4.2 trata dos efeitos e no mercado de trabalho e a mudança no perfil dos trabalhadores.

4.1 EFEITOS NA ECONOMIA

Com a INDÚSTRIA 4.0 os negócios passarão por mudanças profundas, reformulando os padrões atuais de oferta de produtos e serviços para conseguir atender um público consumidor mais exigente e conectado como o mundo digital. Desta forma as indústrias farão uso de novas tecnologias de modo a conseguir atender as novas demandas do mercado de forma ágil, oferecendo produtos inovadores e customizados (TADEU, 2016).

A tendência aponta que o processo produtivo será mais conectado e integrado aos diversos setores. Ainda prevê que as indústrias farão uso das informações em tempo real e desta forma terão base suficiente para uma melhor tomada de decisão, o que facilitaria a reconfiguração das linhas de produção (VENTURELLI, 2016).

Para que os padrões 4.0 possam ser utilizados no processo produtivo, governos estão investindo em pesquisas por novas tecnologias e aperfeiçoamento das já existentes. Tudo indica que as máquinas vão comunicar entre si, com produtos e com o consumidor final através da internet. Utilizando esse novo modelo de fábricas, pretende-se alavancar os níveis de produtividade e reduzir os custos operacionais. (MONTEIRO, 2016).

As tecnologias que envolvem a INDÚSTRIA 4.0 serão utilizadas para a exploração de novos mercados constituídos por consumidores interessados em produtos customizados. Desta elimina-se o desperdício com eventual redução do custo de produção (PROPRIS, 2016).

Com as tecnologias da INDÚSTRIA 4.0 a produção será mais enxuta, com diminuição dos estoques, evitando desperdício de mão de obra e matéria prima para entrar em sintonia com uma forma de consumo mais consciente (CAPUTO, 2015).

4.2 EFEITOS NO MERCADO DE TRABALHO

Com o advento da Indústria 4.0, haverá mudanças no mercado de trabalho e consequentemente mudará o perfil dos empregados. Os profissionais terão de ser multidisciplinares e ter familiaridade com novas tecnologias pois trabalharão em ambientes automatizados, terão auxílios de robôs e outras ferramentas tecnológicas (SIEMENS, 2016).

Segundo Millani (2016), os profissionais do futuro precisarão possuir as seguintes características:

- Boa Formação: os profissionais precisarão ter uma formação bem estruturada e com conhecimentos multidisciplinares.
- Conhecimento Variado: manter-se em atualização constante, sempre procurando conhecimento em novas tecnologias.
- Senso de urgência: saber atuar em determinadas situações de forma imediata, mas com reconhecimento do que pode ser ou não postergado.
- Bom relacionamento: o avanço tecnológico criará sistemas autônomos, mas não eliminará a necessidade de interação entre trabalhadores, estes devem pautar as suas ações com respeito e ética profissional.

Além da mudança de perfil dos trabalhadores, haverá mudanças com relação a oferta de empregos. Uma pesquisa realizada pela *Boston Consulting Group* (BCG) concluiu que com a introdução da robótica e informatização do processo produtivo, 610.000 postos de trabalhos serão fechados mas haverá demanda para criação de 960.000 novos empregos com especialização em TI, o que leva a um aumento líquido de 350.000 novos empregos até 2025 (BCG, 2015).

A pesquisa aponta também que haverá criação de novos empregos que exigirão profissionais altamente qualificados. Mas que, apesar disso, ainda haverá um saldo negativo de menos 5 milhões de empregos até meados de 2020 (DW, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho pode-se concluir que inicia-se um período de transição para uma nova revolução industrial, a INDÚSTRIA 4.0, conforme visto no capítulo 2. Os estudos apontam que deve ocorrer a digitalização expressiva do processo produtivo com a inclusão de novas tecnologias no setor industrial, que são chamadas de “pilares” (capítulo 03).

Pode ser observado que ocorrerá uma forte interconexão entre os diversos setores da cadeia de valor, com perspectivas para aumento da produtividade e criação de novos negócios. Com tendência de incremento no PIB dos países industrializados, mas em contrapartida teremos fortes mudanças no mercado de trabalho, com a extinção de algumas profissões e surgimento de outras novas que serão ocupadas por pessoas com um forte conhecimento nas novas tecnologias digitais.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, precisam olhar para a INDÚSTRIA 4.0 como um meio de aceleração do crescimento econômico. Para que isso venha ocorrer serão necessários investimentos em pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias e também criação de políticas educacionais voltada a formação de mão-de-obra qualificada. O setor industrial desses países precisa enxergar a digitalização como meio para conseguir aumentar a produtividade e manter-se competitiva no mercado global.

Neste trabalho foram levantados alguns dos conceitos e definições sobre a INDÚSTRIA 4.0. Contudo, é importante frisar que trata-se de um tema em estado de incubação e sua maturidade está projetada somente para meados de 2020 em países industrializados, como a Alemanha. No entanto as previsões dão conta que este é uma via de mão única e que a INDÚSTRIA 4.0 já é tida como algo a ser seguido. De modo que aqueles que não acompanharem a evolução vão ter dificuldades para manter seus negócios.

Com o estudo apresentado abre-se possibilidade para trabalhos futuros, visto que ainda não há fábricas operando 100% no formato 4.0. Quando iniciarem as implantações muitos trabalhos de automação, simulação, comissionamento, integração de sistemas e desenvolvimento de *software* surgirão. Neste caso, pode-se dizer que futuramente muitos aprimoramentos e testes práticos devem ocorrer e podem ser objetos de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ABB. **“Fast and flexible, safe and strong”**.2016. Disponível em: <
<http://www.abb.co.in/cawp/seitp202/e4b0fd16708cefd5c125795f004c20a1.aspx>>.
Acesso em: 21 set.2016.

ACADEMIA DO CÓDIGO. **“Breve história da computação”**. 2015. Disponível em:
<<http://blog.academiadocodigo.com.br/2015/01/breve-historia-da-computacao-parte-1-de-2/>>. Acesso em: 20 jul.2016.

AETHON. **“TUG Robots – Healthcare Benefits”**. 2016. Disponível em:<
<http://www.aethon.com/tug/tughealthcare/>>. Acesso em: 28 set.2016.

AFFINITY AUTOMATION. **“Cyber Security for Industry 4.0”**. 2016.Disponível em:<
<http://www.affinity-automation.com/cyber-security-industry-4-0/>>. Acesso em: 28 ago.2016.

ARKTIS. **“Indústria 4.0, a Quarta Revolução Industrial”**. 2016.Disponível em:<
<http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 03 set.2016.

AUTOMATION WORD. **“SCADA Cyber Security Appliance Released”**. 2012.
Disponível em: < <http://www.automationworld.com/security/scada-cyber-security-appliance-released>>. Acesso em: 01 ago.2016.

BARROS, José Roberto Mendonça de. **“A indústria 4.0 e o Brasil”**.2016. Disponível em:< <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,a-industria-40-e-o-brasil,10000067502>>. Acesso em: 18 jul.2016.

BCG. **“Man and Machine in Industry 4.0”**. 2015.Disponível em:
<<https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/>>.
Acesso em: 01 set./2016.

BERTULUCCI, Cristiano Silveira. **“O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo”**. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 01 mai.2016.

BLOG PENSAMENTO ALTO. **“ Os EUA no Pós-Guerra (1918/1929) ”**. Disponível em: <http://cfrbpensandoalto.blogspot.com.br/2013_05_01_archive.html>. Acesso em: 03 set.2016.

CALUSSI, Joana; HANGAI. Luís Antônio. **“ Indústria 4.0: empresas investem em fábricas inteligentes”**.2015. Disponível em: <
<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2015/05/industria-4-0-empresas-investem-em-fabricas-inteligentes-4752300.html?pagina=6>>. Acesso em: 10 jun.2016.

CANALTECH. **“O que é Big Data”**. 2016. Disponível em:< <http://canaltech.com.br/o-que-e/big-data/o-que-e-big-data/>>. Acesso em: 16 ago.2016.

CAPUTO, Victor. **“Como a indústria 4.0 mudará a sociedade e o consumo”**. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/industria-4-0-tera-consumo-e-producao-conscientes>>. Acesso em: 01 set.2016.

CARRARA, Valdemir. **“Introdução a Robótica Industrial”**. 2015. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/08.25.14.16/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 jul.2016.

CASSAPO, Felipe. **Indústria 4.0** – Indústria - em Revista – Abr a Jun/2016 | Ano III nº 10, p. 14 – 20).

CHAVES, Lázaro Curvêlo. **“A Revolução Industrial”**. 2014. Disponível em: <<http://www.culturabrasil.org/revolucaoindustrial.htm>>. Acesso em: 15 jun.2016.

COMPUTER HISTORY. **“First transistor (replica), Bell Labs, 1947”**. 2016. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/revolution/artifact/273/1364>>. Acesso em: 20 jul.2016.

COSTA, Melina; STEFANO, Fabiane. **“A era das fábricas inteligentes está chegando”**. 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-xame/edicoes/1068/noticias/a-fabrica-do-futuro>>. Acesso em: 10 abr.2016.

DW. **“Indústria 4.0: Pesquisa sobre os impactos”**. 2016. Disponível em: <<http://www.altosestudios.com.br/?p=54908>>. Acesso em: 02 set.2016.

EDUCABRAS. **“Segunda Revolução Industrial e o Neocolonialismo”**. 2016. Disponível em: <https://www.educabras.com/ensino_medio/materia/historia/historia_geral/aulas/segunda_revolucao_industrial_e_neocolonialismo>. Acesso em: 16 jul.2016.

EPSON. **“Smart Headset”**. 2016. Disponível em: <<http://www.epson.com/cgi-bin/Store/jsp/Landing/moverio-bt-2000-smart-headset.do?UseCookie=yes#lightbox/0/>>. Acesso em: 31 ago.2016.

ESTÉVEZ, Ricardo. **“Lós 9 pilares de la Indústria 4.0”**. 2016. Disponível em: <<http://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/>>. Acesso em: 15 ago.2016.

EVANS, Dave. **“A Internet das Coisas: como a próxima evolução da Internet está mudando tudo”**. 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 10 jul.2016.

FIEBE. **“Realidade Aumentada”**. 2016. Disponível em: <http://portais.fieb.org.br/portal_ead/inovacao-tecnologica/realidade-aumentada.html>. Acesso em: 01 set.2016.

FIGUEREDO, Michael. **"Ford cria fábrica virtual na Europa"**. 2012. Disponível em: <<http://motordream.bol.uol.com.br/noticias/ver/2012/08/03/ford-cria-fabrica-virtual-na-europa>>. Acesso em: 29 ago.2016.

FIRJAN. **"Indústria 4.0"**. 2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557D8802C639A4&inline=1>>. Acesso em: 28 set.2016.

FIRJAN. **"Internet das Coisas e Indústria 4.0 abrem novos mercados"**. 2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/noticias/internet-das-coisas-e-industria-4-0-abrem-novos-mercados-1.htm>>. Acesso em: 15 ago.2016.

GARCIA, Pedro. **"Robôs Autônomos"**. 2016. Disponível em: <<https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/>>. Acesso em: 17 ago.2016.

GAUB, Heinz. **"Indústria 4.0"**. 2016. Disponível em: <<https://www.arburg.com/pt/br/centro-de-midias/videos/produtos/industria-40/>>. Acesso em: 02 ago.2016.

GE. **"Automação em alta performance Soluções para um mundo conectado"**. 2016. Disponível em: <https://www.geindustrial.com.br/download/catalogs/GE_PLCs.pdf>. Acesso em: 22 ago.2016.

GEINFOR. **"¿Qué es la Industria 4.0?"**. 2016. Disponível em: <<http://geinfor.com/blog/industria-40/>>. Acesso em: 02 ago.2016.

GHAREGOZLOU, Matthew. **"A nova Indústria 4.0 e os velhos desafios da integração de sistemas"**. 2016. Disponível em: <<http://ecommercenews.com.br/artigos/tendencias-artigos/a-nova-industria-4-0-e-os-velhos-desafios-da-integracao-de-sistemas>>. Acesso em: 03 set.2016.

GIORDANO, Caio Mezzeti, ZANCUL, Eduardo de Senzi e RODRIGUES, Vinícius Picanço. **"Análise dos Custos da Produção Por Manufatura Aditiva em Comparação a Métodos Convencional"**. 2016. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1963/1397>>. Acesso em: 20 ago.2016.

HOBBSAWM, Eric J. **"Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo"**, 5ª edição 2000, editora Forense Universitária

IGLÉSIAS, Francisco. **"A Revolução Industrial"**, 5ª edição 1984, editora Brasiliense.

IMASTERS. **"Evite vulnerabilidades e ameaças na nuvem"**. 2016. Disponível em: <<http://imasters.com.br/artigo/23609/cloud/evite-vulnerabilidades-e-ameacas-na-nuvem?trace=1519021197&source=single>>. Acesso em: 29 jul.2016.

INDÚSTRIA HOJE. **“Como construir uma fábrica do futuro hoje”**. 2016. Disponível em:<<http://www.industriahoje.com.br/como-construir-uma-fabrica-do-futuro-hoje>>. Acesso em: 29 ago,2016.

ISA DISTRITO 4. **“Industria 4.0 & IIoT”**. 2015. Disponível em: <<http://www.isadistrito4.org.br/grupos/industria40/>>. Acesso em: 25 jul.2016.

KAGERMA, Henning; WAHLSTER, Wolfgang e HELBIG, Johannes. **“Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0”**. 2013. Disponível em:<<http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industr.html>>. Acesso em: 02 mai.20016.

KASPERSKY. **“Kaspersky Industrial CyberSecurity”**. 2016. Disponível em:<<http://www.kaspersky.com/pt/enterprise-security/industrial>>. Acesso em: 28 ago.2016.

LTE MAGAZINE. **“The Internet of Things”**. 2016. Disponível em: <<http://lte.ma/the-internet-of-things>>. Acesso em: 28 jul.2016.

MACEDO, Daniel Almeida de. **“A quarta revolução industrial”**. 2016. Disponível em:<<http://www.gazetadigital.com.br/conteudo/show/secao/60/materia/467815/t/a-quarta-revolucao-industrial>>. Acesso em: 02 ago.2016.

MARQUES, Keite. **“Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação”**. 2014. Disponível em:<http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164>. Acesso em: 20 ago.2016.

MEYER, Maximiliano. **“Como foi inventado o computador?”**. 2014. Disponível em:<<https://www.oficinadanet.com.br/post/13710-como-foi-inventado-o-computador>>. Acesso em: 18 jul.2016.

MICORSOFT. **“O que é computação em nuvem”**. 2016. Disponível em:<<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/>>. Acesso em: 22 ago.2016.

MILLANI, Ricardo. **“Como será o engenheiro do futuro?”**. 2016. Disponível em:<<https://blogs.siemens.com/conexaosiemens/stories/26320/>>. Acesso em: 29 ago.2016.

MONTEIRO, Solange Monteiro. **“Como Redesenhar um novo futuro”** – Revista Conjuntura Económica – Vol.70 nº 04 - abril 2016. Disponível em :<<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=402880941F6FAA3F011F70B76C1E49EE&IdContentRevistaConjuntura=8A7C82C5519A547801540FE8A5FC5804&contentId=8A7C82C5519A547801540FE8A5FC5804>>. Acesso em: 29 ago.2016.

NETSCAN, **“Saiba como a internet das coisas vai mudar nosso dia a dia, para sempre”**. 2014. Disponível em: < <http://netscandigital.com/blog/internet-das-coisas/>>. Acesso em: 03 mai.2016.

NETSERVICE. **“Saiba como a internet das coisas vai mudar a nosso dia-a-dia, para sempre”**.2016. Disponível em :< <http://www.netservice.com.br/artigo/indústria-4-0-internet-coisas-otimizacao-recursos-indústria/>>. Acesso em: 15 jul.2016.

NUNES, Paulo. **“Taylorismo”**. 2015. Disponível em:< <http://knoow.net/cienceconempr/gestao/taylorismo/>>. Acesso em: 16 jul.2016.

OLIVEIRA, Bruno de. **“Com a nuvem, indústria aproximou pequenas empresas das ferramentas de projetos ”**. 2015. Disponível em:<<http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,com-a-nuvem-indústria-aproximou-pequenas-empresas-das-ferramentas-de-projetos,1662323>>. Acesso em: 22 ago.2016.

PENA, Rodolfo F. Alves. **“Terceira Revolução Industrial”**;2016. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 18 jul.2016.

PENSANDO ALTO. **“Crise de 1929: O Crack na Bolsa nos EUA e suas Consequências Mundiais”**.2013. Disponível em:< http://cfrbpensandoalto.blogspot.com.br/2013_05_01_archive.html>. Acesso em: 19 jul.2016.

PETRIN, Natália. **“Terceira Revolução Industrial”**. 2014. Disponível em:<<http://www.estudopratico.com.br/terceira-revolucao-industrial/>>. Acesso em 18 jul.2016.

PINTO, Marcelo. **“Indústria Inteligente: a quarta Revolução industrial está chegando?”**. 2016. Disponível em:<<http://www.agenciadecrescimento.com.br/ppi2016/?p=2331>>. Acesso em: 11 abr.2016.

POLYVISTA. **“Why Everyone’s Talking About Big Data Analytics”**. 2016. Disponível em:< <http://www.polyvista.com/blog/why-everyones-talking-about-big-data-analytics>>. Acesso em: 27 ago.2016.

PROPRIS, Lisa de. **“Industry 4.0: Spotting fresh business ideas in smart manufacturing”**. 2016. Disponível em:<<http://www.biznews.com/sustainable-business/2016/08/19/industry-4-0-spotting-fresh-business-ideas-in-smart-manufacturing/>>. Acesso em: 29 ago.2016.

PSICOLOGIA E COTIDIANO. **“Trabalho Alienado”**.2009. Disponível em:< <http://outoraciocinio-psicologiaecotidiano.blogspot.com.br/2009/03/trabalho-alienado.html>>. Acesso em: 16 jul.2016.

REPORTERO INDUSTRIAL. **“Hannover Messe 2015 presenta la industria del futuro totalmente en red”**. 2015. Disponível em: <

<http://www.reporteroindustrial.com/temas/Hannover-Messe-2015-mostro-las-luces-de-la-Industria-40+102864>>. Acesso em: 25 jul.2016.

ROMANO, Vitor Ferreira e DUTRA, Max Suell. **"INTRODUÇÃO À ROBÓTICA INDUSTRIAL"**. 2016.Disponível em:
<<http://www.fem.unicamp.br/~hermini/Robotica/livro/cap.1.pdf>>. Acesso em: 16 ago.2016.

SAS. **"Big Data, o que é e por que é tão importante?"**. 2016.Disponível em:<http://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html>. Acesso em: 16 ago.2016.

SCHAFER, Gabriel. **"Revolução Industrial (2º fase)"**. 2015.Disponível em:<<http://schafergabriel.blogspot.com.br/2015/02/revolucao-industrial-2-fase.html>>. Acesso em: 16 jul.2016.

SCHNEIDER. **"Como proteger sistemas de controle industrial contra ataques cibernéticos"**. 2016.Disponível em:<<http://www.schneider-electric.com.br/pt/work/insights/how-to-protect-industrial-control-systems-from-cyber-attacks.jsp>>. Acesso em: 28 ago.2016.

SCHWAB, Klaus. **"Klaus Schwab: Navigating the Fourth Industrial Revolution"**. 2016.Disponível em:<<http://www.biznews.com/wef/davos-2016/2016/01/20/klaus-schwab-navigating-the-fourth-industrial-revolution/>>. Acesso em: 02 ago.2016.

SIEMENS. **"Como será o profissional da indústria 4.0?"** 2016. Disponível em:<<http://exame.abril.com.br/publicidade/siemens/conteudo-patrocinado/como-sera-o-profissional-da-industria-4-0>>. Acesso em: 01 set.2016.

SILVEIRA, Cristiano Bertolucci. **"Indústria 4.0"**2016.Disponível em:<<http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 01 ago.2016.

SOUSA, Rainer Gonçalves. **"Segunda Revolução Industrial"**.2016. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 16 jul.2016.

SOUZA, J. A. M. Felipe de. **"Robótica"**. 2005.Disponível em:<http://webx.ubi.pt/~felippe/texts5/robotica_cap1.pdf>. Acesso em: 20 jul.2016.

STEFANI, Sergio. **"Manufatura Aditiva"**. 2014.Disponível em:<<http://blog.render.com.br/diversos/manufatura-aditiva/>>. Acesso em: 20 ago.2016.

SWAT, Jacobus W." **Evolução de Microeletrônica a Micro-Sistemas"**.2016. Disponível em:<<http://www.ccs.unicamp.br/cursos/fee107/download/cap01.pdf>>. Acesso em:18 jul.2016.

TADEU, Hugo Ferreira Braga. **"Impactos da Indústria 4.0"**. 2016.Disponível em:<http://www.fdc.org.br/professorespesquisa/nucleos/Documents/inovacao/digitalizacao/boletim_digitalizacao_marco2016.pdf>. Acesso em: 30 ago.2016.

TARIFA, Alexandre e NOGARE, Diego. **"Big Data: descubra o que é e como usar na sua empresa"**. 2014. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/big-data-descubra-o-que-e-e-como-usar-na-sua-empresa/>>. Acesso em: 14 ago.2016.

THALES GROUP. **"Industry 4.0 at Thales: Virtual and Augmented Reality "**. 2016. Disponível em: <<https://www.thalesgroup.com/en/germany/news/industry-40-thales-virtual-and-augmented-reality>>. Acesso em: 31 ago.2016.

TOKSTER. **"Automobile - Volkswagen engage un robot pour sa production"**. 2013. Disponível em: < <https://tokster.com/article/automobile-volkswagen-engage-un-robot-pour-sa-production>>. Acesso em: 28 jul.2016.

TOTAL IMMERSION. **"Augmented Reality Technology to the Service of Industrial Maintenance"**. 2016. Disponível em: <<http://www.t-immersion.com/augmented-reality/use-cases/industrial-maintenance>>. Acesso em: 31 ago.2016.

UMUC. **"Cyber Security Primer "**. 2016. Disponível em: <<http://www.umuc.edu/cybersecurity/about/cybersecurity-basics.cfm>>. Acesso em: 28 ago.2016.

VADHER, Rishi. **"A realidade aumentada visualiza processos de produção complexos"** 15/07/2015. Disponível em: <<https://rishivadher.blogspot.com.br/2015/07/a-realidade-aumentada-visualiza.html>>. Acesso em: 31 ago.2016.

VALLONE, Giuliana. **"Robôs que trabalham lado a lado com operários chegam à indústria do país"**. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/08/1672335-robos-que-trabalham-lado-a-lado-com-operarios-chegam-a-industria-do-pais.shtml>>. Acesso em: 18 ago.2016.

VENTURELLI, Marcio. **"Indústria 4.0: uma visão da automação industrial"**. 2014. Disponível em: < <http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 01ago.2016.

VENTURELLI, Marcio. **"Indústria 4.0"**. 2016. Disponível em: <<https://mhventurelli.wordpress.com/industria-4-0/>>. Acessado em 01/08/2016.
WOLF, Paulo José Whitaker e OLIVEIRA, Giuliano Conto de. **"Fórum Econômico Mundial: os desafios da Quarta Revolução Industrial"**. 2016. Disponível em: < <http://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/forum-economico-mundial-os-desafios-da-quarta-revolucao-industrial>>. Acesso em: 01 ago.2016.

WARWICK. **"Digital Manufacturing Management at Warwick"**. 2016. Disponível em: <http://blogs.warwick.ac.uk/wmgdmm/gallerydetail/dmm_software_images/?imageNum=2>. Acesso em: 01 ago.2016.

WHOLESALES SCANNER. “**MakerBot Replicator**”. 2016. Disponível em:< <http://www.wholesalescanners.com/MakerBot-Replicator-3D-printer.html>>. Acesso em: 30 jul.2016.

ZANCUL, Eduardo. “**Manufatura aditiva já é realidade**”.2015. Disponível em:< <http://vanzolini.org.br/weblog/2015/04/15/manufatura-aditiva-ja-e-realidade/>>. Acesso em: 20 ago.2016.

ZANNI, Alessandro. “**Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes**”. 2015. Disponível em:< <http://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/>>. Acesso em: 01 ago.2016.