

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DA TRANSIÇÃO DA
INDÚSTRIA 4.0 PARA A SOCIEDADE 5.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

JOÃO JOSÉ GIARDULLI JÚNIOR

São Paulo
2020

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DA TRANSIÇÃO DA
INDÚSTRIA 4.0 PARA A SOCIEDADE 5.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Benedito Sacomano

JOÃO JOSÉ GIARDULLI JÚNIOR

São Paulo

2020

Giardulli Júnior, João José.

Um estudo exploratório da transição da Indústria 4.0 para a Sociedade 5.0/ João José Giardulli Júnior. - 2020.

49 f. : il. color

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2020.

Área de concentração: Indústria 4.0.

Orientador: Prof. Dr. José Benedito Sacomano.

1. Indústria 4.0. 2. Sociedade 5.0. 3. *IoT*. 4. CPS. 5. Cibernética.
6. Sistema. I. Sacomano, José Benedito (orientador). II. Título.

JOÃO JOSÉ GIARDULLI JÚNIOR

**UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DA TRANSIÇÃO DA
INDÚSTRIA 4.0 PARA A SOCIEDADE 5.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

_____- ____/____/____
Prof. Dr. José Benedito Sacomano
Universidade Paulista – UNIP

_____- ____/____/____
Prof.^a Dr.^a Silvia Bonilla
Universidade Paulista – UNIP

_____- ____/____/____
Prof. Dr. Osvaldo Elias Farah
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que se dispuseram a lê-lo. Antes ou depois de sua publicação. A leitura é uma homenagem ao autor e por isso agradeço antecipadamente a você que dedicou seu tempo e paciência ao meu texto.

Dedico especialmente a meus saudosos pais que faleceram antes que pudessem ler este texto e, de forma incondicional, teriam achado o melhor do mundo.

AGRADECIMENTOS

Com o fito de evitar o lugar comum, não vou agradecer a Deus e a lembrança dos meus saudosos pais, uma vez que, esta já se encontra consignada na página de dedicatória. Todavia, para que aqueles que creem não se escandalizem tenho a dizer que a gratidão deve ser hodierna, inclusive para com o Pai Celestial, seja lá qual for o credo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente estiveram envolvidos na construção deste texto meu muito obrigado. Não se constrói uma dissertação de mestrado sem o apoio daqueles que são onipresentes em sua vida. Esposa, filhos, família em geral, seja pela compreensão de sua ausência, seja pela paciência com suas alterações de humor estes são os mais impactados durante este período. Agradeço especialmente a minha esposa Andrea que com sua infinita paciência soube suportar níveis de mal humor que devo confessar, seriam intoleráveis não houvesse aí muito amor e cumplicidade.

Não se pode esquecer de professores, especialmente do orientador, o Professor José Benedito Sacomano, que de modo muito atencioso não só orientou a feitura deste texto, mas acabou por adotar, quase que como um filho, este que está a quilômetros de distância do merecimento de tamanha deferência. Não posso esquecer a ajuda, os conselhos e orientações sempre gentilíssimos e carinhosos dos professores Silvia Bonilha e Osvaldo Elias Farah, que trataram meu texto com carinho e respeito sem deixar de fazer as observações tão importantes para a melhoria e o fechamento do trabalho final. Aqui vai meu muito obrigado de coração. Aos acima mencionados e a todos aqueles que pacientemente se dispuseram a ajudar com sugestões e críticas.

Agradeço também àqueles que conscientemente ou não, seja por exibicionismo acadêmico, seja por simples discordância destrutiva, seja por ação ou inação em algum momento gastaram seu tempo tentando – e eventualmente conseguindo – desmerecer de alguma forma o esforço aqui empreendido. Não posso esquecer dessas pessoas, pois como afirma Friedrich Nietzsche, o que não nos destrói nos fortalece.

RESUMO

As inovações tecnológicas têm sido uma constante no mundo e têm provocado grandes revoluções não só na economia de escala, mas também nas possibilidades de personalização de produtos e na maneira como as pessoas estão vivendo. Este trabalho tem o objetivo de apresentar estas inovações ajudando a entender os fenômenos, tanto da Quarta Revolução Industrial como o da recém criada no Japão, Sociedade 5.0. Para isso foi desenvolvida uma revisão da bibliografia disponível e análise documental. Como resultado os desafios que se apresentam não são pequenos, porém suscitam oportunidades de melhorias em várias áreas da sociedade, desde que, para isso, se criem políticas públicas que fomentem a criação de manufaturas inteligentes, o aproveitamento de energias renováveis e uma melhor distribuição de renda na sociedade como forma de sobrevivência do próprio modelo capitalista vigente.

Palavras chaves: Indústria 4.0. Sociedade 5.0. IoT. CPS. Cibernética. Sistema.

ABSTRACT

Technological innovations have been a constant in the world and have caused great revolutions not only in the economy of scale, but also in the possibility of personalizing products and in the people way living. This work aims to present these innovations helping to understand the phenomena, both of the Fourth Industrial Revolution and that of the newly created in Japan, the Society 5.0. For this, a review of the available bibliography and documentary analysis was developed. As a result, the challenges facing are not small, but they bring opportunities for improvement in various areas of society, as long as public policies are created to encourage the creation of smart manufactures, the use of renewable energy and better distribution. income in society as a way of survival of the current capitalist model.

Keywords: Industry 4.0. Society 5.0. IoT. CPS. Cybernetics. System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gartner Hype Cycle 2019	10
Figura 2 – Emprego na indústria como proporção do emprego total (%)	15
Figura 3 – Modelo genérico simplificado de um sistema	24
Figura 4 – Modelo simplificado de um sistema cibernético com realimentação	26
Figura 5 – Elementos formadores da Indústria 4.0. A “casa” da Indústria 4.0	27
Figura 6 – Hype Cycle para Tecnologias Emergentes	28
Figura 7 – Nível de aderência do dispositivo ao IoT	29
Figura 8 – Arquitetura CPS orientada a serviços	32
Figura 9 – Aspecto evolucionário da Sociedade	35
Figura 10 – Pilares Propostos para a Sociedade 5.0	40

LISTA DE ABREVIATURAS

ACM	– Association for Computing Machinery
BI	– Business Intelligence
CSTI	– Council for Science, Technology and Innovation
CPS	– Cyber Physical System
DB	– Data Base
DBMS	– Data Base Management System
EBITDA	– Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
ERP	– Enterprise Resource Planning
GED	– Gestão Eletrônica de Documentos
I4	– Indústria 4.0
IA	– Inteligência Artificial
IAC	– Inteligência Artificial Conexionista
IAE	– Inteligência Artificial Evolucionaria
IAS	– Inteligência Artificial Simbólica
ILO	– International Labor Organization
IMS	– Information Management System
IoT	– Internet of Things
OLTP	– Online Transaction Processing
PRI	– Primeira Revolução Industrial
PTTR	– Processamento de Transações em Tempo Real
SGBD	– Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SMA	– Sistemas Multiagentes
SRI	– Segunda Revolução Industrial
TRI	– Terceira Revolução Industrial

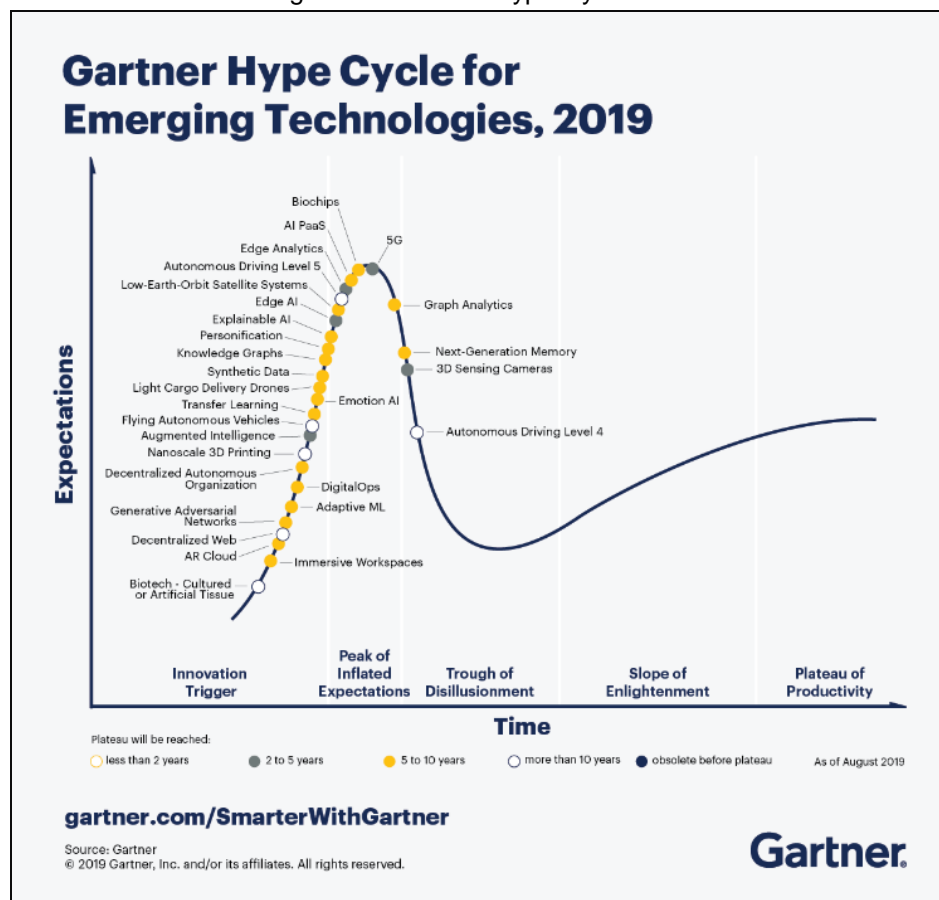
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Objetivos Específicos	12
1.4 Metodologia Resumida	13
2 UM HISTÓRICO RECENTE	14
2.1 Como tudo começou.....	16
2.2 As segunda e terceira revoluções industriais	18
2.3 E agora?	19
2.4 No Brasil	21
3 REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1 Teoria Geral dos Sistemas	23
3.2 Cibernética.....	24
4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA INDÚSTRIA 4.0	27
4.1 IoT – Internet das Coisas.....	27
4.2 Big Data.....	30
4.3 Cyberphysical Systems (CPS)	31
4.4 Inteligência Artificial	32
5 SOCIEDADE 5.0.....	34
5.1 Origens do Conceito	36
5.2 Pilares da Sociedade 5.0	38
5.3 A Sociedade 5.0 fora do Japão	40
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES PRELIMINARES	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O senso comum geralmente exagera face a novas tendências especialmente quando a tecnologia é o seu principal suporte. Segundo o relatório de 2019 do Gartner Group, tecnologias como o 5G, por exemplo, estão na fase de pico de euforia (GARTNER, 2019). Em breve deverá passar pela fase de desilusão para só mais tarde, entre dois e cinco anos, entrar em platô de esclarecimento e finalmente em platô de produtividade, momento no qual já se sabe exatamente o que se deve esperar da tecnologia. As cinco fases preconizadas pela empresa americana de pesquisas fazem sentido. As tecnologias nascem com um gatilho de inovação, durante a qual se geram expectativas que chegam a um pico. Imediatamente após o pico de euforia vem a fase da desilusão onde as expectativas caem para em seguida sofrer uma nova elevação, desta vez, mais maduras e esclarecidas. Só depois passa para um platô de estabilidade e produtividade (Figura 1).

Figura 1 – Gartner Hype Cycle 2019



Fonte: Gartner. 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies (2019). Disponível em: <www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019>. Acesso em: 2 jan. 2020 - 18:59:11.

Não tem sido diferente quando se trata dos conceitos disseminados a partir de 2011 sobre o que se convencionou chamar de Indústria 4.0. Quando o termo foi cunhado durante a Feira Industrial de Hannover, certamente ainda não se tinha noção exata do que viria a ser este conceito, como defini-lo ou mesmo do que se tratava exatamente. Em uma busca no documento *“Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 - Final report of the Industrie 4.0 Working Group”* de abril de 2013 (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013) não se encontra a expressão “A indústria 4.0 é ...” com uma definição objetiva do que efetivamente seja. A expressão é sempre sucedida de objetivos, características e formas de implementação. A definição sucinta e objetiva ainda está por vir. Não há, nos meios acadêmicos, uma definição que seja consensual (COELHO, 2016). Outros autores enveredaram neste terreno no sentido de encontrar uma definição que adeque o que se tem visto na prática. Para Cardoso Junior (2018) a Indústria 4.0 é caracterizada por integração e digitalização de processos. Pode-se enxergar, por outro lado, como uma revolução disruptiva onde a mão de obra não é mais objeto de otimização, mas sim de substituição (SCHWAB, 2016) o que, por óbvio constitui um desafio para o futuro.

A Indústria 4.0 vem sendo descrita também através das tecnologias de que se utiliza, tais como, big data, internet das coisas (IoT – Internet of Things), sistemas ciberfísicos (Cyber-Physical Systems – CPS), sistema de identificação como o RFID (Radio Frequency Identification), objetos inteligentes, inteligência artificial, logística inteligente, entre outras, desde que implementadas de forma sistêmica organizando uma cadeia de valor e criando uma integração horizontal de redes digitais e uma integração vertical dessas redes com os sistemas de manufatura (ANDERL, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PRAUSE, 2015; STRANDHAGEN et al., 2016).

O que se observa é que a euforia tem tomado conta do mercado e a expressão “4.0” transformou-se em signo de modernidade, capacidade de gerar economias na cadeia produtiva e capacidade de gerar diferencial competitivo. Uma pesquisa em 29 de dezembro de 2019 no Google Scholar, limitada aos anos de 2017 a 2019, com resultados apenas em português do verbete “educação 4.0”, exatamente assim escrito, entre aspas, retornou 98 resultados em um tempo de 0,09s. Nas mesmas condições “logística 4.0” retornou 133 resultados em 0,06s. A pesquisa “indústria 4.0” retornou 2.590 resultados em 0,09s. Percebe-se que a

comunidade acadêmica está empenhada em entender e descrever o fenômeno “4.0”, suas causas e consequências, cuja força motriz, já se pode afirmar, são as rápidas evoluções tecnológicas que se tem testemunhado.

1.1 Justificativa

Não resta dúvida de que o conceito, apesar de amplamente estudado, padece de uma definição funcional que reflita sobre aquilo que a Indústria 4.0 trata, e ainda, que seja minimamente aceita tanto na comunidade acadêmica como entre seus utentes. Para que se possa fazer ciência sobre um determinado tema é mandatório que se defina exatamente o objeto da pesquisa e do que se está falando. Assim como defendia Robbins (1935) quando se referia ao objeto de estudo da economia, podemos estender as mesmas ideias a respeito da Indústria 4.0. Fala-se muito, mas ainda não se sabe exatamente do que se está falando.

Ainda não se sabe exatamente qual a abrangência deste conceito e a velocidade de avanços tecnológicos tem sido um fator de dificuldade adicional, uma vez que, a cada momento surgem novos produtos inovadores que agregam novas técnicas e obrigam definições baseadas nas tecnologias utilizadas a uma revisão agregando alguma coisa a mais.

1.2 Objetivos

Longe da ambição de pacificar o conceito de Indústria 4.0 este trabalho tem o objetivo de abordá-los e organizá-los de modo mais enxuto. A ideia é descrever o fenômeno de sua construção desde a criação das condições para que o programa fosse lançado na Alemanha até os dias de hoje. Com isso acredita-se estar contribuindo para que no futuro se possa ter uma compreensão mais próxima do que seja a Indústria 4.0, onde ela pode levar a sociedade, tanto para o bem comum como para seus aspectos mais desafiadores.

1.3 Objetivos Específicos

Descrever as condições que ensejaram o lançamento do plano da Indústria 4.0 na Alemanha; descrever as principais tecnologias que aplicadas de forma

sistêmica configurem os elementos fundamentais da Indústria 4.0; descrever que impactos sociais já podem ser percebidos com a adoção das técnicas de manufatura preconizadas pela Indústria 4.0. Por fim, relacionar os fenômenos Indústria 4.0 e Sociedade 5.0.

1.4 Metodologia Resumida

Para atingir os objetivos descritos acima o método escolhido foi o da revisão bibliográfica. Optou-se também por utilizar os conceitos da cibernética como fio condutor para uma releitura da história, elementos fundamentais e impactos sociais.

Adotou-se a estratégia de pesquisar conceitos fundamentais de autores consagrados sem restrições de datas. Aqueles conceitos mais inovadores da indústria 4.0, por outro lado, foram colhidos de artigos e publicações feitas em congressos, revistas e universidades de reputação consolidadas.

Assim, entende-se que se consegue cobrir boa parte do espectro de conceitos, desde os mais consolidados até os mais inovadores, sempre buscando o aval da comunidade científica.

2 UM HISTÓRICO RECENTE

O verbete “revolução”, segundo o dicionário Houaiss, em sua primeira acepção está relacionado com mudança. O dicionário Michaelis não vai em caminho diferente. Adiciona, porém, a acepção política e confere à palavra neste contexto uma característica de ruptura súbita, rápida, extrema. Já o historiador Rubim Santos Leão de Aquino et al. (1995) afirmam que trata-se de uma luta entre forças transformadoras e forças conservadoras que atingem todos os níveis da realidade social. De toda sorte, quando se fala em revolução, os pensamentos se voltam para mudanças rápidas e radicais, em que pese o verdadeiro sentido da palavra “radical” cuja origem latina é a mesma de “raiz” (radicem). Assim, uma mudança radical é aquela que vai nas raízes das questões que envolvem a aludida mudança ao contrário de mudanças superficiais.

Das revoluções industriais que tiveram início na metade para o final do século XVIII com a invenção da máquina à vapor pode-se afirmar que a primeira foi uma revolução radical, considerando que alterou de forma estrutural as raízes das relações de produção, trabalho, forças sociais, políticas, econômicas, a educação entre outros aspectos da vida cotidiana do cidadão à época. A segunda, no final do século XIX, com a introdução da energia elétrica no chão de fábrica, a linha de montagem e a administração científica de Taylor - com o seu célebre *“Princípios de Administração Científica”* de 1911 - foi uma revolução incremental. Trabalhadores continuaram sendo trabalhadores, os detentores dos meios de produção seguiram dominando as fábricas e não se verificaram mudanças nas forças sociais, políticas ou econômicas em função destas alterações na forma de se produzir. A terceira revolução industrial introduz a eletrônica digital e a informação, ainda que timidamente, no chão de fábrica e de modo análogo à segunda revolução industrial não transformou as relações de trabalho em função de suas alterações. Tanto na segunda como na terceira revolução industrial o que se percebe claramente é o aumento drástico de produtividade da mão de obra e as consequentes reduções de custos unitários, ganho de escala e aumento de lucros.

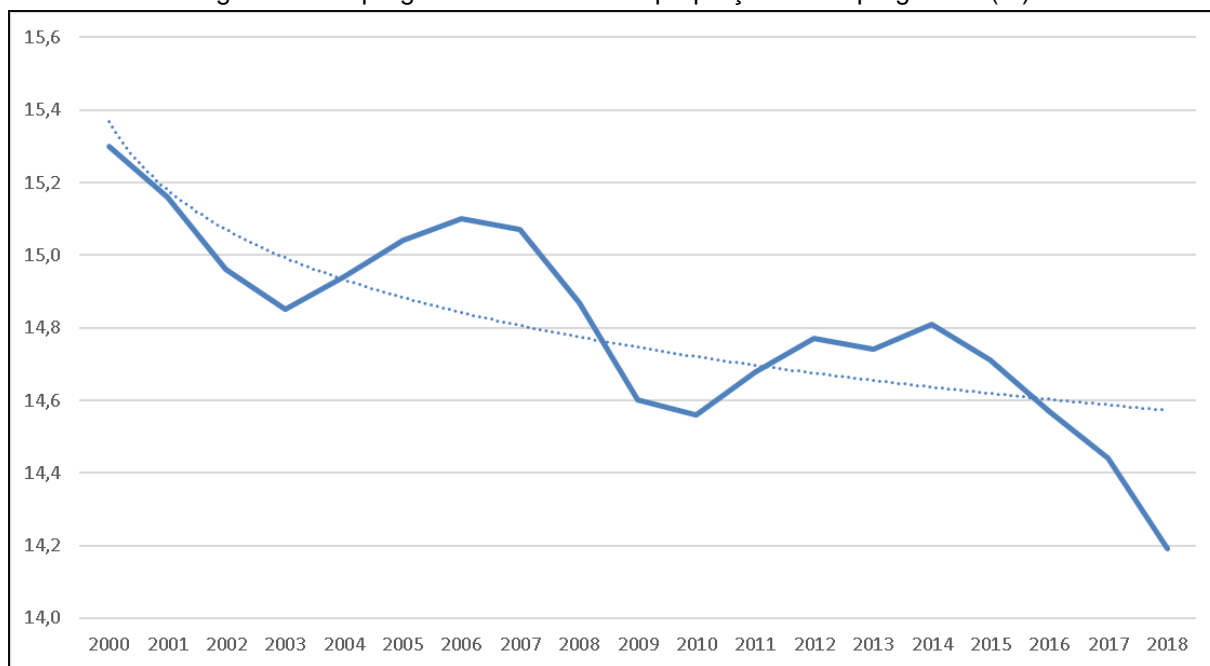
Na quarta revolução industrial, esta que vem sendo chamada de Indústria 4.0, por outro lado, se verifica uma alteração radical na forma de produzir. Já não se fala mais em ganhos de produtividade, mas, na substituição da mão de obra por equipamentos, robôs, software e comunicação. Segundo Schwab (2016) em Detroit,

centro de indústrias automobilísticas tradicionais, as três maiores empresas faturaram US\$ 250 bilhões e contavam com 1,2 milhões de empregados em 1990. Após 24 anos, em 2014, as três maiores empresas do Vale do Silício faturaram aproximadamente US\$ 247 bilhões com 137 mil empregados, algo em torno de dez vezes menos trabalhadores do que em Detroit para gerar um faturamento muito próximo àquele. Considere-se ainda que os valores de capitalização estimados destas empresas eram de US\$ 36 bilhões contra US\$ 1,09 trilhões respectivamente.

Fica claro que estamos diante de alterações bastante drásticas nas relações de trabalho que já vêm sendo anunciadas desde 1996 por Jeremy Rifkin. Nesta ocasião, Rifkin abria seu livro “O Fim dos Empregos” citando na introdução o relatório do International Labor Organization (ILO, 1994), “*The World Employment Situation, Trends and Prospects*”, que dava conta de que havia no mundo oitocentos milhões de seres humanos desempregados ou subempregados.

Hoje, 15 de janeiro de 2020, uma consulta aos dados estatísticos do ILO dá conta de que a situação, especialmente na indústria, tem piorado nos últimos dezoito anos conforme mostra a Figura 2. Note-se que a indústria vem empregando cada vez menos mão de obra e uma curva logarítmica de tendência aponta para uma queda suave, porém, persistente para os próximos anos.

Figura 2 – Emprego na indústria como proporção do emprego total (%)



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados estatísticos do ILO (2019). Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/data/>. Acesso em: 2 jan. 2020.

Outro fato que se tem verificado ao longo dos últimos anos é a precarização da mão de obra que se deve, entre outras causas, também ao efeito plataforma (SCHWAB, 2016) através do qual organizações digitais criam aplicativos operando em redes que põem em contato compradores e vendedores de uma variedade enorme de produtos e serviços auferindo rendimentos que crescem com a escala. Como consequência disso tem-se a concentração de poucas organizações digitais e uma oligopolização de um mercado que está apenas começando.

As oportunidades que se têm apresentado nos últimos 20 anos oriundas de avanços tecnológicos e seu uso sistêmico e integrado são inúmeras. Todavia, Kotler (2015) apresenta uma série de quatorze deficiências do capitalismo onde as duas primeiras estão relacionadas com a extrema pobreza e a desigualdade. Em sua lista, na decima quarta posição, Kotler defende a tese de que se deve incluir a felicidade e valores sociais na equação de mercado. Segundo Rifkin (2012) há que se criar uma narrativa econômica que conduza a sociedade para um futuro mais igualitário e sustentável.

No Brasil, o desafio será o de colocar o país no trilho da Indústria 4.0 sem perder o foco em outros problemas de fundo, tais como, a redução da extrema pobreza e extrema desigualdade conforme nos demonstram as pesquisas PNUD do IBGE.

2.1 Como tudo começou

Abordar o início da revolução industrial sem estabelecer o cenário e as causas que viabilizaram o fenômeno seria promover uma dissertação de algo que já foi exaustivamente dissertado. Ao contrário, o que se pretende aqui é descrever o fenômeno de sorte que se consiga capturar um fio condutor que nos levará aos dias de hoje.

No final da baixa Idade Média, cujo período vai de 1000 d.C. até 1453 d.C., as mudanças políticas que viabilizaram a centralização do poder nas mãos de monarcas já se faziam presentes em várias regiões da Europa, especialmente na Península Ibérica. Isso caracterizou uma saída lenta e paulatina do sistema feudal para um novo sistema de governo baseado na centralização do poder na mão destes monarcas. De forma concomitante, identifica-se a migração do poder econômico das mãos dos detentores de terras, poder feudal, para os detentores de

capital. Em uma fase inicial, ainda baseada no mercantilismo, percebe-se já no século XVI uma forte migração de populações para áreas urbanas.

A manufatura artesanal colocava o artesão em contato com todo o processo produtivo de maneira vertical, desde a compra de matérias primas até a sua comercialização (SACOMANO et al., 2018). Todavia, este estado de coisas foi construído ao longo da Idade Média, notadamente a partir do fim da baixa Idade Média entrando pelo o século XVI. Com o surgimento de filósofos como René Descartes (1596-1650) ou Francis Bacon (1561-1626) que escreveu “*O progresso do Conhecimento*” e o “*Novum Organum*” o método científico passa a ser valorizado. Bacon defende o método experimental e indutivo para aquisição de conhecimento com exatidão como se pode verificar em seu texto:

“O homem, ministro e intérprete da natureza, faz e entende tanto quanto constata, pela observação dos fatos ou pelo trabalho da mente, sobre a ordem da natureza; não sabe nem pode mais.

Nem a mão nua nem o intelecto, deixados a si mesmos, logram muito. Todos os feitos se cumprem com instrumentos e recursos auxiliares, de que dependem, em igual medida, tanto o intelecto quanto as mãos. Assim como os instrumentos mecânicos regulam e ampliam o movimento das mãos, os da mente aguçam o intelecto e o recavam.”

Bacon, Francis. *Novum Organum*

Já Descartes parte do princípio de que não há guias seguros, nem mesmo a experiência. Argumenta que só o método da argumentação pura é o que pode levar à verdade nas ciências. Seu método postula que se parta de um conjunto axiomático consistente e inequívoco para, a partir destes axiomas, e somente com base nestes, construir o raciocínio. Para Descartes a única verdade inquestionável é “penso, logo existo”, ponto de partida da “Dúvida Metódica”. Assim, só se pode aceitar aquilo que seja passivo de demonstração através de processo racional.

Isaac Newton (1642-1717), logo depois em 1686 publica a primeira edição do seu “*Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*”, ou simplesmente conhecido como “*Principia*”. Já no século XVII, em 1713 Newton publica uma segunda edição revisada contendo várias correções (BALL apud AQUINO et al., 1995). O fato é que, partindo das observações e estudos anteriores de Galileu e Kepler, Newton consegue provar matematicamente que as leis da física que são aplicáveis na Terra valem para todo o Universo decretando o final da concepção medieval de um

Universo regido pela vontade Divina e “intenções benévolas” nas palavras de Aquino et al. (1995).

No século XVII verificou-se o início do crescimento do conhecimento científico que se estendeu até o século XVIII. As ideias iluministas ganhavam forma e o capital já se encontrava fortemente concentrado nas mãos de uma burguesia emergente que enriquecia às custas do trabalho assalariado e do mercantilismo. No despertar do século XVII foram criadas as Companhia Inglesa das Índias Orientais, em 1600, a Companhia Holandesa das Índias Orientais, em 1602, e em 1609 o Bando de Amsterdã para citar apenas algumas instituições que davam suporte ao mercantilismo e à exploração do comércio, especialmente com as colônias. As ideias iluministas e a necessidade de maior participação da burguesia, sustentáculo econômico do antigo regime, nas esferas do poder e foram alguns dos aspectos mais decisivos para as revoluções do século XVIII.

Quando James Watt, em 1769, apresenta ao mundo sua primeira máquina a vapor todas as condições para que uma revolução industrial acontecesse estavam postas. Desde então, mais de mil máquinas a vapor foram fornecidas pela metalúrgica de Matthew Boulton, (1728-1809) em Soho, Birmingham, até o ano de 1800 para vários países (KAISER, 1975). A fábrica operou entre 1766 e 1848 sendo demolida em 1863.

Nos séculos XV ao XVIII, durante a Idade Moderna, se criaram as pré-condições para que se pudesse ter a revolução industrial. O que se pode dizer é que a Idade Moderna foi uma idade de transição do feudalismo para o capitalismo que culminou com a Revolução Industrial patrocinada pela burguesia e representou a consolidação do trabalho assalariado como forma de sobrevivência da maioria das pessoas (AQUINO et al., 1995).

2.2 As segunda e terceira revoluções industriais

O mesmo fenômeno já não se verifica nas segunda e terceira revoluções industriais. Com as ideias de Frederick W. Taylor há sim uma mudança profunda no pensamento administrativo nas indústrias. Já na introdução de seu *“Princípios de Administração Científica”* de 1911 Taylor defende a tese de que se pode formar um chefe contrariando a ideia vigente à época de que os chefes nasciam e, portanto, seus métodos não deveriam ser contestados.

A crença de que o aumento da produção prejudicaria a classe operária levava sindicatos a estabelecer limites para a produção dos trabalhadores, e a vadiagem, ainda segundo Taylor, era uma das principais causas da baixa produtividade. Tudo isso associado a falta de técnicas de gestão levava a produtividades baixas e consequentemente preços mais altos para os produtos. Taylor acreditava que era possível aumentar a produtividade e pagar melhores salários para os funcionários com o tratamento científico da administração.

Adicionalmente o estudo dos tempos e movimentos com medições precisas e as otimizações propostas por Gilbreth em seu *“Motion Study”* de 1911 juntamente com a linha de montagem desenvolvida por Henry Ford levam a produtividade da indústria a patamares impensáveis no final do século XVIII.

Ainda assim, não se verificaram mudanças significativas, tanto do ponto de vista político como do ponto de vista econômico ou social neste período, e por esta razão defende-se neste trabalho a ideia de que a Segunda Revolução Industrial (SRI) foi também uma mudança nos processos produtivos sem que isso afetasse sobremaneira a sociedade à época.

A Terceira Revolução Industrial (TRI), de forma análoga à SRI se mostrou igualmente superficial quando se pensa em alterações econômicas, políticas e sociais. A introdução da eletrônica, da computação e da informação, ainda que, esta última de forma tímida, no chão de fábrica com as máquinas de comando numérico tiveram impacto sobre a produtividade e em alguns casos sobre a qualidade sem, contudo, afetar de modo contundente as aludidas questões econômicas, políticas e sociais.

2.3 E agora?

O movimento que agora se testemunha no mundo não se trata de um simples aumento de produtividade ou ganho de escala nas fábricas através da introdução de uma nova técnica. O que se vê acontecer é a mudança completa no modo como a indústria está produzindo seus bens de consumo. Desde 2011, quando foi cunhada a expressão Indústria 4.0 na feira Industrial de Hannover.

Não resta dúvida que este processo vem acontecendo desde o século XVIII em sucessivas revoluções que introduzem soluções inovadoras, especialmente no que se refere à mecanização (KANG et al., 2016). Os dados de alocação de mão de

obra na indústria publicados pelo ILO nos últimos 19 anos corroboram o fato de que a modernização na indústria vem acontecendo de forma constante e consistente fazendo com que se prescindia cada vez mais da mão de obra humana.

O fenômeno do ganho de escala fez cair o preço de componentes em níveis que viabilizam a sua comercialização em larga escala. Um dos aspectos do fenômeno do IoT é viabilização econômica em larga escala de componentes que são a base do seu desenvolvimento, por exemplo, interfaces de comunicação de rede de computadores.

No Japão, o Council for Science, Technology and Innovation, CSTI e o Keidanren, Japan Business Federation, formularam em 2016 as bases para a construção da Sociedade 5.0 com foco no ser humano como base para o desenvolvimento econômico e social do país. Foram organizados planos estratégicos em nível governamental e iniciativas individuais em empresas já se fazem presentes segundo o documento relatório Keidanren de abril de 2016.

A Indústria 4.0 pode ser entendida como o resultado de avanços tecnológicos especialmente alavancados pela Internet, bem como outras tecnologias de suporte que visam integrar pessoas, objetos, máquinas inteligentes, processos e produção com o objetivo de estabelecer o que vem se chamando de fábrica inteligente (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Por outro lado, segundo Wang et al. (2016), a expressão Indústria 4.0 foi uma iniciativa proposta pelo governo alemão no contexto do *“High-Tech Strategy 2020 Action Plain”*, um plano de governo que focava na transformação de ideias em projetos inovadores, seja de produtos, seja de serviços.

Segundo Liao et al. onze países possuem políticas públicas de estímulo para a Indústria 4.0 a saber:

- **“Industrie 4.0”** - National Academy of Science and Engineering, 2013 – Alemanha;
- **“Factories of the Future”** – European Factories of the Future Research Association, 2013 – Europe;
- **“La Nouvelle France Industrielle”** – Conseil National de L’industrie, 2013 - França;
- **“Future of Manufacturing”** – Foresight, 2013 – Reino Unido;
- **“Industria Conectada 4.0”** – 2014 – Espanha;

- **“Smart Industry”** – 2014 - Países Baixos;
- **“Advanced Manufacturing Partnership”** – President’s Council of Advisor on Science and Technology, 2011-2014 - Estados Unidos;
- **“Made in China”** – 2015 - China;
- **“Eleventh Malaysia Plan”** – Economic Planning Unit, 2015 - Malásia;
- **“Piano Nazionale Industria 4.0”** – 2016 – Itália.
- **“Smart Industry”** – 2016 – Suécia;

Segundo Kang et al. (2016), Alemanha, Estados Unidos e China orientam estrategicamente a manufatura inteligente colocando estes países em posição de destaque quando se trata do tema. Ainda, os países acima listados estão em ordem cronológica, o que dá a dimensão da importância que vem sendo dada em cada um deles, bem como o grau de maturidade em que se encontram quando o assunto é Indústria 4.0.

2.4 No Brasil

Segundo matéria publicada na revista Carta Capital, ano XXV número 1085, em 18 de dezembro de 2019, “O Brasil vai de Carroça”, um estudo do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial aponta que a dificuldade de implantação da Indústria 4.0 no Brasil se deve ao desmantelamento da indústria microeletrônica na ocasião em que ocorreu a TRI. As empresas que possuem algum dispositivo 4.0, os Cyber Physical System (CPS), diminuíram de 30% para 23% das empresas pesquisadas. A parcela de entrevistados que acreditam que a Indústria 4.0 pode trazer ganhos significativos para a empresa reduziu de 35% para 22% e apenas 3% se sentem preparados para o desafio. Em que pese o fato de que a aludida pesquisa captura além de dados quantitativos, tais como, a quantidade de CPS instalados, a informação de que apenas 3% dos entrevistados se sentem preparados para o desafio é uma medida de percepção. Acreditar ou não em ganhos significativos para o negócio com a automação, parece ser contrassensual, porém, reflete um estado de espírito que não privilegia o investimento em automação e tecnologia de ponta.

A empresa McKinsey & Company, por sua vez, promoveu uma pesquisa divulgada através de seu site na internet dando conta do nível de maturidade das

empresas brasileiras no que concerne a “Transformação Digital” ali definida como a utilização de tecnologias de informação para alavancar (i) Modelos de Negócio; (ii) Conectividade; (iii) Processos e (iv) Analytics, este último significando o uso de técnicas de estatística e tratamento de alto volume de dados para garimpar e descobrir conhecimento e obter insights de informações de valor oculto. Para isso são utilizados ferramentas, técnicas, processos e algoritmos de software, especificamente desenvolvidos para este fim (NONGXA, 2017).

Ainda segundo a pesquisa da McKinsey & Company estes pilares da Transformação Digital devem estar associados a um conjunto de Melhores Práticas, a saber: Estratégia, Capacidades, Organização e Cultura, cada um dos quais abertos em itens que foram avaliados pela empresa através do tratamento de questionários por um software proprietário.

É digno de nota o resultado obtido que aponta um baixo nível de maturidade, nível esse abaixo da média calculada, nas verticais Indústria de Base e Indústria Avançada e a correlação estabelecida entre a Nível de Maturidade em Transformação Digital e o resultado das empresas avaliadas medido através do EBITDA de cada uma delas.

A matéria da Carta Capital cotejada com o estudo da McKinsey & Company aponta para um fato que já foi amplamente debatido e tem no artigo de Nicholas Carr, “TI Não Importa” de 2003, o seu maior expoente. Tecnologias emergentes que se apresentam como diferencial competitivo acabam se transformando em Risco na medida em que se vai difundindo a adoção destas tecnologias (CARR, 2003).

Nesse sentido pode-se afirmar que no Brasil existe um vasto terreno para o desenvolvimento da Transformação Digital, Indústria 4.0, e Sociedade 5.0, tanto na área da pesquisa científica como nos setores industriais e de serviços. O tempo urge e o país está a ponto de perder a oportunidade de se destacar.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Teoria Geral dos Sistemas

Entre 1924 e 1937 Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) dedicou-se ao desenvolvimento da sua Teoria Geral dos Sistemas, todavia, somente em 1951 o livro *General System Theory* foi publicado. Bertalanffy era um biólogo austríaco e desenvolveu seu trabalho nos Estados Unidos. A Teoria Geral dos Sistemas pode ser aplicada em qualquer área e a ideia da interdisciplinaridade cria condições para que se possa conectar descobertas encontrando pontos em comum em cada uma das áreas envolvidas.

A Teoria Geral dos Sistemas pode ser considerada uma teoria totalizante, na medida em que viabiliza organizar as interdependências das partes entendendo cada uma de delas para posteriormente apresentar a visão holística do objeto em estudo. Uma definição para um sistema pode ser dada por: “um conjunto estruturado ou ordenado de partes ou elementos que se mantêm em interação, ou seja, em ação recíproca, na busca da consecução de um ou de vários objetivos” (BATISTA, 2013). A ideia de propósito e globalismo estão bem caracterizadas nesta definição deixando claro que a interação entre as partes faz com que não se possa pensar do modo segmentado como propunha Rene Descartes em seu Discurso sobre o Método de 1637.

Pode-se afirmar ainda que as partes de um sistema gozam das mesmas propriedades de um sistema consubstanciando assim o conceito de subsistema. Em outras palavras um subsistema é uma parte de um sistema maior. Os sistemas são classificados em sistemas abertos e sistemas fechados. Os sistemas fechados são aqueles cujas partes não interagem com o meio externo enquanto os sistemas abertos são aqueles onde existe pelo menos uma interação com o meio externo de pelo menos uma de suas partes.

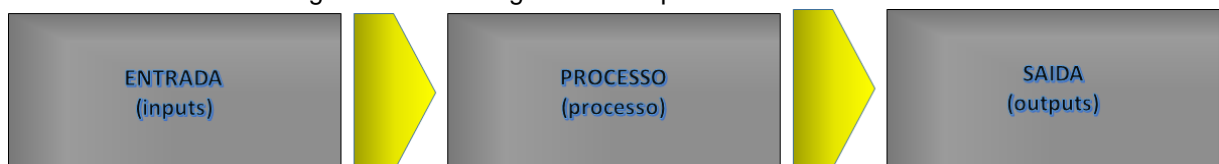
Ainda segundo Batista (2013), um modelo é uma representação de alguma parte da realidade que se deseje estudar ou entender. A necessidade de modelar advém de três motivos a saber:

- Por razões éticas, morais ou legais não é permitida a manipulação de pessoas, animais ou organizações;

- As consequências dos erros crescem em função das incertezas a ponto de se tornarem intoleráveis;
- A própria viabilidade da construção de modelos aumentou extraordinariamente em função dos avanços tecnológicos recentes.

Existem basicamente dois tipos de modelos. Os isomorfos, ou seja, aqueles que são idênticos (em forma) ao objeto modelado e os homeomorfos que são aqueles que guardam proporcionalidade em relação ao objeto modelado. Construído o modelo pode-se entender suas entradas e saídas, ou seja, o que o sistema recebe como insumos e o que ele entrega como resultado de seu processamento. A figura abaixo exemplifica o esquema de um sistema.

Figura 3 – Modelo genérico simplificado de um sistema



Fonte: Adaptado pelo autor de Batista, E. Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento, 2ª ed., São Paulo, Saraiva (2013).

O modelo da figura acima pode representar tanto um sistema como um subsistema menor contido em outro sistema maior, na acepção da teoria dos conjuntos onde todos os elementos do subsistema pertencem ao sistema maior.

3.2 Cibernética

Cibernético, ciberespaço, ciborgue, matrix, cibercultura, literatura ciberpunk, todos estes termos e expressões podem parecer em uma primeira análise um conjunto de palavras pertencentes exclusivamente ao universo da ficção científica onde narrativas distópicas já permearam diversos romances na literatura mundial. Pode-se citar entre eles *Admirável Mundo Novo* de Aldous Leonard Huxley, publicado em 1931, ou *Fundação* de Isaac Asimov, inicialmente oito histórias publicadas na revista “*Astounding Magazine*” entre maio de 1942 e janeiro de 1950. Bruce Sterling, escritor do gênero ciberpunk, credits a William Gibson a criação do termo ciberespaço, mencionado pela primeira vez em seu romance *Burning Chrome*

de 1982. Tanto o termo ciberespaço como o termo matrix são novamente mencionados em seu mais famoso romance *Neuromancer* de 1984.

A palavra cibernética foi introduzida pelo matemático Norbert Wiener (1894-1964) em 1948 quando da publicação de seu livro *Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. O termo deriva do grego “*kubernetes*” cuja tradução livre para o português poderia ser timoneiro ou aquele que corrige a rota do navio em função de variáveis externas, tais como, o vento ou as correntes marítimas.

A tese de Wiener e de seus principais colaboradores, o fisiologista Arturo Rosenblueth e o engenheiro Julian Bigelow, bem como os antropólogos Gregory Bateson e Margaret Mead, é a de que algumas funções de controle e de processamento de informações em máquinas e seres vivos são equivalentes e podem ser descritas pelos mesmos modelos e leis matemáticas. Grosso modo pode-se dizer que cibernética é a ciência da comunicação e do controle (BATISTA, 2013). Tanto seres vivos como máquinas são ajustados a partir de informações colhidas na saída de seus processos internos fazendo com que haja convergência para resultados cada vez mais próximos do ideal. Por outro lado, uma divergência neste processo pode significar uma anomalia que deve ser sanada.

Segundo Batista (2013), a cibernética aplicada nas empresas tem as seguintes características: (i) são excessivamente complexas; (ii) são probabilísticas e devem ser estudadas por meio da estatística e (iii) são autorreguladas, focadas na realimentação (*feedback*) e na resolução automática de problemas.

É importante mencionar que sistemas baseados em feedback já eram amplamente utilizados na engenharia e estes fortemente apoiados em sensores que transmitiam e realimentavam as máquinas com informações para que estas se auto ajustem aos padrões de funcionamento pré-programados. O próprio Wiener esteve envolvido com o projeto de sistemas balísticos voltados para artilharia antiaérea durante a Segunda Guerra Mundial. Neste caso a “previsão do futuro” por meio de cálculos de posição das aeronaves permitiriam aos sistemas de artilharia prever onde estas estariam para serem alvejadas (KIM, 2004). A figura a seguir exemplifica um sistema cibernético com *feedback*.

Figura 4 – Modelo simplificado de um sistema cibernético com realimentação



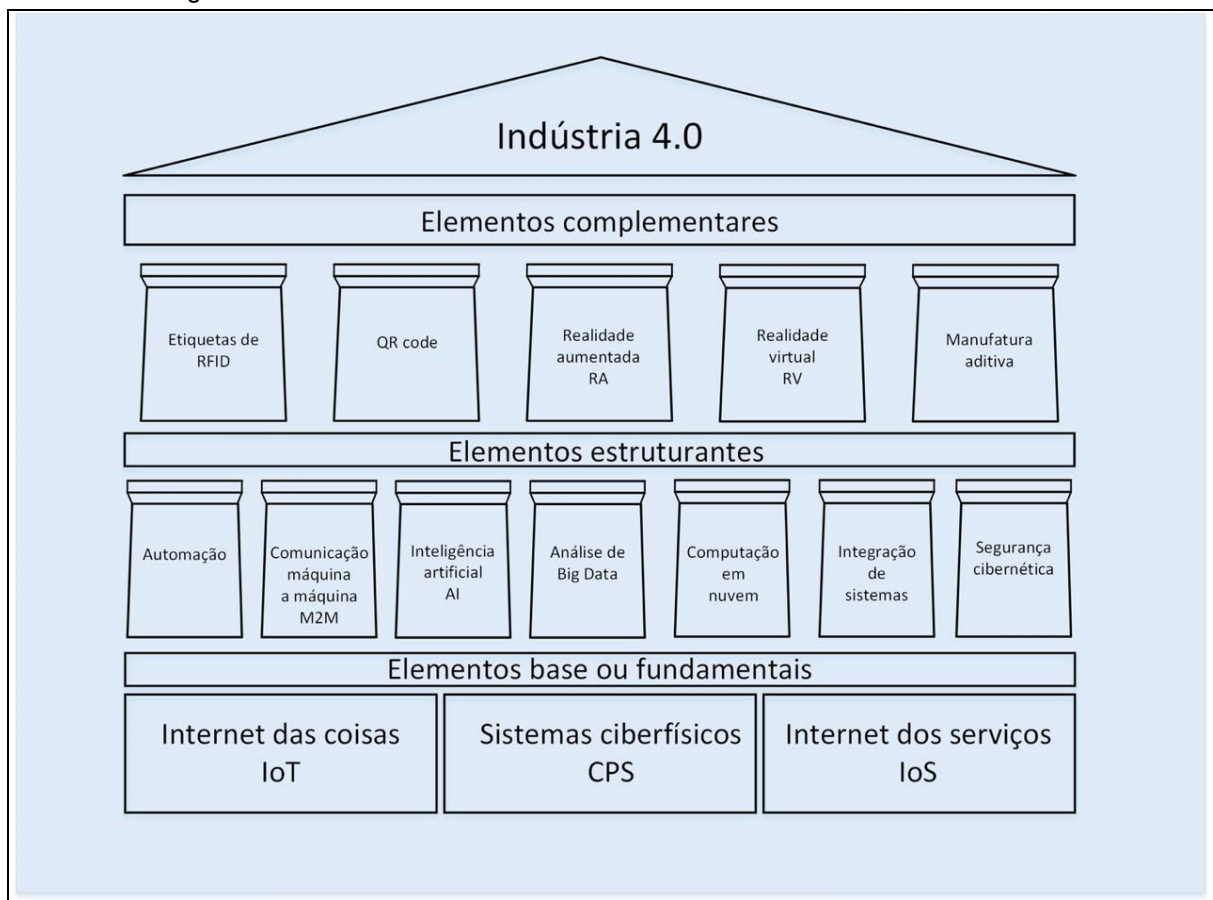
Fonte: Adaptado pelo autor de Batista, E. Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento, 2ª ed., São Paulo, Saraiva (2013).

A cibernética é uma área bastante abrangente. Desperta o interesse desde as engenharias até as ciências sociais. Por uma de suas bases estar fundada em comunicação, Wiener acreditava que poderia ser mais abrangente do que as teorias de comunicações existentes à época abarcando tanto as ciências sociais como os aspectos mais técnicos da comunicação. O fato é que hoje se pensa em CPS (Cyber Physical Systems) e ciberespaços de forma automática, sem que se entenda exatamente do que se está falando quando se utilizam estes termos. O senso comum atribui ao ciberespaço a significação do lugar das coisas virtuais em contraposição às coisas reais. Todavia, o ciberespaço é o lugar onde as coisas estão ocorrendo, tais como comércio, comunicação, relacionamentos ou mesmo, crimes de toda sorte. Tudo isso pelo seu caráter fenomenológico dá concretude para o ciberespaço afastando completamente a ideia de algo virtual. A cibernética ajuda a organizar os conceitos, tanto da Indústria 4.0 como da Sociedade 5.0 justamente por ter nas suas bases o principal insumo para estas revoluções: comunicação e controle.

4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA INDÚSTRIA 4.0

Adotar-se-á o modelo proposto por Sacomano et al. (2018), onde se organizam de modo gráfico os insumos necessários para a Indústria 4.0. Serão abordados aqui os elementos fundamentais e os elementos estruturantes à luz dos conceitos abordados no Referencial Teórico.

Figura 5 – Elementos formadores da Indústria 4.0. A “casa” da Indústria 4.0



Fonte: Sacomano et al. Industria 4.0 – Conceitos Fundamentais. São Paulo: Ed. Blucher (2018).

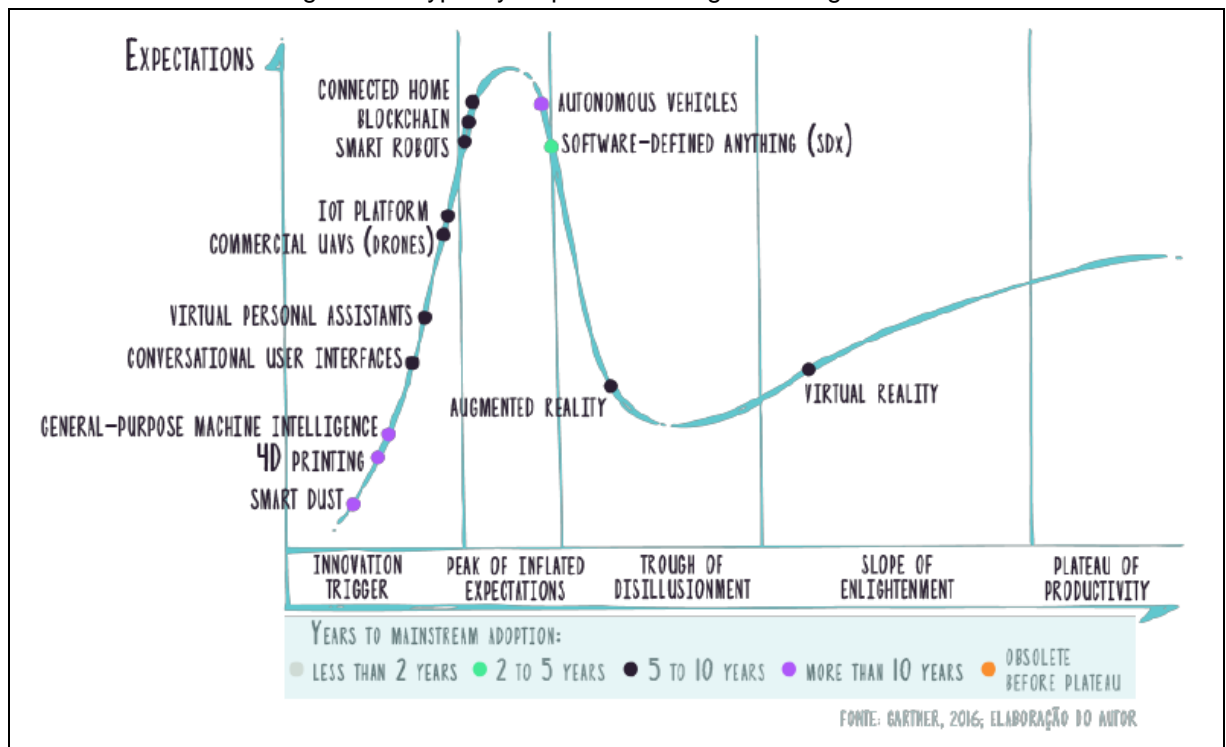
Todavia, sempre que for necessário, serão introduzidos elementos novos com o objetivo de enriquecer o modelo, uma vez que trata-se de conceito ainda não pacificado na comunidade acadêmica conforme já foi dito.

4.1 IoT – Internet das Coisas

Tomando o Hype Cycle (GARTNER, 2016 apud MEIRA, 2017), já mencionado anteriormente, agora com tecnologias especialmente ligadas com a

Indústria 4.0 verifica-se que em 2016 IoT ainda se encontrava em fase de gatilho de inovação próximo do pico de euforia (*Peak of Inflated Expectations*) com uma previsão de cinco a dez anos para entrar em platô de produtividade ou adoção generalizada.

Figura 6 – Hype Cycle para Tecnologias Emergentes



Fonte: Gartner Group (2016 apud Meira, 2017).

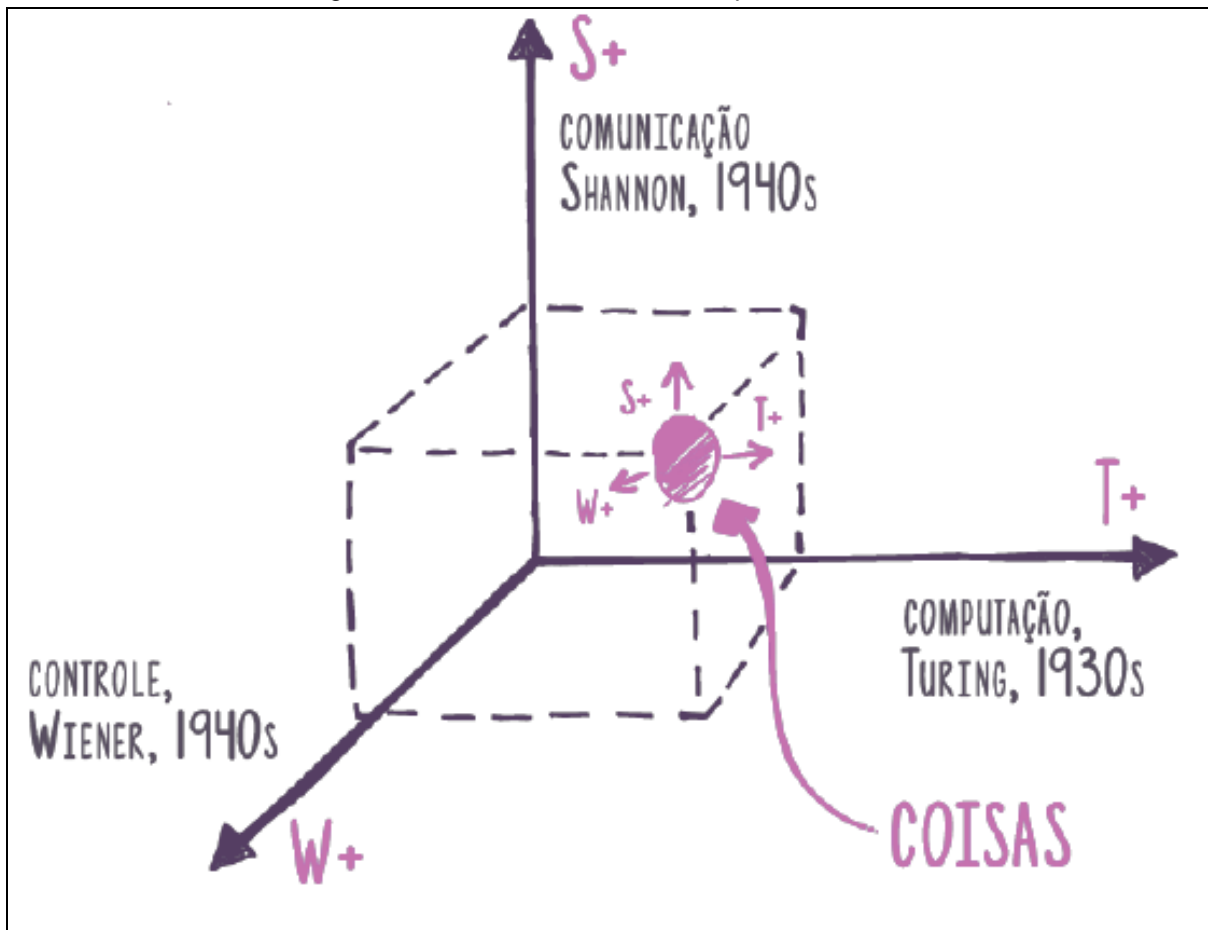
Conectar as coisas é tarefa que vem sendo realizada desde os primórdios da PRI conforme já foi mencionado anteriormente. O telégrafo é o exemplo mais emblemático deste fato. Por outro lado, Internet das coisas vai muito além de ligar lâmpadas pelo celular. Tornar as “coisas” inteligentes é realmente o desafio do IoT (OLIVEIRA, 2017). Entende-se por “coisa” dispositivos que têm a capacidade de computar, comunicar e controlar (MEIRA, 2017) em alguma medida.

Tomando-se em consideração o gráfico abaixo, dispositivo que está no plano ToS não passa de um computador ligado em rede. Já um dispositivo no plano WoS, ou seja, sem capacidades computacionais, são sistemas de telemetria. E, finalmente, sistemas no plano WoT, sem capacidade de comunicação, são sistemas de controle digitais (MEIRA, 2017).

O termo foi cunhado pelo empresário britânico Kevin Ashton em 1999 quando da fundação de sua startup. O conceito vem sendo estudado desde então e suscita

previsões otimistas de ganhos na economia de energia elétrica, melhoria na eficiência do trabalho entre outros (SACOMANO et al., 2018).

Figura 7 – Nível de aderência do dispositivo ao IoT



Fonte: Meira, S. Sinais do Futuro Imediato (2017). Disponível em: <http://www.muchmore.digital/2017/04/25/sinais-do-futuro-imediato/>. Acesso em: 19 jan. 2020.

Nota-se claramente a utilização de conceitos cibernéticos para definir a “coisa” na acepção da Internet das Coisas quando Meira se socorre de Wiener para estabelecer um eixo de controle. Entende-se “controle” aqui pela capacidade da “coisa” embarcar sensores ou atuadores. Não havendo sensores ou atuadores estamos falando de um computador convencional ligado em rede.

Na medida em que a IoT tem a capacidade inerente de gerar grandes volumes de dados, está intimamente ligada ao conceito de Big Data que será abordado a seguir. Uma preocupação que deverá nortear as empresas e o meio acadêmico está justamente relacionada com o tratamento de dados pessoais em larga escala. Segundo Magrani (2018), o crescimento de IoT não poderá comprometer nem a segurança nem a privacidade das pessoas.

4.2 Big Data

Não se pode falar de qualquer forma de abordar dados, sejam eles do tamanho que forem sem se mencionar Edgar F. Codd (1923-2003). Em 1969 Codd apresentou um artigo que circulou internamente na IBM chamado *“Derivability, Redundancy, and Consistency of Relations Stored in Large Data Banks”*. Neste trabalho de 1969 Codd lança as bases teóricas para a criação de um modelo de banco de dados relacional baseado nos conceitos matemáticos da álgebra das relações. Em 1970 Codd publica na ACM - Association for Computing Machinery um novo artigo, desta vez mais elaborado e reconhecido para além dos domínios da IBM.

Apesar da IBM relutar em investir nas ideias de Codd por conta dos excelentes resultados do seu banco de dados hierárquico, o IMS/DB (Information Management System), foi só nos anos 1980 que o DB2 foi lançado no mercado. Modelos anteriores de banco de dados eram o hierárquico e o modelo em redes. Antes disso, nos primórdios, os dados eram armazenados direto em meios de armazenamento de massa, a saber fitas e posteriormente discos rígidos e toda a manipulação, inclusão, exclusão, consulta e manutenção da integridade de todos os dados estava a cargo dos programadores que implementavam estas funcionalidades direto em seus programas.

O modelo relacional de banco de dados foi sucedido por uma outra proposta de modelo, a do banco de dados orientado a objetos e ainda, mais recentemente o modelo objeto-relacional. De todos estes modelos ainda persiste o modelo relacional nas corporações que necessitam manter seus sistemas transacionais de gestão, os ERP (Enterprise Resource Planning). O modelo objeto-relacional tem se prestado a administração de dados mais complexos tais como informações vindas de sistemas como GED (Gestão Eletrônica de Documentos) ou geoprocessamento. Porém, o desafio hoje é administrar um volume de dados antes inimaginável. Onde havia humanos fazendo a entrada de dados através da digitação de informações, seja em cartões perfurados em grandes centros de digitação no passado, seja através de terminais ligados on-line em computadores de grande porte e obtendo resultados em tempo real, seja através da digitação descentralizada realizada pelos usuários proporcionada pelo advento dos microcomputadores, hoje há a proliferação de sensores e atuadores capturando toda sorte de dados e armazenando-os para uso

posterior ou executando ações das mais variadas através dos aludidos atuadores, configurando assim, um verdadeiro sistema com características fortemente cibernéticas conforme já mencionado anteriormente.

Considerando que a demanda agora é tratar um grande volume de dados, estruturados ou não através de um SGBD (sistema gerenciador de banco de dados), a resposta vem em 2003 com o artigo *The Google File System* de Sanjay Ghemawat, Howard Gobioff, e Shun-Tak Leung. Neste artigo são lançadas as ideias básicas para a construção de um banco de dados não estruturado. Sempre com o objetivo de tratar um grande volume de dados nem sempre estruturados e organizados com seus respectivos dicionários de dados e seus significados bem claros e definidos.

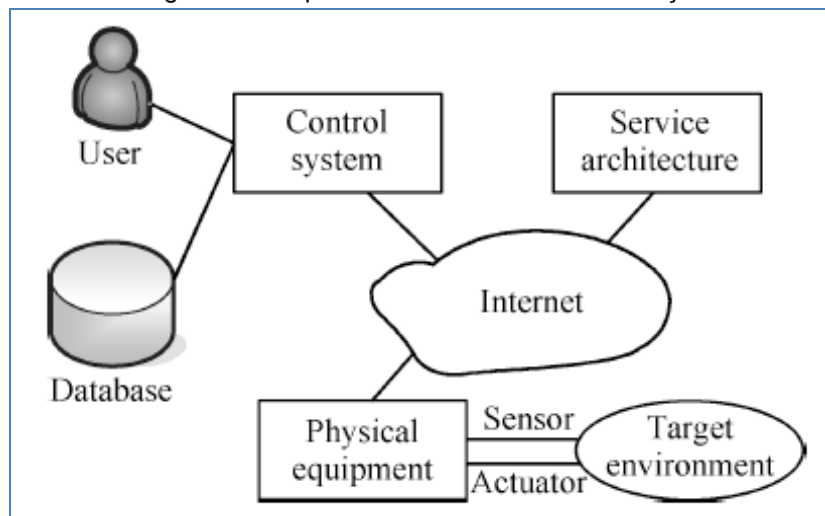
Outra abordagem que vem a reboque desta demanda é o tratamento estatístico destes dados, agora viabilizado pelo aumento da capacidade computacional e pelo aumento da capacidade de armazenamento. A este tratamento estatístico com o objetivo de obtenção de *insights* tem sido dado o nome de *Data Mining*. Com efeito, as estruturas de *Big Data* e *Data Warehouse*, em uma tradução livre do inglês, podem ser chamadas de Armazéns de Dados para Grandes Volumes de Dados.

Portanto, fica claro que não faz sentido se falar em Big Data (o fenômeno) sem se falar do Data Warehouse (a infraestrutura) ou do Data Mining (o método). Os algoritmos são as ferramentas estatísticas de Data Mining utilizadas para “garimpar” e obter os insights úteis para os negócios. Todos esses conceitos unidos têm sido chamados de Business Intelligence (BI).

4.3 Cyberphysical Systems (CPS)

Os sistemas ciber-físicos podem ser entendidos como a junção dos conceitos da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1951 apud BATISTA, 2013) e dos conceitos da Teoria Cibernética (WIENER, 1948 apud BATISTA, 2013) como o objetivo de controlar entidades físicas ou de prestar algum tipo de serviço. Pode ser entendido de modo visual através da figura a seguir.

Figura 8 – Arquitetura CPS orientada a serviços



Fonte: Liu, Y. et al. Review on cyber-physical systems. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, v. 4, n. 1, p. 27–40, 2017.

A internet funciona como meio de comunicação. O sistema como um todo é formado por um conjunto de partes com o objetivo de monitorar e atuar no ambiente alvo. O equipamento físico é dotado de dispositivos IoT com as características já mencionadas de processamento, comunicação e controle. Este sistema é cibernético pois é autorregulado e fortemente baseado em comunicação e controle. Assim, um sistema ciberfísico é o resultado da integração de sistemas heterogêneos distribuídos que promove a interação com sistemas de informação e sistemas físicos. Estes sistemas operando em conjunto devem lidar com questões como tempo sincronização e localização espacial dos aludidos componentes (LIU et al., 2017).

4.4 Inteligência Artificial

Até agora identificou-se questões relacionadas com a captura, armazenamento e processamento de dados transformando-os em informação e em conhecimento através de métodos estatísticos ou determinísticos dependendo das várias situações. Não se abordou ainda a questão da computabilidade de um problema, ou seja, dado um problema, a capacidade de uma máquina executar um determinado algoritmo com finitude e exatidão. Existirão problemas para os quais os algoritmos matematicamente corretos não chegarão ao final devido a incapacidade computacional das máquinas disponíveis em um dado momento. Pode-se afirmar

que haverá sempre um problema cujas máquinas disponíveis, por mais que se pense em computação quântica, não conseguirão processar todas as alternativas e chegar a termo. Em outras situações o algoritmo pode não existir.

Portanto, sendo $P(D, R, q)$ um problema onde D é o conjunto diferente de vazio de dados, R é o conjunto não vazio dos resultados e q uma relação binária que associa cada elemento de D a um elemento de R , resolver este problema é encontrar a relação binária q que seja uma solução satisfatória para P . A Inteligência Artificial (IA) preocupa-se com a solução de problemas baseados em conhecimento, especialmente quando estes têm características complexas de computabilidade.

Existem três classificações para o estudo da IA, a saber: a Inteligência Artificial Simbólica (IAS) cuja hipótese reside no fato de que um sistema de símbolos é capaz de manifestar um comportamento inteligente; a Inteligência Artificial Conexionista (IAC) que sustenta que modelos computacionais suficientemente semelhantes ao funcionamento do cérebro humano apresentam comportamentos inteligentes; e a Inteligência Artificial Evolucionária (IAE) a solução de problemas se dá através de mecanismos evolucionários semelhantes aos da biologia.

Outra abordagem da IA são os Sistemas Multiagentes (SMA). Um agente pode ser definido como um subsistema, uma entidade computacional autônoma que pode tomar suas próprias decisões. SMA são estratégias para a implementação de IA distribuída ou IAD (WOOLDRIDGE, 2002).

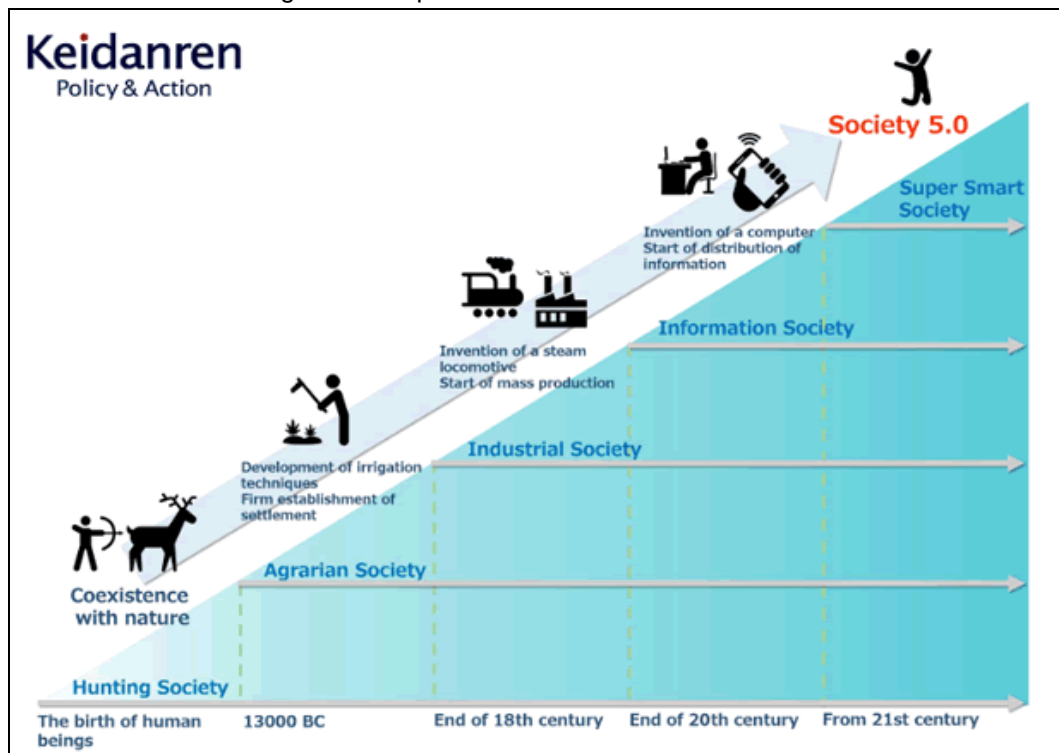
5 SOCIEDADE 5.0

Todo o arcabouço tecnológico abordado até o momento descreve métodos e técnicas para se produzir uma quantidade maior em uma unidade de tempo menor, com menos ou nenhuma mão de obra, de modo personalizado para citar alguns dos benefícios destes avanços. Cumpre questionar: para quê? Para quem? A quem servem todos estes avanços? Em 22 de janeiro de 2016 o CSTI, Council for Science, Technology and Innovation, Conselho de Ciência, Tecnologia e Inovação em uma tradução livre do autor, lança o *“The 5th Science and Technology Basic Plan”* (GOVERNMENT OF JAPAN, 2016a). Pela primeira vez a expressão é cunhada em um documento do governo japonês, embora se possa identificar claramente alguma orientação em documento do mesmo órgão de 2014 (GOVERNMENT OF JAPAN, 2014). A Japan Business Federation, conhecida como Keidanren, elaborou um plano em abril de 2016 que chamou de *“Toward realization of the new economy and Society”* com subtítulo *“Reform of economy and Society by the deepening of Society 5.0”* (KEIDANREN, 2016) corroborando o plano elaborado pelo CSTI.

O que se tem em mente é o fato de que as melhorias propostas pelo novo modelo de manufatura e prestação de serviços devem ter foco na pessoa. Alinhado com autores da envergadura de Philip Kotler que defendem uma revisão do capitalismo para que possa incluir valores sociais e a felicidade na equação de mercado (KOTLER, 2015), CSTI e Keidanren se adiantam e se preparam para a Sociedade 5.0, onde a maior parte das pessoas serão idosas e terão necessidades específicas da senioridade.

A Sociedade 5.0 pode ser descrita como um modelo de organização social onde as tecnologias abordadas neste trabalho são usadas com foco nas necessidades humanas. No trabalho do Keidanren (KEIDANREN, 2016) está descrita a evolução da sociedade com o desenho a seguir.

Figura 9 – Aspecto evolucionário da Sociedade



Fonte: Keidanren. Japan Business Federation. Toward realization of the new economy and society, 19 abr. 2016. Disponível em: <https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029_outline.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

A Sociedade 5.0 vem sendo apresentada como uma consequência da Indústria 4.0 com a característica inovadora de centralidade no ser humano. Trabalhar menos parece ser uma condição imposta pelo novo modelo de manufatura que emprega cada vez menos mão de obra. Todavia, segundo dados levantados pelo ILO entre 2.000 e 2.018 apesar da redução de empregos na indústria como já foi demonstrado, o emprego cresceu no mundo. A questão que se coloca é, para onde estão indo estas pessoas? O efeito plataforma, onde se conecta diretamente consumidores a prestadores de serviços, tais como UBER e iFood, tem precarizado a mão de obra e agravado a concentração de renda (SCHWAB, 2016). Não se pode afirmar que exista uma relação de causa e efeito entre estes fenômenos, porém, a informação levanta a questão para países subdesenvolvidos como o Brasil onde 13 milhões de pessoas vivem abaixo da linha de pobreza segundo dados do IBGE (IBGE, 2019). Como administrar as inevitáveis novidades trazidas pelas novas tecnologias garantindo uma economia que seja mais sustentável e igualitária como forma de sobrevivência do próprio modelo econômico vigente (KOTLER, 2015).

A sociedade 5.0 pode ser a solução para países desenvolvidos, tais como o Japão onde surgiu a ideia, porém, para os subdesenvolvidos, com altíssima concentração de renda e pobreza extrema disseminada parece ser ainda um grande desafio que padece de políticas públicas equilibradas.

5.1 Origens do Conceito

A expressão “Sociedade 5.0” foi cunhada em 2016 no “Quinto Plano Básico de Ciência e Tecnologia” elaborado pelo CSTI como já foi mencionado. O objetivo deste plano, de iniciativa do governo japonês, era promover ciência e tecnologia no Japão consoante às leis básicas correlacionadas com este tema para os próximos cinco anos com uma visão de futuro de dez anos de alcance. Neste sentido o plano foi feito à época para abranger o período de 2016 a 2020.

O aludido plano contém sete capítulos, a saber, 1-Basic Concepts, 2-Acting to Create New Value for the Development of Future Industry and Social Transformation; 3-Addressing Economic and Social Challenges, 4-Reinforcing the “Fundamentals” for STI, 5-Establishing a Systemic Virtuous Cycle of Human Resources, Knowledge and Capital for Innovation, 6-Deepening the Relationship between STI and Society, 7-Enhancing Capacity to Promote STI.

No primeiro capítulo é feita uma rápida descrição situacional identificando pontos fortes e pontos fracos especialmente relacionados à pesquisa científica no país. São apresentadas as linhas gerais do que virá a ser o plano e basicamente define o que se pode chamar de foco estratégico. É neste capítulo que se estabelece que haverá metas e medição de resultados. É também no primeiro capítulo que se enumera os quatro pilares fundamentais do plano. São eles, (I) promover ações para criar novo valor para o desenvolvimento da futura indústria e transformação social; (II) responder aos desafios econômicos e sociais; (III) reforçar os “fundamentos” da Inovação Científica e Tecnológica; e (IV) estabelecer um ciclo virtuoso sistêmico de recursos humanos, conhecimento e capital para inovação.

O capítulo dois, especialmente, *“Atuando para criar novo valor para o desenvolvimento futuro da indústria e da transformação social”*, em uma tradução livre do autor, visa fomentar mudanças que permitam que o Japão permaneça em posição de liderança face as drásticas alterações que vêm ocorrendo no mundo. Para isso, o plano foi focar em pesquisa e desenvolvimento como forma de

alavancar inovações disruptivas e impulsionar esforços para a criação de mecanismos que pudessem viabilizar a primeira "sociedade superinteligente" do mundo, sociedade esta, que “cria novos valores e serviços de forma rápida e encadeada”. É justamente nesta parte do documento que surge pela primeira vez a expressão “Sociedade 5.0” como forma abreviada para o conceito de "sociedade superinteligente" (GOVERNMENT OF JAPAN, 2016a).

Percebe-se em todo o documento algumas preocupações centrais. A primeira está relacionada com o reconhecimento por parte de quem o elabora da necessidade de envolvimento de várias áreas da sociedade, em especial, governo, academia, indústria e cidadãos de um modo geral. A preocupação com a necessidade de articulação destes setores perpassa todo o documento. Como exemplo, pode-se citar o que está consignado no terceiro ponto que abre o esboço do documento antes mesmos que sejam descritos os capítulos e seus subitens. Outro exemplo desta preocupação está no primeiro capítulo em seu subitem quatro. Dentre as questões levantadas como importantes para a promoção do plano está o aprofundamento da relação entre inovação em ciência, tecnologia e a sociedade. A segunda preocupação está relacionada com o fomento na área de pesquisa e desenvolvimento como forma de exercer e manter liderança na esfera mundial. No capítulo um, subitem dois, “*Conquistas e desafios em 20 anos de planos básicos de ciência e tecnologia*”, tradução do autor, avalia-se que o Japão está em declínio no que concerne o investimento em pesquisa e desenvolvimento na ocasião de sua elaboração. Esta avaliação é feita através de uma métrica de porcentagem de citações e artigos publicados no país no período de 2006 a 2013. Uma terceira preocupação está consignada no segundo dos quatro pilares estabelecidos para o plano ainda no capítulo um já mencionado acima. A preocupação de responder aos desafios econômicos e sociais e a centralidade no ser humano fica bastante clara com a inserção, não só deste item nos pilares fundamentais do plano, como também no capítulo três inteiramente dedicado a esta questão. Portanto, qualidade de vida é uma questão central deste plano quinquenal. Crescimento sustentável e cooperação global também são questões mencionadas como metas para o plano japonês de ciência e tecnologia e se apresentam como preocupações centrais.

É importante mencionar que em se tratando do quinto plano quinquenal de ciência e tecnologia, por óbvio o país já vem formulando, executando e acompanhando resultados de planos semelhantes há vinte anos. Com efeito, este

fato dá aos japoneses uma vantagem considerável em relação a outros países cujo pensamento estratégico de longo prazo não faz parte da cultura governamental. Portanto, a ideia de se apontar esforços para o futuro na construção de uma sociedade superinteligente não parece ser um fenômeno fortuito ou uma ideia que surgiu de um esforço concentrado para se montar mais um esboço de plano quinquenal. Segundo Arsovski iniciativas focadas na qualidade de vida, tais como, cidades inteligentes já vêm sendo tomadas desde 2012 na esfera governamental (ARSOVSKI, 2019). Mais uma evidência deste fato está descrita em Hirotaka e Kazushi (2012) em trabalho elaborado dentro dos laboratórios da Fujitsu. Os autores defendem a necessidade de se construir uma “*Sociedade Inteligente*”, resiliente e sustentável que seja capaz de responder aos desafios que se apresentarão no futuro. Entre estes desafios são citadas as mudanças estruturais na economia, o envelhecimento da população e o crescimento vegetativo negativo.

Sendo assim, pode-se afirmar com boa margem de certeza que a Sociedade 5.0 é o resultado de preocupações que vêm ocupando governo, pesquisadores e indústrias japonesas bem antes de 2016. Reorientar os benefícios dos avanços tecnológicos para o bem-estar do cidadão parece ser uma estratégia mais antiga que a partir de 2016 ganha uma marca.

5.2 Pilares da Sociedade 5.0

As áreas nas quais se pretende atuar com tecnologia para a melhoria da vida das pessoas são enumeradas a seguir: saúde, mobilidade, infraestrutura e a área financeira, geralmente conhecidas pelo acrônimo anglicista FINTECHS, ou financial technology (KEIDANREN, 2016). Por outro lado, no quinto plano básico de inovação em ciência e tecnologia, página 14, item 2, é apresentada a plataforma de serviços que norteará os esforços para realizar a sociedade 5.0. São eles:

- Otimização da cadeia de valor de energia,
- Construção de uma plataforma global de informações ambientais,
- Manutenção e atualização de uma infraestrutura eficiente e eficaz,
- Construção de uma sociedade resiliente contra desastres naturais,
- Sistemas de transporte inteligentes,
- Novos sistemas de fabricação,

- Sistemas de desenvolvimento de materiais integrados
- Promoção de sistemas integrados de atendimento comunitário,
- Sistemas de hospitalidade,
- Sistemas inteligentes de cadeia alimentar,
- Sistemas inteligentes de produção.

Enquanto Keidanren apresenta apenas quatro frentes aglutinadoras dos esforços para a realização da sociedade 5.0 o CSTI desce um nível de detalhe a mais. De toda sorte, pode-se enquadrar cada uma das onze frentes do CSTI nos quatro grandes grupos estabelecidos pelo Keidanren. Importante observar que no esboço do quinto plano existe uma décima segunda área: novos negócios e serviços que redundam com praticamente todas as outras onze frentes. Existem sim outras redundâncias nas frentes propostas pelo CSTI, como por exemplo novos sistemas de fabricação, sistemas inteligentes de produção e sistemas de desenvolvimento de materiais integrados que podem ser reconhecidos como disciplinas semelhantes, mas não iguais, da grande área de engenharia de produção. Ora, dependendo do grau de inteligência embarcada, um sistema de produção pode ou não ser novo. Daí a redundância (GOVERNMENT OF JAPAN, 2016a; GOVERNMENT OF JAPAN, 2016b).

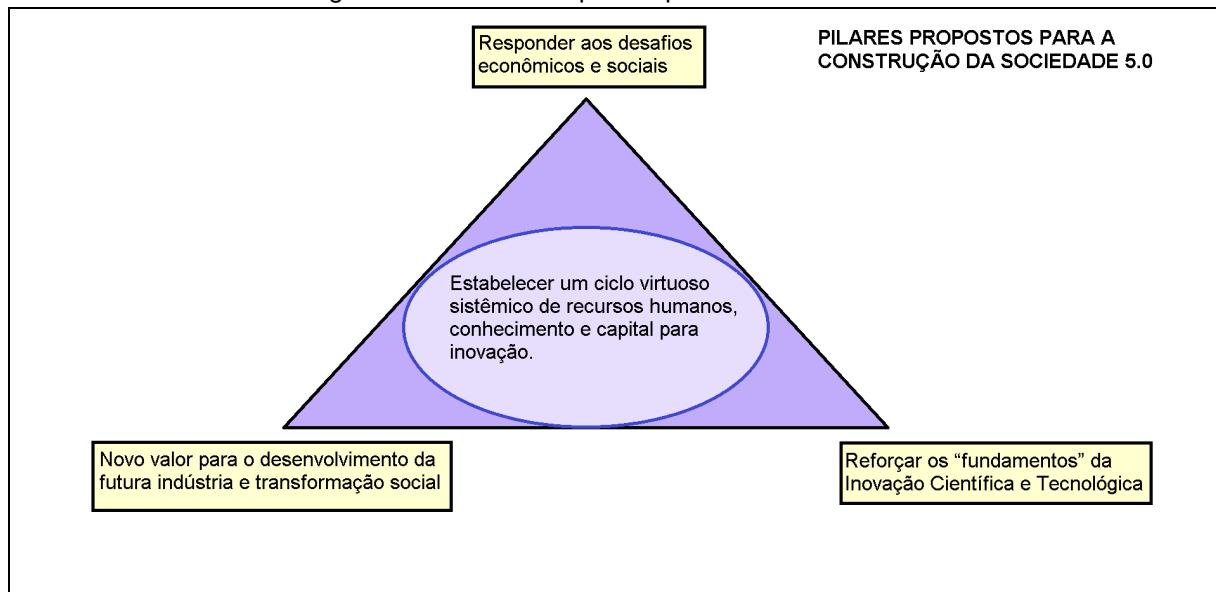
O fato é que não se pode perder de vista o que está escrito, tanto no esboço (GOVERNMENT OF JAPAN, 2016b), como no próprio plano (GOVERNMENT OF JAPAN, 2016a) sobre os pilares que sustentarão a criação da Sociedade 5.0. Já foram mencionados acima e repete-se aqui:

- (I) Promover ações para criar novo valor para o desenvolvimento da futura indústria e transformação social;
- (II) Responder aos desafios econômicos e sociais;
- (III) Reforçar os “fundamentos” da Inovação Científica e Tecnológica;
- (IV) Estabelecer um ciclo virtuoso sistêmico de recursos humanos, conhecimento e capital para inovação.

Com um pilar apoiado na indústria, outro em desafios econômico sociais, um terceiro baseado em inovação, ciência e tecnologia e finalmente, um quarto pilar a articulação destas três bases o CSTI estabelece focos estratégicos para o

desenvolvimento da Sociedade 5.0 alinhado com o ordenamento jurídico para o setor no Japão, bem como, as realidades e particularidades existentes neste país. A Figura 10 dá uma boa apresentação dos focos estratégicos pensado para a construção da sociedade 5.0.

Figura 10 – Pilares Propostos para a Sociedade 5.0



Fonte: Government of Japan. Outline of the Fifth Science and Technology Basic Plan. Provisional translation., 2016b – Adaptado pelo autor.

5.3 A Sociedade 5.0 fora do Japão

As pautas e focos estratégicos definidos no Japão estão condizentes com a realidade econômica e cultural deste país. Contudo, isso não significa que não se possa estabelecer objetivos semelhantes fora do Japão sendo mandatório para isso que se façam adaptações nas políticas que lá foram estabelecidas (GLADDEN, 2019). Tudo dependerá de uma avaliação, nos mesmos moldes feitos por lá, do grau de maturidade de cada local do planeta no que concerne os pilares estabelecidos no Japão.

Promover ações para criar novo valor para o desenvolvimento da futura indústria e transformação social dependerá basicamente do estágio em que se encontra a indústria para a qual se quer promover desenvolvimento e valor. Responder aos desafios econômicos e sociais é uma ação que pode ser implementada basicamente em qualquer lugar do mundo. De certo que o tamanho destes desafios dependerá do estágio em que se encontram economia e sociedade

de uma determinada nação. Reforçar os fundamentos da Inovação Científica e Tecnológica não será de modo nenhum dissociado do estágio em que se encontra a academia no local objeto de estudo. De todos estes objetivos, talvez o mais desafiador seja o último. Promover a integração das três iniciativas criando um ciclo virtuoso entre indústria, sociedade e academia. Todos estes aspectos dependerão de adaptações que devem ficar a cargo dos responsáveis pela elaboração das políticas públicas de cada país, sempre com uma perspectiva de médio e longo prazo. Visões de estado deverão ser sobrepostas às visões de governo.

Se por um lado os paradigmas da Indústria 4.0 podem ser facilmente exportados e implantados em outros países fora da Alemanha, dependendo para isso basicamente de aspectos tecnológicos, a Sociedade 5.0 depende além desses, de aspectos culturais (GLADDEN, 2019).

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES PRELIMINARES

Com a bibliografia avaliada bem como os documentos analisados neste trabalho entende-se que a indústria 4.0 tem princípios básicos assentados em poucos pilares. São eles dispositivos IoT, caracterizados por Meira (2017), contidos em CPS na acepção sistêmica de Bertalanffy, que se utilizam de métodos inteligentes na acepção de IA, se servindo de conhecimento armazenado em grandes bancos de dados, estruturados ou não conhecidos como Big Data.

A análise de documentos publicados pela McKinsey bem como a matéria publicada na revista Carta Capital leva a crer que o Brasil corre sério risco de perder a janela de oportunidade para se apresentar ao mercado mundial como alternativa para o estabelecimento de plantas Indústria 4.0 compatíveis. Tudo leva a crer que o país está se conformando com a produção de commodities de baixíssimo valor agregado. Embora se saiba que os empregos diretos fiquem prejudicados segundo o modelo de manufatura da Indústria 4.0, há que se entender a sua abrangência na criação de empregos indiretos. Todavia, a qualificação necessária para a absorção desta mão de obra, considerando os resultados dos últimos índices PISA, se apresenta como risco de falta de mão de obra técnica para fazer frente a estas vagas que poderiam ser geradas através da criação destas plantas.

Iniciativas como a do CSTI e Keidanren associadas a publicações como a de Kotler suscitam a reflexão sobre a sociedade do futuro no mundo. Não se pode pensar o capitalismo com um raciocínio de Pareto (1848-1923) ajustado. Quando 40% da população do planeta vive abaixo da linha de pobreza não se pode atribuir sucesso ao modelo econômico que sustenta esta situação. Sendo assim, fica reforçado aquilo que Jeremy Rifkin defendia já em 2012: “há que se criar uma narrativa econômica que conduza a sociedade para um futuro mais igualitário e sustentável”. Talvez esta narrativa possa encontrar eco na Sociedade 5.0 proposta pelo Japão e perfeitamente adaptável para outros países do mundo.

REFERÊNCIAS

ANDERL, R. Industrie 4.0 – Advanced engineering of smart products and smart production. Technological Innovations in the Product Development. **19th International Seminar on High Technology**, Piracicaba-Brasil, 2014.

ANDERL, R.; PICARD, A.; WANG, Y.; FLEISHER, S.; DOSCH, S.; KLEE, B.; BAUER, J. Guideline industrie 4.0 – guiding principles for the implementation of industrie 4.0 in a small and medium sized business. **VDMA Forum Industrie 4.0**, Frankfurt, 2015.

ANDERL, Reiner. Industrie 4.0 – technological approaches, use cases, and implementation. **at - Automatisierungstechnik**, v. 63, n. 10, p. 753–765, 2015.

AQUINO, R. S. L. D.; ALVARENGA, F. J. M.; FRANCO, D. A.; LOPES, O. G. P. **História das sociedades**: das sociedades modernas às atuais. Rio de Janeiro: Ao livro Técnico, 1995.

ARNOLD, Christian; KIEL, Daniel; VOIGT, Kai-Ingo. Innovative Business Models for the Industrial Internet of Things. **BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte**, v. 162, n. 9, p. 371–381, 2017.

ARSOVSKI, S. Quality of life and society 5.0. **Proceedings on Engineering Sciences**, v. 1, n. 2, p. 775–780, 1 dez. 2019.

BACON, Francis; FIKER, Raul. **O progresso do conhecimento**. São Paulo: Ed. UNESP, 2007.

BATISTA, E. **Sistemas de informação**: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento, 2ª ed., São Paulo, Saraiva, 2013.

BENOTSMANE, R.; DUDÁS, L.; KOVÁCS, Gy. Collaborating robots in Industry 4.0 conception. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 448, p. 012023, 2018.

BICAKU, A.; SCHMITTNER, C.; TAUBER, M. et al. Monitoring Industry 4.0 applications for security and safety standard compliance. In: **2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)**. [s.l.: s.n.], p. 749–754, 2018.

BUER, Sven-Vegard; STRANDHAGEN, Jan Ola; CHAN, Felix T. S. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2924–2940, 2018.

CARDOSO JUNIOR, Ataíde Pereira. **Avaliação dos elementos de segurança da informação aplicado aos dispositivos de Internet das Coisas na Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado. Universidade Paulista, 2018, 84f.

CARR, N. **HBR At Large; IT Doesn't Matter**. Harvard Business Review, 2003.

CASTELO-BRANCO, Isabel; CRUZ-JESUS, Frederico; OLIVEIRA, Tiago. Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. **Computers in Industry**, v. 107, p. 22–32, 2019.

CEPAL, N. U. Report on the workshop to review progress in the preparation of the proposed indicators for regional monitoring of the Montevideo Consensus on Population and Development. Mexico City, 8-9 June 2016. 2016.

CHOI, Sangsu; KANG, Gyun; JUNG, Kiwook et al. Applications of the factory design and improvement reference activity model. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Cham, 2016. p. 697-704.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016, 65f.

CORIGUAZI, Diógenes; SIMON, Alexandre Tadeu. **A Inclusão do Conceito Indústria 4.0 nos Projetos Estratégicos da Gestão da Cadeia de Suprimentos**. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – Ponta Grossa, p. 12, 2019.

COSTA, Paulo Robson Melo. **Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão de Literatura**. p. 12.

DALENOGARE, Lucas Santos. A indústria 4.0 no Brasil: um estudo dos benefícios esperados e tecnologias habilitadoras. 2018.

DALENOGARE, Lucas Santos; BENITEZ, Guilherme Brittes; AYALA, Néstor Fabián et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, p. 383–394, 2018.

DOS SANTOS, Kássio Cabral Pereira; DE FREITAS ROCHA LOURES, Eduardo; JUNIOR, Osiris Canciglieri et al. Product Lifecycle Management Maturity Models in Industry 4.0. In: CHIABERT, Paolo; BOURAS, Abdelaziz; NOËL, Frédéric et al. (Orgs.). **Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0**. [s.l.]: Springer International Publishing. IFIP Advances in Information and Communication Technology, p. 659–669, 2018.

FALCÃO, Ana Carolina Rodrigues de Arruda. **Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0: uma análise utilizando revisão bibliográfica sistemática**. text, Universidade de São Paulo, 2019.

FERREIRA, Maria Aparecida Chagas. Burocracia de Estado e políticas de promoção da igualdade racial. 2014.

FONSECA, Luis Miguel. Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits. **Proceedings of the International Conference on Business Excellence**, v. 12, n. 1, p. 386–397, 2018.

FREITAS, Amanda de Paiva Pereira. Análise bibliométrica da produção científica sobre indústria 4.0. 2018.

GARCIA, Ana Cristina Bicharra; SICHMAN, Jaime S. Agentes e sistemas multiagentes. In: **Sistemas inteligentes fundamentos e aplicações** [S.l: s.n.], 2003.

GARTNER. 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019. Disponível em: <<http://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019>>. Acesso em: 02 jan. 2020 - 18:59:11

GIUSTOZZI, Franco; SAUNIER, Julien; ZANNI-MERK, Cecilia. Context Modeling for Industry 4.0: an Ontology-Based Proposal. **Procedia Computer Science**, v. 126, p. 675-684, 2018.

GLADDEN, M. E. Who Will Be the Members of Society 5.0? Towards an Anthropology of Technologically Posthumanized Future Societies. **Social Sciences**, v. 8, n. 5, p. 148, 10 maio 2019.

GOBBO, Jose Alcides; BUSSO, Christianne M.; GOBBO, Simone Cristina O. et al. Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 372–382, 2018.

GOEKING, Weruska. **Memória da Eletricidade**. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria_maio_10.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2019.

GOVERNMENT OF JAPAN. Brochure about the Council for Science, Technology and Innovation. 2014. Disponível em: <<https://www8.cao.go.jp/cstp/english/panhu/index.html>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

GOVERNMENT OF JAPAN. Outline of the Fifth Science and Technology Basic Plan. Provisional translation., 2016b. Disponível em: <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/5thbasicplan_outline.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2020

GOVERNMENT OF JAPAN. The 5th Science and Technology Basic Plan. Provisional translation., 22 jan. 2016a. Disponível em: <<https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/5thbasicplan.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2020

GRIER, David Alan. The Radical Technology of Industrie 4.0. **Computer**, v. 50, n. 4, p. 120–120, 2017.

HARA, Hirotaka; ISHIGAKI, Kazushi. Overview of Research toward Realization of Intelligent Society. **FUJITSU Sci. Tech. J.**, v. 48, n. 2, p. 5, 2012.

HÜBNER, Jomi Fred; BORDINI, Rafael Heitor; VIEIRA, Renata. Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com Jason. **XII Escola de Informática da SBC**, v. 2, p. 51–89, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: primeiros resultados**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-e-pobreza/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?edicao=25578&t=publicacoes>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ILO. International Labour Organization. **ILOSTAT data tools to find and download labour statistics**. 1994. Disponível em: <<https://ilostat.ilo.org/data/>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative**. Industrie 4.0: final report of the Industrie 4.0 Working Group. 82p, 2013.

KAISER, Bruno. **10.000 Anos de Descobertas**. São Paulo: Melhoramentos, 1975.

KANG, H. S.; LEE, J. Y.; CHOI, S.; KIM, H.; PARK, J. H.; SON, J. Y.; DO NOH, S. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International journal of precision engineering and manufacturing-green technology**, v. 3, n. 1, p. 111-128, 2016.

KEIDANREN. Japan Business Federation. **Toward realization of the new economy and society**, 19 abr. 2016. Disponível em: <https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029_outline.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KIM, Joon Ho. **Cibernética, ciborgues e ciberespaço: notas sobre as origens da cibernética e sua reinvenção cultural**. Horizontes Antropológicos, v. 10, n. 21, p. 199–219, 2004.

KOTLER, Philip. **Capitalismo em confronto**. Editora Best Seller, 2015.

KOWALKOWSKI, Christian; GEBAUER, Heiko; KAMP, Bart et al. Servitization and deservitization: Overview, concepts, and definitions. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 4–10, 2017.

LIAO, Y. et al. The Impact of the fourth industrial Revolution: a cross-country/region comparison. **Production** [online], v.28, e20180061, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20180061>

LIU, Yang; PENG, Yu; WANG, Bailing et al. Review on cyber-physical systems. *IEEE/CAA. Journal of Automatica Sinica*, v. 4, n. 1, p. 27–40, 2017.

MAGRANI, E. A **Internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MALTHUS, Thomas Robert. **An essay on the principle of population: or, A view of its past and present effects on human happiness; with an inquiry into our prospects respecting the future removal or mitigation of the evils which it occasions**. 3d ed. London: Printed for J. Johnson, by T. Bensley, 1806.

MALTHUS, Thomas Robert. **Population: the first essay**. [Ann Arbor]: University of Michigan Press, 1959.

MEIRA, S. **Sinais do Futuro Imediato**: Internet das coisas, Plataformas, Mercados em Rede e Transformação Digital. 2017. Disponível em: <<http://www.muchmore.digital/2017/04/25/sinais-do-futuro-imediato/>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

MÉRIDA, Simone Manhães Arêas; HASENCLEVER, Lia; CARVALHO, Marcia Marques de. Reflexos das inovações tecnológicas sobre o emprego: uma revisão da literatura / Reflections of technological innovations on employment: a literature review. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 11, p. 26735–26761, 2019.

MOEUF, Alexandre; PELLERIN, Robert; LAMOURI, Samir et al. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 3, p. 1118–1136, 2018.

MOURA PAIVA, Grazielle de Albuquerque. A Construção da Soberania na Idade Média. 2010.

MOURA, Jonas Lobato dos Santos e; MOURA, Roque Antônio de. Interação humano-máquina no sistema produtivo da indústria 4.0 visando aumentar a produtividade e reduzir lesões por esforços repetitivos. *CIMATech*, v. 1, n. 6, p. 217–227, 2019.

NETO, Anis Assad; PEREIRA, Gustavo Bernardi; DROZDA, Fabiano Oscar et al. A busca de uma identidade para a indústria 4.0 / The search for an industry 4.0 identity. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 4, p. 1379–1395, 2018.

NONGXA, Loyiso G. Mathematical and statistical foundations and challenges of (big) data sciences. *South African Journal of Science*, v. 113, n. 3-4, p. 1-4, 2017.

NUNEZ, David Lira. Modelagem do prognóstico e gestão da saúde de máquinas mecânicas no contexto de sistemas ciberfísicos na manufatura. 2017.

O'LEARY, Daniel E. Gartner's hype cycle and information system research issues. *International Journal of Accounting Information Systems*, v. 9, n. 4, p. 240–252, 2008.

OLIVEIRA, Lucas Manuel Fonseca. Indústria 4.0: conceitos e análise dos impactos. 2019.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e RaspBerry PI**. São Paulo: Novatec, 2017.

OTTONICAR, Selma Leticia Capinzaiki; VALENTIM, Marta Lígia Pomim; MOSCONI, Elaine. Políticas públicas aplicadas à indústria 4.0: estudo comparativo entre o Brasil e o Canadá com foco na competência em informação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 12, n. 2, p. 558–584, 2019.

OZTEMEL, Ercan; GURSEV, Samet. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2018.

PAULINHO, Paulo Eduardo Pissardini. A indústria 4.0 como paradigma estratégico da gestão de manufatura (PEGEM) e seu alinhamento com o planejamento e controle da produção (PCP). **Iberoamerican Journal of Project Management**, v. 10, n. 1, p. 01–15, 2019.

PISCHING, M. A.; TASCA, A. A.; PESSOA, M. A. O. et al. Arquitetura para desenvolvimento de sistemas ciber-físicos aplicados na indústria 4.0. In: **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, p. 6, 2017.

PRAUSE, Gunnar. Sustainable business models and structures for Industry 4.0. **Journal of Security & Sustainability Issues**, v. 5, n. 2, 2015.

RIFKIN, Jeremy. **O Fim dos Empregos**. M. Books, São Paulo, 2012.

ROBBINS, Lionel. **Um ensaio sobre a natureza e a importância da Ciência Econômica**. Editora Saraiva, 2012.

ROSA, Santa; OLIVEIRA, Josefa Risomar. **Formação docente frente às tecnologias digitais da informação e da comunicação: o caso dos cursos de Licenciatura da Universidade Federal de Sergipe – Campus São Cristóvão**. 2019.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R.; BONILLA, S.; SILVA, M.; SÁTYRO, W. **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480–491, 2018.

SANTOS, Elisângela Dubiel dos; OLIVEIRA, Rodolfo Francisco; SANTOS, Renato Silva dos. Sistema CiberFísico no Auxílio a Deficientes Visuais.

SCHROEDER, Greyce Nogueira. Metodologia de modelagem e arquitetura de referência do Digital Twin em sistemas ciber físicos industriais usando AutomationML. 2018.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2016.

SILVA, Sangela Azevedo da; VASCONCELOS, Renan de Souza; CAMPOS, Paola Souto. INDÚSTRIA 4.0: UM APORTE TEÓRICO SOBRE O CENÁRIO ATUAL DA TECNOLOGIA NO BRASIL. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, v. 5, n. 19, p. 56–60, 2019.

SON, Le Hoang; JHA, Sudan; KUMAR, Raghvendra et al. Collaborative handshaking approaches between internet of computing and internet of things towards a smart world: a review from 2009–2017. **Telecommunication Systems**, 2018.

STRANDHAGEN, J. W.; ALFNES, E.; STRANDHAGEN, J. O.; SWAHN, N. Importance of production environments when applying Industry 4.0 to production Logistics-A multiple case study. In: **6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation**. Atlantis Press, 2016.

TIBONI, Monica; AGGOGERI, Francesco; PELLEGRINI, Nicola et al. Smart Modular Architecture for Supervision and Monitoring of a 4.0 Production Plant. **International Journal of Automation Technology**, v. 13, n. 2, p. 310–318, 2019.

VON BERTALANFFY, Ludwig. General systems theory: a new approach to unit of science, human biology. In: **Teoria geral de sistemas**. Vol. XXIII (dez. 1951), p. 303–361. Petrópolis: Vozes, 1977.

WANG, S. et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, v. 101, p. 158–168, jun. 2016.

WIENER, Norbert. **Cibernética e sociedade: O Uso Humano de Seres Humanos**. 2. ed. [s.l.]: Cultrix, 1968. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/101059918/WIENER-Norbert-Cibernetica-e-sociedade>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

WIENER, Norbert. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, (Hermann & Cie Editeurs, Paris, The Technology Press, Cambridge, Mass., John Wiley & Sons Inc., New York, 1948). **Cybernetics**. html, 1948.

WOOLDRIDGE, Michael. **An Introduction to MultiAgent Systems**. Sussex, John Wiley & Sons, 2002.