



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO

PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PRINCIPAIS TECNOLOGIAS
UTILIZADAS E OS DESAFIOS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

FORTALEZA

2018

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO

PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PRINCIPAIS TECNOLOGIAS
UTILIZADAS E OS DESAFIOS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- E42p Elienesio, Maria Luiza Bufalari.
Proposta de adaptação do posto de trabalho de checkouts de supermercado para cadeirantes / Maria Luiza Bufalari Elienesio. – 2019.
59 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin.
1. Indústria 4.0. 2. Custo de Capital. 3. Quarta Revolução Industrial. 4. Panorama Brasileiro. I. Título.
CDD 658.5
-

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO

PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PRINCIPAIS TECNOLOGIAS
UTILIZADAS E OS DESAFIOS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

Artigo apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Belo Torres
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Heráclito Pontes Jaguaribe
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Márcia e Nésio.

À minha irmã, Mariana.

Ao meu irmão, Heitor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que fizeram o possível e o impossível para que eu tivesse acesso a uma educação de qualidade, sempre acreditaram no meu potencial e apoiaram todas as minhas decisões ao longo da minha trajetória acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Albertin, por todo o suporte na elaboração desse trabalho e por acreditar no sucesso da pesquisa desenvolvida.

A minha amiga Iza Solon, que compartilha a vida comigo desde 2006, e tive a sorte de poder conviver durante esses anos de faculdade. Não teria sido uma jornada tão gratificante sem você ao meu lado.

Aos amigos, Gabriel Borges, Ana Paula, Camile, Hanna, Maíra, Jhessyca e Ana Clara, pela amizade de longa data e por serem minha família nos últimos dois anos.

A todos os colegas de faculdade que me deram carona ao longo desses mais de cinco anos.

Aos meus líderes e colegas de trabalho das empresas Danone e Coca-Cola, que me ensinaram o que é ser um profissional e foram essenciais para colocar em prática os ensinamentos que a universidade proporcionou e mostraram o quanto ainda tenho a aprender.

“São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos,
muito mais do que as nossas qualidades.”
(J.K Rowling)

RESUMO

Indústria 4.0 é um conceito que surgiu na Alemanha e remete a quarta revolução industrial. O principal diferencial dessa revolução é a digitalização de todos os processos e a utilização de novas tecnologias como robôs autônomos, internet das coisas, big data, manufatura aditiva e sistemas cyber-físicos. O objetivo desse estudo é ter uma visão de como o Brasil está se adaptando a essa nova realidade e obter um panorama da Indústria 4.0 no país. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória sobre as tendências relevantes no tema e um estudo bibliográfico que contemplou a análise de 25 exemplos práticos de utilização das tecnologias da Indústria 4.0. Pode-se concluir que a quarta revolução industrial já está acontecendo no Brasil, mas ainda depende de tecnologias estrangeiras. Além disso, existem alguns desafios que precisam ser superados para que se possa afirmar que o Brasil, de fato, alcançou o patamar 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Custo de Capital. Quarta Revolução Industrial. Panorama Brasileiro.

ABSTRACT

Industry 4.0 is a concept that emerged in Germany and refers to the fourth industrial revolution. The main differential of this revolution is the digitalization of all processes and the use of new technologies such as autonomous robots, internet of things, big data, additive manufacture and cyber-physical systems. The objective of this study is to have a vision of how Brazil is adapting to this new reality and obtain a panorama of Industry 4.0 in the country. For this, an exploratory research was carried out on the relevant trends in the theme and a bibliographical study that contemplated the analysis of 25 practical examples of use of the technologies of the Industry 4.0. It can be concluded that the fourth industrial revolution is already happening in Brazil, but still depends on foreign technologies. In addition, there are some challenges that need to be overcome in order to assert that Brazil has, in fact, reached the 4.0 level.

Keywords: Industry 4.0. Fourth Industrial Revolution. Brazilian Panorama.

SUMÁRIO

1. Introdução	10
1.1 Definição do problema e objetivos	10
1.2 Metodologia de pesquisa	10
1.3 Metodologia de publicação	11
2. Resultados	
2.1 Artigo SODEBRAS	13
2.2 Artigo ENEGEP	19
2.3 Artigo SIMPEP	30
2.4 Artigo Periódico Internacional	44

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, da digitalização dos processos e a necessidade de novas soluções tecnológicas para solucionar problemas do cotidiano e otimizar os processos produtivos, surgiu o conceito de Indústria 4.0, ou quarta revolução industrial. Esse conceito surgiu na Alemanha, através de iniciativas do governo para consolidar o país como líder provedor de soluções avançadas de manufatura.

O Boston Consulting Group (BCG) em seu estudo "Indústria 4.0: o futuro da produtividade e crescimento em indústrias manufatureiras" (*Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*) definiu nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0. Esses pilares são: internet das coisas (IoT), realidade aumentada, robôs autônomos, simulação, manufatura aditiva (impressão 3D), big data, a tecnologia de nuvem, cybersecurity e integração horizontal e vertical de sistemas e softwares.

1.1 Definição do problema e objetivos

A liderança da Alemanha no que diz respeito à Indústria 4.0 e às tecnologias de manufatura é inegável. No entanto, outros países estão tentando incorporar a Indústria 4.0 em sua atividade industrial, inclusive o Brasil. O objetivo deste estudo é discutir o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, fazendo uma análise de como as indústrias brasileiras estão trabalhando para adequar suas estratégias na Indústria 4.0 e destacar as principais oportunidades e desafios para este país.

1.2 Metodologia de pesquisa

O presente estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica. O primeiro passo para o levantamento de informações e principais autores no tema "Indústria 4.0" foi responder um questionário elaborado pelo Professor Dr. Albertin. O questionário consiste em 10 perguntas que foram respondidas em inglês, utilizando referenciais em inglês, alemão e português, com citação e referência bibliográfica. O objetivo do método aplicado foi reunir material suficiente para escrever artigos para o ENEGEP (2017), SIMPEP (2017), uma revista nacional e uma revista internacional.

Abaixo, segue o questionário detalhado.

QUESTIONÁRIO INDÚSTRIA 4.0

- 1) O que é a Manufatura 4.0?
- 2) Origem da Manufatura 4.0?
- 3) Principais tecnologias envolvidas? Origem destas tecnologias e estado de desenvolvimento atual nos países como Brasil, Alemanha, USA, Coréia do Sul e China?
- 4) Benefícios e impacto para a indústria e economia
- 5) Estratégias de desenvolvimento da Indústria 4.0 em países como Alemanha, USA, Coréia do Sul. China e Brasil?
- 6) Principais setores envolvidos e beneficiários nestes países?
- 7) Principais atores no desenvolvimento das tecnologias e da Manufatura 4.0 para Alemanha, USA, Coréia do Sul e China?
- 8) Dificuldades e desafios para Alemanha, USA, Coréia do Sul e China?
- 9) Dificuldades e desafios para o Brasil? Estado da arte para cada tecnologia.
- 10) Proposta para o desenvolvimento da Manufatura 4.0 no Brasil.

O segundo passo foi realizar um levantamento de aplicações da Indústria 4.0 em indústrias brasileiras, para entender o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. Para isso, foi utilizado um trabalho de pesquisa realizado pelos alunos da disciplina Planejamento e Controle da Produção II de 2017.1, em que a turma foi dividida em duplas e cada uma delas teve que entregar um caso brasileiro de aplicação da Indústria 4.0. Os dados coletados foram organizados a fim de criar um quadro explicativo com o tipo de indústria, tamanho, setor industrial, tecnologia utilizada, estratégia de desenvolvimento e benefícios e impactos da aplicação da tecnologia.

1.3 Metodologia de publicação

A partir da pesquisa realizada, foi possível direcionar 3 temas diferentes para a elaboração de artigos científicos. Cada um dos temas foi aprofundado através de pesquisas direcionadas para o tópico em questão. O artigo foco desse Trabalho de Conclusão de Curso foi o publicado na revista nacional SODEBRAS, porém, todos os artigos relacionados com o estudo estão incluídos nesse trabalho.

- ENEGEP: O XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) realizado no ano de 2017 teve como tema “A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção”. Para esse encontro, o tema escolhido foi “Desafios e

oportunidades da Indústria 4.0 para o Brasil” e a pesquisa foi direcionada a explorar a interação do Brasil com a Indústria 4.0. O artigo foi aprovado para publicação no dia 30 de junho de 2017;

- SIMPEP: O XXIV Simpósio De Engenharia De Produção (SIMPEP) realizado o ano de 2017 teve como tema “Contribuições Da Engenharia De Produção Para Uma Economia De Baixo Carbono”. Para esse simpósio, o tema escolhido foi “Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura” e a pesquisa foi direcionada a aprofundar cada uma das tecnologias consideradas pilares da Indústria 4.0. O artigo foi aprovado para publicação no dia 16 de agosto de 2017;
- SODEBRAS: A SODEBRAS é uma revista online registrada com o ISSN 1809-3957 e possui qualificação QUALIS da classificação da CAPES. A revista é focada em diferentes áreas do conhecimento, e possui conceito B5 na área de Engenharia III. O tema para essa publicação, que nomeia esse Trabalho de Conclusão de Curso, foi “Panorama da indústria 4.0 no brasil: principais tecnologias utilizadas e os desafios para sua implementação” e a pesquisa foi direcionada a, além de refinar a pesquisa focada no Brasil, a reunir exemplos reais de aplicação das tecnologias da indústria 4.0 em empresas brasileiras. O artigo foi submetido em 23 de janeiro de 2018, aprovado em 08 de março de 2018 e publicado na edição 148 de abril/2018.
- Periódico Internacional: foi submetido um artigo para o periódico “*International Journal of Computer Integrated Manufacturing*” com o tema “*Panorama of industry 4.0 in brazil: main technologies used and challenges for its implementation*” em que a pesquisa foi desenvolvida em paralelo com a da revista SODEBRAS. O resultado da submissão do artigo está previsto para o dia 15 de agosto de 2018.

A seção Resultados corresponde às versões completas dos artigos citados.

2. RESULTADOS

2.1 Artigo Revista SODEBRAS



Revista SODEBRAS – Volume
13 N° 148 – ABRIL/ 2018

PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PRINCIPAIS TECNOLOGIAS UTILIZADAS E OS DESAFIOS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

PANORAMA OF INDUSTRY 4.0 IN BRAZIL: MAIN TECHNOLOGIES USED AND CHALLENGES FOR ITS IMPLEMENTATION

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO¹; MARCOS RONALDO
ALBERTIN²; HERÁCLITO PONTES JAGUARIBE³
1; 2; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
malu.bufalari@gmail.com; albertin@ot.ufc.br; hjaguaribe@gmail.com

Resumo – Indústria 4.0 é um conceito que surgiu na Alemanha e remete a quarta revolução industrial. O principal diferencial dessa revolução é a digitalização de todos os processos e a utilização de novas tecnologias como robôs autônomos, internet das coisas, big data, manufatura aditiva e sistemas cyber-físicos. O objetivo desse estudo é ter uma visão de como o Brasil está se adaptando a essa nova realidade e obter um panorama da Indústria 4.0 no país. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória sobre as tendências relevantes no tema e um estudo bibliográfico que contemplou a análise de 25 exemplos práticos de utilização das tecnologias da Indústria 4.0. Pode-se concluir que a quarta revolução industrial já está acontecendo no Brasil, mas ainda depende de tecnologias estrangeiras. Além disso, existem alguns desafios que precisam ser superados para que se possa afirmar que o Brasil, de fato, alcançou o patamar 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Quarta Revolução Industrial. Panorama Brasileiro.

Abstract - Industry 4.0 is a concept that emerged in Germany and refers to the fourth industrial revolution. The main differential of this revolution is the digitalization of all processes and the use of new technologies such as autonomous robots, internet of things, big data, additive manufacture and cyber-physical systems. The objective of this study is to have a vision of how Brazil is adapting to this new reality and obtain a panorama of Industry 4.0 in the country. For this, an exploratory research was carried out on the relevant trends in the theme and a bibliographical study that contemplated the analysis of 25 practical examples of use of the technologies of the Industry 4.0. It can be concluded that the fourth industrial revolution is already happening in Brazil, but still depends on foreign technologies. In addition, there are some challenges that need to be overcome in order to assert that Brazil has, in fact, reached the 4.0 level.

Keywords: Industry 4.0. Forth Industrial Revolution. Brazilian Panorama.

I. INTRODUÇÃO

Indústria 4.0 é o termo usado para abordar o conceito visionário da quarta revolução industrial, que foi criado na Alemanha, através de iniciativas estratégicas de governo, para destacar a liderança deste país em tecnologias industriais. Em abril de 2013, foi lançado oficialmente o projeto Industrie 4.0 na feira de Hannover com as primeiras recomendações para sua implementação. Esse conceito foi descrito por Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) como uma realidade onde as redes globais são estabelecidas pelas empresas na forma de Sistemas Ciber-físicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS) que integram máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção, que são capazes de trocar informações e cooperar entre si de forma autônoma através da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) e de desencadear ações que são controladas de forma independente. Outra definição, dada por Schumacher, Erol e Sihn (2016), diz que a Indústria 4.0 refere-se a avanços tecnológicos recentes em que a internet e as tecnologias de suporte (por exemplo, sistemas integrados) servem como espinha dorsal para integrar objetos físicos, atores humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos em todos os limites organizacionais para formar uma cadeia de valor inteligente, ágil e integrada. Já Geissbauer, Vedso e Schrauf (2016) resumem esse conceito da seguinte forma, enquanto a Indústria 3.0 era focada na automação de máquinas e processos únicos, a Indústria 4.0 se concentra na digitalização de ponta a ponta de todos os ativos físicos e na integração em ecossistemas digitais com os parceiros da

cadeia de valor.

A liderança da Alemanha no que diz respeito à Indústria 4.0 e às tecnologias de manufatura é inegável. No entanto, outros países estão tentando incorporar a Indústria 4.0 em sua atividade industrial. Um desses países é o Brasil. O objetivo deste estudo é discutir o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, fazendo uma análise de como as indústrias brasileiras estão trabalhando para adequar suas estratégias na Indústria 4.0 e destacar as principais oportunidades e desafios para este país.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1- Indústria 4.0

Stock & Seliger (2016) afirmam que a Indústria 4.0 afeta diferentes fatores de criação de valor: equipamentos, processos, produtos, organização e humanos. A combinação dessas mudanças gera benefícios em produtividade, investimentos, demanda de produtos e crescimento de receita. De acordo com Welcker (2017), é possível agrupar os principais benefícios da Indústria 4.0 em quatro áreas:

- Produtividade: uma rede que liga máquina produtos e sistemas de produção contribui para otimizar o uso de recursos, tornando o sistema produtivo mais eficiente;

- Crescimento da receita: baseado no aumento da demanda de fabricantes por equipamentos aprimorados e aplicações de dados acrescidos da demanda dos consumidores por produtos personalizados;

- Empregabilidade: espera-se um aumento da geração de emprego, mas vale ressaltar que serão necessárias diferentes competências e que alguns trabalhadores menos qualificados podem ser substituídos por máquinas, enquanto outros, como engenheiros mecânicos, desenvolvedores de software e especialistas em TI, estarão em maior demanda;

- Investimento: espera-se que com a indústria 4.0 sejam feitos vários investimentos que irão impulsionar a economia.

Para alcançar esse nível de desenvolvimento e aproveitar os seus benefícios, um conjunto de tecnologias está sendo desenvolvido. A Indústria 4.0 tem suas origens na digitalização dos processos que, em outras palavras, é a próxima etapa da automação tradicional, onde a Internet das Coisas (IoT) é adicionada ao sistema possibilitando a criação de novas tecnologias para melhorar as atividades de trabalho e aumentar a velocidade, flexibilidade, eficiência e qualidade. A IoT é responsável pelo surgimento de fábricas e cidades inteligentes, onde os sistemas estão conectados pela internet e ocorrem de forma autônoma e integrada. De acordo com Giusto *et al.* (2010), esta tecnologia permite coisas e objetos, como sensores, atuadores e telefones celulares, interajam uns com os outros e cooperem com seus componentes vizinhos inteligentes, para alcançar objetivos comuns.

Outra tecnologia intrínseca ao conceito de Indústria 4.0 é o Sistema Ciber-físico (CPS). Lee & Seshia (2017) definem essa tecnologia como

“uma integração da computação com processos físicos cujo comportamento é definido tanto pelas partes cibernéticas como pelas físicas do sistema. [...] Como um desafio intelectual, o CPS é sobre a interseção, não a união, do físico e do cibernético. Não é suficiente compreender os componentes físicos e os componentes computacionais

separadamente. Devemos, em vez disso, entender sua interação (LEE & SESHIA, 2017).”

Para alcançar um maior nível de conexão entre os processos, existem outras tecnologias que, juntamente com a CPS e a IoT, compõem a base do Indústria 4.0. Algumas dessas tecnologias são:

- Manufatura aditiva (impressão 3D): Gibson, Rosen e Stucker (2010) definem a fabricação aditiva como uma técnica automatizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos usando uma variedade de abordagens. As indústrias estão usando esta tecnologia para reduzir os tempos de ciclo de desenvolvimento de seus produtos e obtê-los no mercado mais rapidamente, com mais custo efetivo e mais valor agregado devido à incorporação de recursos personalizáveis;

- Robôs autônomos: de acordo com Bekey (2005), os robôs são máquinas que sentem, pensam e atuam e a autonomia se refere a sistemas capazes de operar no ambiente do mundo real sem qualquer tipo de controle externo por longos períodos de tempo. Ou seja, são máquinas inteligentes capazes de desempenhar tarefas no mundo sozinhos, sem controle humano explícito;

- Big Data: Tamás e Illés (2016) descreveram a essência de Big Data como a determinação de probabilidades com métodos e procedimentos matemáticos com base em enormes quantidades de dados, o que permitirá que as decisões sejam tomadas sem saber os efeitos da causa. A análise e o gerenciamento de grandes quantidades de dados permitem a otimização da produção e até a redução do consumo de energia;

Com a combinação dessas e de outras tecnologias em uma fábrica da Indústria 4.0, Lee, Bagheri e Kao (2014) afirmam que os componentes e sistemas serão capazes de monitorar as condições dos processos e obter autoconsciência e auto previsibilidade, o que proporcionará ao gerenciamento uma visão mais detalhada sobre o status da fábrica.

2.2- Indústria 4.0 no Brasil

Mesmo a revolução digital sendo a base para o desenvolvimento da Indústria 4.0, ainda não é a realidade no Brasil. A maioria das indústrias brasileiras ainda estão em transição da indústria 2.0 para a Indústria 3.0. De acordo com uma pesquisa desenvolvida pela CNI (Confederação Nacional da Indústria Brasil) em 2016 intitulada Desafios para a indústria 4.0 no Brasil, o uso de tecnologias digitais na indústria brasileira ainda é pouco difundido, 42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e mais da metade delas (52%) não utilizam tecnologias digitais.

Em fevereiro de 2017, a Cúpula Global de Fabricação e Industrialização (GMIS – *Global Manufacturing and Industrialization Summit*) reuniu-se com os principais representantes de indústrias do setor privado e do governo federal em São Paulo, para assinar um Memorando (*Memorandum of Understanding* - MoU) com a CNI. O MoU analisará as formas pelas quais as duas partes podem trabalhar juntas para explorar como a quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, pode ajudar a transformar o setor industrial do Brasil, especialmente em setores industriais fortes no país, como alimentos e agricultura, automotivo, petróleo e mineração, aço, produtos químicos, têxteis e produtos farmacêuticos.

Para promover e disseminar o conceito da Indústria 4.0 e

suas tecnologias entre as indústrias no Brasil, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Federação Industrial de São Paulo (FIESP) lançaram em setembro de 2017 um programa chamado Rumo a Indústria

4.0 com o objetivo de definir o nível de maturidade das empresas brasileiras e o melhor caminho para alcançar projetos e ações com as tecnologias habilitadas pela Indústria

4.0. De acordo com Guto Ferreira, presidente da ABDI, aplicar o conceito de indústria 4.0 é uma condição não negociável para a competitividade do setor produtivo brasileiro. Portanto, a disseminação destes novos conceitos e a formação de indústrias que representam setores transversais e estratégicos produtivos e inovadores são urgentemente necessárias.

Além disso, em conjunto com as iniciativas para o desenvolvimento da Indústria 4.0, o governo brasileiro também possui um plano especial para desenvolver a Internet das Coisas (IoT), uma das tecnologias mais importantes da Indústria 4.0, no país. Dessa forma, o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento), em linha com sua missão de promover o desenvolvimento sustentável e competitivo da economia brasileira, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) está apoiando um estudo para o diagnóstico e proposição de um plano de ação estratégico para o país na área de IoT. Este Plano Nacional de Internet das Coisas será executado por cinco anos, de 2017 a 2022, e está estruturado em três grandes fases: diagnóstico geral e aspiração para o Brasil, seleção vertical e horizontal e aprofundamento e elaboração do plano de ação.

De acordo com o secretário de Inovação e Novos negócios do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), Marcos Vinicius de Souza (2017).

“um grande, inclusivo e transparente processo de consulta pública foi realizado em todo o país. (...) desde o início de 2016, centenas de especialistas do setor privado, do governo e da academia participaram de oficinas estruturadas apontando oportunidades práticas e desafios nas áreas de convergência tecnológica, regulação, recursos humanos, cadeias de valor e infraestrutura (SOUZA, 2017).”

Ainda segundo o secretário, embora várias questões permaneçam abertas quanto às escolhas estratégicas que a nação levará em termos de Indústria 4.0, todo o processo de consultoria em todo o país teve um efeito colateral positivo de sensibilizar o governo e o setor privado sobre o tema, envolvendo a sociedade na busca de descobrir as respostas

III. PROCEDIMENTOS

Com o objetivo de chegar a um panorama geral do desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, foi realizado um estudo baseado em pesquisa bibliográfica a fim de reunir exemplos práticos de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 em empresas situadas no Brasil. A pesquisa foi baseada em revistas técnicas, congressos relacionados a área, feiras industriais e de tecnologia, site de empresas, pesquisas desenvolvidas em universidades, artigos e entrevistas publicadas com gerentes de tecnologia representantes dos setores público e privado do Brasil e de países líderes na Indústria 4.0 sobre a aplicação de seus conceitos no setor

industrial assim como projetos existentes sobre as tendências e áreas tecnológicas relevantes nessa área com o objetivo de identificar empresas que já estão lidando com a Indústria 4.0 em seus processos.

Com os dados coletados nas pesquisas, foram elencadas 25 empresas (Quadro 1) que estão utilizando algum tipo de tecnologia 4.0. Para escolher essas empresas, foi levado em consideração os seguintes aspectos:

1. O tipo de empresa, identificando qual tipo de tecnologia a empresa utiliza e se a referida empresa é uma fornecedora de serviços, fornecedora de tecnologia ou usuária da tecnologia;
2. O tamanho da empresa em relação a quantidade de colaboradores, pequena (até 100 colaboradores), média (entre 101 e 400 colaboradores) ou grande (mais de 401 colaboradores);

Quadro 1 – Exemplos da Indústria 4.0 no Brasil

Empresa	Sector/Produto	Tecnologia	Estratégia	Impactos
Bosch (G) (FS-FT-U) [1] Bosch (2017)	Automobilístico, logística e eletricidade.	IoT, <i>Milk run</i> Robótico, CPS: smart glass	Subsidiária de um grupo multinacional alemão.	Redução de custos e tempo; otimização de processos, seleção automática e digitalização.
Embraer (G) (U) [2] Embraer (2017)	Indústria Aeroespacial	IoT, Virtualização em 3D, digitalização	Fornecedora de tecnologia e equipamentos.	Treinamento, redução do tempo de montagem e redução da utilização de papéis.
Siemens (G) (FS-FT-U) [3] Siemens (2017)	Soluções tecnológicas: sistema de controle de processos	IoT e Automação	Fornecedora Alemã de tecnologia e equipamentos.	Aumento da automatização de processos e visão sistêmica do processo produtivo
ARBUG (M) (U) [4] Arbug (2017)	Injeção plástica	IoT, fábrica digital, IoS, manufatura aditiva	Fornecedora Alemã de tecnologia no Brasil.	Flexibilidade e customização.
Cliever (P) (FT) [5] Cliever (2017)	Protótipos	Manufatura aditiva: impressão 3D	Startup nacional de manufatura	Redução de custos e de tempo de desenvolvimento.
Futuriste (P) (FS) [6] Futuriste (2017)	Serviços e treinamento	Drones	Parceria internacional em software	Coleta de dados com drone
Datacom (M) (U) [7] Datacom	Provedores de rede de telecomunicações	IIoT - MES	Fornecedor nacional	Automação de transferência de dados
PPI Multitasking (P) (FS) [8] PPI (2017)	Soluções, consultoria e projetos	IIoT - MES	Parceria internacional	Automação de transferência de dados
VW do Brasi (G) (U) [9] VW do Brasi (2016)	Automobilístico	Montagem robótica, fábrica digital	Subsidiária de um grupo multinacional alemão.	Otimização e simulação de processos.
Fiat Chrysler (G) (U) [10] Fiat Chrysler (2017)	Automobilístico, Jeep	Robos e centros de comunicação	Subsidiária de um grupo multinacional alemão.	Sistema de monitoramento de processos
Leal (G) (U) [11] Leal (2017)	Equipamentos de proteção individual	RFID - ERP	Fornecedor Nacional	Controle de estoques
Nubank (P) (U) [12] Nubank (2017)	Crédito e informação financeira	Big data	Startup	Cartão de crédito digital
HarboR (P) (FS) [13] Harbor (2017)	Consultoria	Cloud computing - MES	Provedor de Serviços de Licenciamento Tecnológico	Implementação de computação em nuvem
IBMP (M) (FS) [14] Ibmp (2017)	Biologia Molecular	IoT, rede de sensores	Fornecedor nacional de serviços	Monitoramento do ambiente
T Systems (G)(FS) [15] T-System (2017)	TI, RFID	IoT, computação em nuvem	Subsidiária de um grupo multinacional alemão, (Telekom)	Gerenciamento de nuvem
Pollux (G) (FT) [16] Pollux (2017)	Robos colaborativos em diversos setores	IoT	Fornecedor de tecnologia nacional, parceria internacional e robos universais	Automação de processos (cliente Tramontina)
Siemens (G) (FS-FT-U) [17] Siemens (2016)	Controles para multi setores	Fábrica digital	Subsidiária de um grupo multinacional alemão	Novos modelos de negócio e flexibilidade
Teclav (P) (U) [18] Teclav (2017)	Lavanderia industrial	RFID	Empresa nacional	Automação de processos
Thyssenkrupp (G) (FS-FT-U) [19] Thyssenkrupp (2017)	Elevadores	Fábrica digital, big data	Subsidiária de um grupo multinacional alemão	Manutenção preditiva
Tramontina (G) (U)	Utensílios de cozinha	CPS, robos, controle remoto da produção	Utiliza tecnologia da Altus e da Pollux	Automação de processos
WEG (G) (U) [21] Weg (2017)	Motores elétricos	CPS, robos, simulação	Subsidiária de um grupo multinacional alemão, (Siemens)	Automação de processos
ABB (G) (FT) [22] Abb (2017)	Eneria, automação e sensores	CPS, robos, controle remoto da produção	Grupo internacional fornecedor de tecnologia	Automação de processos e serviços remotos
OMRON (G) (FT) [23] Omron (2017)	Componentes eletrônicos, automotivos e automação industrial	CPS, robos	Grupo internacional fornecedor de tecnologia	Automação de processos
Schneider Electric (G) (FT) [24] Schneider Electric (2017)	Controle de energia	IoT, dispositivo de dados central	Grupo internacional fornecedor de tecnologia	Eficiência energética

TOTVS (G) (FT) [25] Torns (2017)	Software e hardware ERP	Computação em nuvem, fábrica digital	Grupo nacional fornecedor de tecnologia com parceira internacional	Plataforma de serviços virtual
--	-------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------

Fonte: Autores.

3. O setor industrial no qual a empresa está incluída e/ou o produto produzido, visando a obter um *mix* bem diferenciado para corroborar a vasta aplicabilidade das tecnologias da Indústria 4.0;
4. A tecnologia aplicada pela empresa, com ênfase em empresas que estejam utilizando as tecnologias mencionadas da fundamentação teórica como *Internet of Things* (IoT), Sistemas *Cyber-Físicos* (CPS), manufatura aditiva, robôs autônomos e big data;
5. A estratégia de desenvolvimento adotada pela empresa, se é uma empresa nacional, se é subsidiária de uma multinacional, se é startup, entre outros;
6. Os impactos e benefícios advindos da utilização dessas tecnologias.

Após a escolha das empresas, para corroborar as informações encontradas foi realizada consulta no *site* de cada uma delas (especificados nas referências) e todas as informações obtidas foram sintetizadas no Quadro 01, que será apresentado no tópico resultados.

IV. RESULTADOS

De acordo com o estudo divulgado pela CNI, 2016, o avanço da Indústria 4.0 no Brasil depende de maior conhecimento por parte das empresas dos ganhos da digitalização, tanto com respeito ao aumento da produtividade como às oportunidades de novos modelos de negócio, flexibilização e customização da produção e redução do tempo de lançamento de produtos no mercado.

Mesmo com a incerteza sobre qual estratégia de desenvolvimento é o melhor a seguir no Brasil, algumas empresas já tomaram iniciativa própria no desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas no país. Nessa seção serão descritos alguns exemplos de aplicações reais das tecnologias da Indústria 4.0 em 25 empresas brasileiras.

As informações coletadas estão dispostas no Quadro 01, onde é possível ver um breve panorama das tecnologias que já são realidade no Brasil. O referencial foi indicado com auxílio de dígitos exemplo com numeração sequencial.

Analisando as informações coletadas com a pesquisa, de acordo com os exemplos sintetizados no quadro 1, pode-se concluir que:

- As tecnologias da Indústria 4.0 são encontradas em diversos setores com ênfase no setor da indústria automobilística e metalmeccânico;
- Muitas indústrias brasileiras estão passando da segunda para terceira geração e não possuem processos robustos e tecnologia própria. Para suprir esse *gap* fazem parcerias com empresas internacionais;
- Empresas brasileiras de grande porte se destacam como usuárias (U) das tecnologias da Indústria 4.0 e empresas multinacionais se destacam como fornecedoras de tecnologia (FT);
- O conhecimento em tecnologias da Indústria 4.0 ainda é muito baixo no Brasil e se concentra em algumas poucas empresas de grande porte, como multinacionais de

origem alemã, e em outras pequenas e médias empresas de base tecnológica, de consultoria e startups;

- Entre os benefícios das tecnologias da Indústria 4.0, destacam-se: maior qualidade, produtividade e eficiência e integração com menores custos e *lead time*;

- Algumas empresas, como a Siemens e a Bosch, aplicam as tecnologias em seus próprios sistemas de produção e também oferecem soluções para o mercado. Essas empresas possuem um expressivo *market share* no Brasil;

- 40% das empresas estudadas utilizam o IoT. Isso confirma que esta tecnologia é a base da Indústria 4.0 e que o governo brasileiro está no caminho certo, desenvolvendo um plano de IoT para o país;

- As tecnologias da indústria 4.0 estão sendo utilizadas por pequenas (P), médias (M) e grandes empresas (G). As pequenas se destacam como Fornecedoras de Serviços (FS) e Fornecedoras de Tecnologia (FT). Vale destacar a presença de startups entre as empresas de pequeno porte.

Além das dificuldades mencionadas, os principais desafios para que o país consiga, de fato, alcançar a quarta revolução industrial, de acordo com a CNI (2016), são:

- A integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas através de novas tecnologias de hardware e software com infraestrutura adaptada à Internet;

Mecanismos para difundir, facilitar e induzir a adoção de novas tecnologias da Indústria 4.0 por empresas brasileiras com soluções e personalizações nacionais, incluindo a formação de um novo tipo de profissional com competência em eletrônica, processos automatizados e integração em rede;

- Regulamentação e apoio através de políticas industriais e iniciativas públicas e privadas para a divulgação e implementação de novas tecnologias.

V. CONCLUSÃO

Mesmo com exemplos de casos reais, o foco da Indústria 4.0 está limitado a alguns setores específicos. O avanço da Indústria 4.0 no Brasil depende de alguns fatores como o maior conhecimento das empresas sobre os benefícios da digitalização, tanto no aumento da produtividade como nas oportunidades de novos modelos de negócios, flexibilização e customização da produção e redução de tempo para lançar novos produtos no mercado. Os principais obstáculos internos e externos para as empresas brasileiras consistem na falta de controle sobre os componentes e tecnologias da Indústria 4.0, os altos custos inerentes a eles e a falta de mão-de-obra qualificada.

No Brasil, a crise econômica e a incerteza política são obstáculos aos investimentos para a modernização. Com a globalização e as demandas do mercado cada vez mais fortes, o setor industrial precisa se adaptar às inovações e às novas tecnologias da Indústria 4.0 o mais rápido possível. Quem não se adaptar a essa nova realidade e usar seus benefícios para o autodesenvolvimento, corre o risco de perder competitividade e tornar-se obsoleto. A tecnologia já está disponível, agora é mais uma questão de eficiência econômica.

Para mudar esse cenário, o primeiro passo é aumentar a digitalização no Brasil, promovendo a infraestrutura digital, investindo e estimulando a qualificação profissional e promovendo a criação de linhas específicas de financiamento. Outra medida destacada por empresas de todos os setores é o

estabelecimento de linhas de crédito específicas para promover o desenvolvimento de novas tecnologias para a indústria. Além disso, a criação de plataformas de demonstração poderia ser uma iniciativa efetiva para estimular a difusão do conceito e o estabelecimento de parcerias entre clientes e fornecedores de novas tecnologias.

Foram apresentados exemplos de empresas de todos os tamanhos (pequenas, médias e grandes) que apostam no futuro e estão começando a colher os benefícios da inovação. O Brasil tem um grande potencial para desenvolver novas tecnologias e tornar-se mais competitivo no mercado, aplicando os conceitos de Indústria 4.0 em setores como o petróleo e o gás, onde o país já está relativamente bem posicionado e na agricultura e no setor de energia renovável, onde existe um enorme potencial de desenvolvimento. A Indústria 4.0 oferece um tremendo potencial para startups e pequenas e médias empresas e essas organizações serão necessárias para oferecer serviços digitais e soluções de tecnologia personalizadas.

Esta transformação digital é obrigatória e um passo importante para a competitividade.

VI. REFERÊNCIAS

- ABB. **Líder em tecnologias digitais para a indústria.** Disponível em: < <http://new.abb.com/br>> Acesso em 10 dez. 2017.
- ARBURG. **Indústria 4.0.** Disponível em:< <https://www.arburg.com/pt/br/gama-de-servicos/servicos-globais/orientacao/industria-40/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- BEKEY, G. A. *Autonomous Robots.* Massachusetts Institute of Technology Press. 2005.
- BNDES. **Estudo Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil,** 2017.
- BOSCH DO BRASIL. **Bosch apresenta tecnologias e serviços durante Congresso Brasileiro de Inovação da Indústria.** Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/Imprensa/Releases/Detalhes.aspx?idRelease=15492>> Acesso em 10 dez. 2017.
- CLIVER. **Faça um tour pela Cliever e conheça nossas Impressoras 3D.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kVS21fWwqJg>> Acesso em 10 dez. 2017.
- Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria.** – Brasília: CNI, 2016.
- DATACOM. **Conheça a Datacom.** Disponível em: <http://www.datacom.ind.br/pt_> Acesso em 10 dez. 2017.
- EMBRAER. ZERBINI, J. C (2017). **O case da Embraer na Indústria 4.0 - Vanzolini 50 anos.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qEwjPnrOa_Y> Acesso em 10 dez. 2017.
- FIAT CHRYSLER. SCRIVANO, R. (2016). **Grande indústria já adota ‘fábrica inteligente’.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/grande-industria-ja-adota-fabrica-inteligente-20461261>> Acesso em 10 dez. 2017.
- FREITAS, M.M.B.C; FRAGA, M.A.F; SOUZA, G.P.L. **Logística 4.0: Conceitos e aplicabilidade.** Uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. FAE. Centro Universitário, Curitiba. 2016.
- FUTURISTE. **Cursos, Loja e Assistência Técnica de Drones.** Disponível em: <http://www.futuriste.com.br/Empresa_de_drones> Acesso em 10 dez. 2017.
- GEISSBAUER, R VEDSO, J SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Building the digital enterprise.** PWC, 2016 Global Industry 4.0 Survey.
- GIBSON, I., ROSEN, D. AND STUCKER, B. *Additive Manufacturing Technologies.* New York: Springer. 2010.
- GIUSTO, D., A. IERA, G. MORABITO AND L. ATZORI, 2010: **The Internet of Things.** ISBN 978-1-4419-1673-0
- Global Manufacturing & Industrialisation Summit (GMIS) 2017: **Brazil’s Manufacturers urged to harness the power of the Fourth Industrial Revolution.** Disponível em: < <https://gmisummit.com/gmis-summit-news/brazils-manufacturers/>> Acesso em 04 abr. 2017.
- HARBOR. **Software Industrial Para Coleta de Dados.** Disponível em: <<https://www.harbor.com.br/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- IBMP. FERREIRA, A. P (2017). **Instituto de Biologia Molecular do Paraná.** Disponível em: <<http://www.sensorweb.com.br/cases/instituto-de-biologia-molecular-do-parana-ibmp/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- KAGERMANN, H., W. WAHLSTER AND J. HELBIG, **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0:** Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Acatech – National Academy of Science and Engineering, 2013.
- LEAL. **Tecnologia de RFID moderniza empresa.** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/pme/tecnologia-de-rfid-moderniza-empresa/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- LEE J., BAGHERI, B., KAO, H.A. **Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics.** Proceeding of Int. Conference on Industrial Informatics (INDIN) 2014.
- LEE, E. A., SESHIA, S. A. **Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach.** Segunda Edição, MIT Press, 2017.
- NUBANK. **Nubank será o primeiro a usar tecnologia de tokenização da Mastercard.** Disponível em: < <http://computerworld.com.br/nubank-sera-o-primeiro-usar-tecnologia-de-tokenizacao-da-mastercard>> Acesso em 10 dez. 2017.
- OMRON. Disponível em: <<https://www.omron.com.br/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- POLLUX. **Linha de montagem, Robótica Colaborativa, Internet Industrial.** Disponível em: <<https://www.pollux.com.br/>> Acesso em 10 dez. 2017.
- PPI. **PC Factory - MES.** Disponível em:< <http://www.ppi-multitask.com.br/>> Acesso em 10 dez. 2017.

Programa Indústria 4.0 receberá mais incentivos no Brasil. **Governo do Brasil**, 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/09/programa-industria-4-0-recebera-mais-incentivos-no-brasil>> Acesso em 10 dez. 2017

SCHUMACHER, A., EROL, S., SIHN W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* 52, 161 – 166, 2016.

SCHNEIDER-ELECTRIC. **Especialista Global em Gestão de Energia**. Disponível em: <<https://www.schneider-electric.com.br/pt/>> Acesso em 10 dez. 2017.

SIEMENS. **Apoiando a indústria cervejeira em todo o mundo**. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/imprensa/pages/siemens-apoiando-a-ind%C3%BAstria-cervejeira-em-todo-o-mundo.aspx>> Acesso em 10 dez. 2017.

SIEMENS. MATSU, C. (2016). **Como a Siemens pretende conduzir a evolução da Indústria 4.0**. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/como-siemens-pretende-conduzir-evolucao-da-industria-40>> Acesso em 10 dez. 2017.

SOUZA, M. **What emerging economies can teach us about designing better innovation policies**. World Economic Forum Annual Meeting 2017. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2017/01/designing-innovation-policies-in-emerging-economies/>> Acesso em 10 dez. 2017

STOCK, T. & SELIGER, G. **Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0**. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use, 2016.

T-SYSTEMS. **Blog - T-Systems do Brasil Ltda**. Disponível em: <<http://www.t-systems.blog.br/sobre>> Acesso em 10 dez. 2017.

TAMÁS, P. & ILLÉS, B. **Process Improvement Trends for Manufacturing Systems in Industry 4.0**. Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2016.

TECLAV. PESSOA, Y. PONTES, H. (2016). **Visita técnica à empresa teclav - tecnologia e lavagem industrial - caso prático de utilização do sistema rfid**. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/14492>> Acesso em 10 dez. 2017.

THYSSENKRUPP. MAX: **Uma verdadeira revolução na prestação de serviço em elevadores**. Disponível em: <[http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/estamos-](http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/estamos-levando-a-industria-de-elevadores-para-a-era-digital-apresentamos-o-max-uma-verdadeira-revolucao-na-prestacao-de-servico-em-elevadores/)

[levando-a-industria-de-elevadores-para-a-era-digital-apresentamos-o-max-uma-verdadeira-revolucao-na-prestacao-de-servico-em-elevadores/](http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/estamos-levando-a-industria-de-elevadores-para-a-era-digital-apresentamos-o-max-uma-verdadeira-revolucao-na-prestacao-de-servico-em-elevadores/)> Acesso em 10 dez. 2017.

TOTVS. Disponível em: <<https://www.totvs.com/home>> Acesso em 10 dez. 2017.

TRAMONTINA. **Informativo Altus**. Disponível em: <<http://www.altus.com.br/ftp/Public/Portugues/Altus%20Institucional/Informativo%20I%26A/I%26A88.pdf>> Acesso em 10 dez. 2017.

VW DO BRASIL. DIAS, T. (2016). **Mecânica em Dias | Fábrica digital: investimentos e tecnologias por trás de um novo veículo**. Disponível em: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2016/01/20/fabrica-digital-investimentos-e-tecnologias-por-tras-de-um-novo-veiculo/>> Acesso em 10 dez. 2017.

WEG. Disponível em: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/>> Acesso em 10 dez. 2017.

WELCKER, C. M. **Zukunft Maschinenbau**. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Verlagsspezial. Alemanha, 2017.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 23/01/2018

Aprovado em: 08/03/20

2.2 Artigo ENEGEP

XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

"A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção"

DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA 4.0 PARA O BRASIL

Marcos Ronaldo Albertin (UFC)

albertin@ufc.br

Maria Luiza Bufalari Elienesio (UFC)

malu.bufalari@gmail.com

Aline dos Santos Aires (UFC)

alinesantosaies@hotmail.com

Com o contínuo avanço e desenvolvimento de novas tecnologias, surgiu na Alemanha o conceito da Indústria 4.0, ou quarta revolução industrial, cuja base é a automação dos processos produtivos e a incorporação da digitalização de toda a cadeia de valor, fazendo uma fusão entre o mundo real e o mundo virtual. Este novo cenário de indústria integrada e da internet impacta na manufatura brasileira. Esse artigo foi desenvolvido com o objetivo de expandir o conhecimento sobre os principais desafios e oportunidades que a Indústria 4.0 representa para o Brasil, e como o país se posiciona dentro desse contexto. Além disso, serão apresentados os conceitos fundamentais da Indústria 4.0, seus benefícios e impactos na indústria e economia. Esta pesquisa bibliográfica, mostrou que, apesar do envolvimento pontual de alguns setores com tecnologias avançadas, o país ainda se encontra em um estágio inicial de conhecimento sobre o tema e a existência de obstáculos internos e externos ainda impedem muitas empresas brasileiras de perseguirem a Indústria 4.0 e aproveitarem seus benefícios.

Palavras-chave: Indústria 4.0, estratégia de desenvolvimento, cenário brasileiro



1. Introdução

O termo Indústria 4.0, também conhecido como quarta revolução industrial, manufatura inteligente, indústria da internet ou indústria integrada (HOFMANN *et al.*, 2017) surgiu a partir de iniciativas estratégicas do governo da Alemanha para consolidar o país como líder na área de tecnologia e fortalecer sua competitividade global (KAGERMANN *et al.*, 2013). Dessa forma, em abril de 2013 na maior feira de tecnologia industrial “Feira de Hannover”, foi lançado oficialmente o projeto *Industrie 4.0* com as primeiras recomendações para sua implementação. O termo foi descrito por Kagermann *et al.* (2013) como “uma realidade em que as redes globais são estabelecidas pelas empresas sob a forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS – *Cyber-Physical Systems*) que incorporam máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção que são capazes de trocar informação e cooperar de forma autônoma através da Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*) desencadeando ações e controlando uns aos outros de forma independente”.

O diferencial da Indústria 4.0 está no fato de que o processo de fabricação vai evoluindo de uma única célula automatizada para sistemas totalmente automatizados e integrados que se comunicam com outros, contribuindo para maior flexibilidade, velocidade, produtividade e qualidade dos sistemas produtivos. A feira de Hannover de 2017 teve como tema principal a Indústria 4.0 e a aplicação de suas tecnologias. Ela mostrou que a implementação destas tecnologias já é realidade e está acontecendo “passo a passo”, transformando significativamente a forma de projetar, produzir, entregar e remunerar a produção (HOFMANN *et al.*, 2017).

Esta realidade só é possível devido aos crescentes avanços tecnológicos da área da tecnologia da informação e da engenharia. De acordo com o *Boston Consulting Group* (BCG, 2015) isso deve-se à ascensão e ao avanço de novas tecnologias digitais para indústria. A quarta revolução industrial permite coletar e analisar dados entre máquinas, criando processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes para produzir produtos de maior qualidade a custos menores. Desta maneira, a Indústria 4.0 está transformando toda a cadeia produtiva, pois seu foco está na digitalização de ponta a ponta de todos os bens físicos e integração para ecossistemas digitais com todos os parceiros da cadeia de valor, permitindo tomadas de decisão rápidas e respostas autônomas dos sistemas de produção.

Em síntese, o conceito de Indústria 4.0 é resultado da incorporação da digitalização à

atividade industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual.

Esta pesquisa bibliográfica foi realizada para identificar as tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 e os benefícios, desafios e oportunidades que representam para o desenvolvimento industrial brasileiro. Foram pesquisados artigos e entrevistas a gestores de tecnologias representantes dos setores público e privado do Brasil e de países líderes na Indústria 4.0.

2. Fundamentação teórica

Nesta seção destacam-se as principais tecnologias da Indústria 4.0 e seus impactos na indústria e economia.

2.1. Principais tecnologias envolvidas

A Indústria 4.0 denota a transformação das indústrias "tradicionais" pela Internet das Coisas, objetivando conectar pessoas, objetos e sistemas em tempo real, levando ao surgimento de redes de valor dinâmicas, integradas, otimizadas e auto-organizadas através de empresas. Segundo o presidente do sindicato alemão de Máquinas e Equipamento (VDMA), Carl Martin Welcker, na Fábrica 4.0 ocorre a integração de Tecnologias da Informação, Telecomunicação e Manufatura. Neste sistema eletrônico, o produto se comunica com pessoas, máquinas e equipamentos de forma direta, flexível e hierárquica. Desta maneira obtêm-se flexibilidade, velocidade e otimização nos processos (WELCKER, 2017). Existem quatro componentes considerados como base da Indústria 4.0 (HOFMANN, E., RÜSCH, M; 2017):

- Os Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS – *Cyber-Physical Systems*) que, de acordo com Lee & Seshia (2017), “é a integração da computação com os processos físicos cujo comportamento é definido tanto pela parte *cyber* como pela parte física do sistema”;
- A Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*), que é a relação do mundo virtual com o mundo físico através da rede mundial de computadores;
- A Internet dos Serviços (IoS - *Internet of Services*), que, segundo Buxmann *et al.* (2009), permite que os fornecedores ofereçam seus serviços pela internet e é composta por participantes, uma infraestrutura de serviços, modelos de negócios, e os próprios serviços;
- As Fábricas Inteligentes, que são locais onde máquinas e materiais se comunicam através das operações industriais fazendo com que o processo de produção possa ser realizado por meios digitais, que pode ocorrer de forma autônoma ou de forma integrada.

Além desses quatro componentes básicos da Indústria 4.0, o *BCG* (2015) cita outras oito tecnologias fundamentais que estão transformando as relações tradicionais da produção industrial, de uma célula isolada otimizada para um fluxo de dados e produtos totalmente integrado através das fronteiras, permitindo uma comunicação integrada ao longo de toda a cadeia de valor. Essas tecnologias são:

- Robôs autônomos, inteligentes ou colaborativos (Cobots): utilizar robôs na indústria não é um conceito novo, pois eles já são utilizados em muitas indústrias para realizar tarefas complexas. Mas, na indústria 4.0 eles ganham habilidades além dos seus antecessores, eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Eventualmente, eles irão interagir uns com os outros e trabalhar com segurança lado a lado com os seres humanos e aprender com eles. Estes robôs custarão menos e terão maior alcance de capacidades do que os utilizados na indústria atualmente

- Big data: a análise e gestão de grandes quantidades de dados está permitindo a otimização da produção e o até mesmo a redução do consumo de energia. Em um contexto de Indústria 4.0, a coleta e avaliação abrangente de dados de várias fontes diferentes em tempo hábil vai se tornar procedimento padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real;

- Simulação: o uso de simulação computacional é essencial para garantir a qualidade e eficiência no desenvolvimento de produtos. A simulação permite que dados em tempo real sejam utilizados para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos;

- Manufatura aditiva: também conhecida como impressão em três dimensões (3D), este pilar envolve a produção de peças a partir de camadas sobrepostas de material, normalmente em forma de pó, para se obter um modelo 3D;

- Computação em nuvem: este modelo tecnológico está permitindo sustentar o desenvolvimento da indústria 4.0. Muitas empresas já estão usando softwares baseados em nuvem para alguns empreendimentos e aplicações analíticas. O armazenamento em nuvem facilita um maior compartilhamento de dados em diferentes localidades e em sistemas que vão além do servidor da empresa, fornecendo uma grande redução de custos e tingindo tempos de reação de apenas alguns milissegundos;

- Realidade aumentada: um sistema baseado em realidade aumentada suporta uma variedade de serviços. Estes sistemas estão no início do desenvolvimento, mas no futuro, as empresas irão fazer um uso muito mais amplo da realidade aumentada para fornecer aos trabalhadores informação em tempo real para melhorar a tomada de decisão e procedimentos

de trabalho. Aplicada às necessidades da indústria, é possível ter desde instruções de montagem enviadas via celular para desenvolvimentos para peças de protótipo até o uso de óculos de realidade aumentada para a gestão e operação de determinadas máquinas, melhorando procedimentos de trabalho;

- Integração horizontal e vertical de sistemas: a maioria dos sistemas de tecnologia da informação existentes hoje não são totalmente integrados. Mas, com a Indústria 4.0, as empresas, os departamentos, as funções e os recursos se tornarão muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais e entre empresas evoluam e possibilitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas;

- Cibersegurança: a indústria do futuro necessita que todas as áreas da empresa estejam conectadas, por isso a cibersegurança é um elemento fundamental para proteger sistemas e informações de possíveis ameaças e falhas, que podem vir a causar transtornos na produção.

2.2 Benefícios da Indústria 4.0 para a indústria e economia

Como toda nova tecnologia empregada, um dos principais benefícios é a redução de custos e o aumento da eficiência. Os principais benefícios da Indústria 4.0 podem ser agrupados em quatro áreas (WELCKER, 2017):

- Produtividade e uso de recursos: Uma rede interligando máquinas, produtos e sistemas produtivos contribui para otimização da utilização de recursos. A Indústria 4.0 aumenta a eficiência no uso de energia e de materiais com uso otimizado entre empresas interligadas;

- Crescimento da receita: baseado em um aumento antecipado da demanda dos fabricantes por equipamentos aprimorados e aplicações de dados combinados com a demanda dos consumidores por produtos customizados;

- Empregabilidade: esta é uma área controversa pois, no passado, o surgimento da automação e avanços tecnológicos, por vezes, levou a uma redução no emprego, pelo menos no curto prazo. Espera-se um aumento na quantidade de empregos, mas é preciso levar em consideração que serão necessárias diferentes competências e que alguns trabalhadores pouco qualificados poderão ser substituídos pelas máquinas, enquanto outros, como engenheiros mecânicos, programadores de software e especialistas em TI estarão em maior procura;

- Investimento: espera-se que com a indústria 4.0 sejam feitos muitos investimentos e que, conseqüentemente, impulse a economia.

O impacto da Indústria 4.0 e como seus benefícios serão percebidos vai variar de acordo com os países e com o setor da indústria (SMIT *et al.*, 2016). Por exemplo, as indústrias com um elevado nível de *mix* de produto, tais como as indústrias automobilísticas e as do setor de

alimentos e bebidas, vão se beneficiar com um maior grau de flexibilidade, enquanto as indústrias com foco na alta qualidade, como semicondutores e produtos farmacêuticos, poderão se beneficiar com a redução das taxas de erro. Para os clientes, será possível participar de todo o processo de produção por intermédio da tecnologia de informação, uma vez que a integração dos processos se dará também entre clientes e empresas.

3. Panorama brasileiro da Indústria 4.0

Esta seção descreve os principais desafios e oportunidades para o cenário industrial e econômico brasileiro.

3.1 Estratégias de desenvolvimento

Em 2015, o Governo Federal uniu o setor privado, a academia, os institutos de pesquisa e outras entidades com o objetivo de desenvolverem uma política avançada de manufatura (SOUZA, 2017). Apesar de muitas questões permanecerem em aberto quanto às escolhas estratégicas que o governo irá tomar em relação à Indústria 4.0, todo esse processo de consulta teve o efeito colateral positivo de trazer à tona o tema entre o governo e o setor privado, envolvendo a sociedade na missão em busca de respostas (SOUZA, 2017).

Em fevereiro de 2017, o *Global Manufacturing and Industrialisation Summit* (GMIS) reuniu-se com os maiores representantes industriais tanto do setor privado, quanto do governo federal, em São Paulo, para assinar um *Memorandum of Understanding* (MoU) com a Confederação Nacional da Indústria (CNI). O MoU analisará formas de como as duas partes podem trabalhar em conjunto para explorar a quarta revolução industrial, transformando o setor industrial brasileiro, especialmente em áreas de produção expressivas, como alimentos e agricultura, automotivo, petróleo e mineração, aço, produtos químicos, têxteis e produtos farmacêuticos (GMIS, 2017).

Mesmo com a incerteza acerca de qual estratégia de desenvolvimento é a melhor a se seguir no Brasil, algumas empresas já tomaram iniciativa própria no desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas em instalações no país. Pode-se citar os seguintes exemplos:

- *Basf*, cuja subsidiária incorporou o uso de aplicativos baseados em *data analysis* para clientes do agronegócio e na divisão de tintas (VIALLI, 2016);
- *Electrolux* América Latina, que possui um centro de design localizado em Curitiba o qual usa prototipação digital e realidade virtual na confecção de protótipos de eletrodomésticos que irão chegar ao consumidor final (VIALLI, 2016);

- *Jeep SUV*, que é parte do grupo *Fiat Chrysler Automobiles* (FCA), inaugurou em 2015 a unidade mais moderna, desde a fusão do grupo, em Goiana (PE). A fábrica une a digitalização, a conectividade e a realidade virtual em seus processos produtivos e é referência nacional (VIALLI, 2016);
- Empresas do setor calçadista estão implementando a automação industrial. Schröder *et al.* (2015) exemplifica a automação nos processos de aspersão e colagem. O calçado entra na linha de fabricação com chips instalados nas formas que são monitorados através de sensores via RFID. Empresas de consultoria estrangeira estão auxiliando no desenvolvimento tecnológico;
- Sistema Hyundai de Produção, utilizando sistemas modulares no projeto do produto (NUNES, 2016) característicos das fábricas inteligente, aumentando a flexibilidade às mudanças nos requisitos de substituição ou expansão de módulos individuais (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2014);
- Uso de impressoras 3D para prototipagem rápida na medicina auxiliando a confecção de próteses e diagnósticos (HOFFMANN, H.; 2017).

3.2 Benefícios e oportunidades

Stock & Seliger (2016) afirmam que a Indústria 4.0 afetará diferentes fatores de criação de valor: equipamentos, processos, produto, organização e mão de obra. A combinação dessas mudanças criará benefícios em produtividade, investimentos, demanda de produtos e crescimento de receita, mas também despertará novas preocupações.

Em uma fábrica da Indústria 4.0, os componentes e sistemas são capazes de monitorar as condições e obter autoconhecimento e auto-previsibilidade, o que proporcionará à administração mais informações sobre o status da fábrica (LEE *et al.*, 2014).

A troca de informação entre os componentes da linha de produção e entre as unidades de produção (ou mesmo entre empresas diferentes) levará a uma otimização até agora inimaginável na logística. Também estabelecerá uma maior ligação entre os elos da cadeia produtiva, o que, em contrapartida, aumentará a produtividade e a eficiência na utilização de recursos (ex.: energia). Obtém-se o aumento da flexibilidade nas linhas de produção, permitindo uma eficiente personalização em massa de produtos de acordo com as preferências e necessidades de diferentes clientes (CNI, 2016).

Quanto ao fator humano, os atuais empregos no setor de manufatura estão enfrentando um alto risco de serem amplamente automatizados (FREY & OSBORNE, 2013 citado por

STOCK & SELIGER, 2016). De acordo com Rüßmann *et al.* (2015), "a curto prazo, a tendência para uma maior automação deslocará alguns dos trabalhadores, muitas vezes menos qualificados, que executam tarefas simples e repetitivas, para realizarem tarefas mais criativas para agregação de valor. Ao mesmo tempo, o crescente uso de software, conectividade e análise de dados aumentará a demanda por funcionários com competências em desenvolvimento de software, tecnologias da informação e especialistas em mecatrônica com habilidades de software". Kagermman *et al.* (2013), no relatório final de uma pesquisa realizada para o governo alemão, afirma que esta nova “forma de trabalhar” permitirá mais anos de trabalho, combinando em uma forma mais apropriada o lazer e desenvolvimento profissional contínuo.

Rüßmann *et al.* (2015) afirmam que a adaptação dos processos de produção para incorporar a Indústria 4.0 exigirá que os produtores façam investimentos contínuos, impulsionando a economia.

Estudos com tecnologias da Indústria 4.0 sinalizam os seguintes benefícios empresariais (KAGERMMAN *et al.*, 2013; SCHRÖDER *et al.*, 2015 e NUNES *et al.*, 2016):

- Aumento de produtividade, qualidade e redução do *lead time*;
- Produção em massa customizada. Fabricas inteligentes podem atender a requisitos individuais de clientes com lotes unitários;
- Processos dinâmicos de engenharia e comerciais com mudanças no “último” minuto;
- Processos transparentes ao longo da cadeia de valor, facilitando a tomada de decisão otimizadas;
- Criação de novos modelos de negócios e novas formas de adição de valor;
- Novas oportunidades para *startups* e pequenas e médias empresas.

3.3 Dificuldades e desafios

Uma pesquisa do Conselho Nacional de Indústria (CNI) mostrou que os conhecimentos sobre tecnologias digitais e suas aplicações na indústria, requerimentos essenciais para o desenvolvimento da Indústria 4.0, ainda não estão bem difundidos na indústria do país (CNI, 2016).

A pesquisa envolveu 2225 empresas: 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes. Entre as empresas pesquisadas, 43% não conseguiram identificar quais as tecnologias digitais em uma lista de 10 opções, que incluiu os principais componentes da Indústria 4.0, têm maior potencial para aumentar a competitividade da indústria. Esse desconhecimento é

significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes empresas, a porcentagem das que não conseguiram identificar nenhuma das 10 tecnologias digitais apresentadas como importantes para a competitividade caiu para 32% (CNI, 2016).

Entre as empresas que adotam pelo menos uma das tecnologias digitais listadas na pesquisa, 61% das empresas das indústrias de alta tecnologia e 58% das empresas do setor de tecnologia média-alta adotam pelo menos uma tecnologia relacionada com o estágio de desenvolvimento da cadeia produtiva. As percentagens caem para 42% nas indústrias de baixa tecnologia e para 44% nas médias indústrias de tecnologia média-baixa (CNI, 2016).

Para 66% das empresas, os custos de implementação constituem a principal barreira interna à adoção de tecnologias digitais. Os itens "falta de clareza na definição de retorno sobre o investimento" e "estrutura corporativa e cultura" estão ligados ao segundo lugar com 26% e 24% das respostas, respectivamente.

Quando a análise é restrita ao grupo de empresas que utilizam tecnologias digitais, notou-se que a barreira interna está ligada com "dificuldades para integrar novas tecnologias e software". O item "falta de clareza na definição de retorno sobre o investimento" ficou em segundo lugar (32% das respostas). O alto custo de implementação é a principal barreira interna, conforme indicado por 83% das empresas.

Entre todas as barreiras externas, destaca-se a falta de mão-de-obra qualificada, com 30% de respostas (CNI, 2016).

De acordo com especialistas, a maior parte da indústria brasileira ainda está na transição da indústria 2.0 (caracterizada pelo uso de linhas de montagem e energia elétrica) para a Indústria 3.0 (aplica-se a automação através de eletrônica, robótica e programação).

A indústria brasileira está seguindo um caminho que parece natural: em primeiro lugar, focar em aumentar a eficiência, e eles se deslocam para aplicações mais focadas no desenvolvimento de novos produtos e novos modelos de negócios. No entanto, considerando a posição competitiva do Brasil na economia global, o mais recomendado seria que o esforço de digitalização fosse realizado simultaneamente em todas as dimensões.

Os desafios da Indústria 4.0 para o Brasil são (CNI,2016):

- A integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas através de novas tecnologias de hardware e software com infraestrutura adequada de internet;
- Mecanismos para divulgar, facilitar e induzir adoção de novas tecnologias da Indústria

4.0 por empresas brasileiras com soluções e customização nacional, incluindo a formação de um novo tipo de profissional com competência em eletrônica, processos automatizados e integrados em rede;

– Regulação e apoio através de políticas industriais e iniciativas público e privadas para disseminação e implementação de novas tecnologias.

4. Conclusão

Ainda existem muitos desafios que precisam ser superados para que se possa afirmar que a 4ª. Revolução Industrial está acessível, principalmente no Brasil, pois mesmo com exemplos de aplicação, o foco da Indústria 4.0 está limitado a alguns setores. O avanço da Indústria 4.0 no Brasil depende do aumento do conhecimento das empresas em relação aos benefícios da digitalização, tanto no aumento da produtividade quanto nas oportunidades de novos modelos de negócios, flexibilização e customização da produção e redução do tempo de lançamento de produtos no mercado. Os principais obstáculos internos e externos para as empresas brasileiras são a falta de domínio sobre os componentes e tecnologias da Indústria 4.0, o seu custo elevado a carência de mão de obra qualificada.

Para mudar esse cenário, é possível contribuir para o aumento da digitalização no Brasil, promovendo a infraestrutura digital, investindo e estimulando a qualificação profissional e promovendo a criação de linhas específicas de financiamento. A criação de plataformas de demonstração poderia ser uma iniciativa eficaz para estimular a difusão do conceito e o estabelecimento de parcerias entre clientes e fornecedores de novas tecnologias.

Outra medida destacada por empresas de todos os setores é o estabelecimento de linhas de crédito específicas para fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias para a indústria.

O Brasil tem grande potencial em desenvolver novas tecnologias e se tornar mais competitivo no mercado aplicando os conceitos da Indústria 4.0 em setores como petróleo e gás, onde o país já se encontra relativamente bem posicionado, na agropecuária e no setor de energias renováveis. Essa transformação digital será obrigatória e um importante passo para a competitividade. A Indústria 4.0 oferece um enorme potencial para startups, e pequenas e médias empresas. Estas organizações serão necessárias para oferecer serviços digitais e soluções tecnológicas customizadas. Finalmente, o desenvolvimento de novas competências e o desenvolvimento profissional continuado oferecem uma nova dimensão de oportunidades em formação e capacitação profissional.

REFERÊNCIAS

- BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Citado por: Michael Rüßmann, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, and Michael Harnisch, abril 2015.
- BUXMANN, P., HESS, T. e RUGGABER, R. *Internet of services*. **Business & Information Systems Engineering**, p. 341–342. 2009.
- CONSELHO NACIONAL DE INDÚSTRIA (CNI). *Special Survey – Industry 4.0*. 2016. Disponível em: <https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/13/e7/13e7e7bd-9b1d-4c16-8099-99b6d844d04e/special_survey_industry_40.pdf> Acesso em: 11 abr. 2017.
- Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria, elaborado pelo Conselho temático permanente de política industrial e desenvolvimento tecnológico - COPIN. – Brasília: CNI, 2016.
- FREY, C. B. & OSBORNE, M. A. *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*. Citado por: STOCK, T. & SELIGER, G. *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use*. 2016.
- GLOBAL MANUFACTURING & INDUSTRIALISATION SUMMIT (GMIS). *Brazil's Manufacturers urged to harness the power of the Fourth Industrial Revolution*. 2017. Disponível em: <<https://gmisummit.com/gmis-summit-news/brazils-manufacturers/>> Acesso em: 12 abr. 2017.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Working Paper N° 01*, 2015.
- HOFFMANN, H. *Technische Graswurzelrevolution. Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Verlagsspezial. Alemanha, 2017.
- HOFMANN, E., RÜSCH, M. *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. Computers in Industry*. Elsevier, 2017.
- KAGERMMAN, H., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., SCHUH, G., WAHLSTER, W. (Eds.). *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners* (acatech STUDY). Munique, **Herbert Utz Verlag**, 2016.
- KAGERMMAN, H., HELBIG, J., SCHUH, G., WAHLSTER, W. *Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. 2013.
- LEE J., BAGHERI, B., KAO, H.-A. *Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics. International Conference on Industrial Informatics* (INDIN), 2014.
- LEE, E. A., SESHIA, S. A. *Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach*. Segunda Edição, **MIT Press**, 2017. Disponível em: <http://leeseshia.org/releases/LeeSeshia_DigitalV2_2.pdf> Acesso em 04 abr. 2017.
- NUNES, F. de L. Sistema Hyundai de Produção: suas dimensões técnicas e tecnológicas. **Anais do XV CONEMI - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial**. Goiânia, CONEMI, 2016. ISSN: 2446-9734.
- PANORAMA DA INOVAÇÃO: Indústria 4.0 - Sistema FIRJAN, Rio de Janeiro, abril/2016. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/>> Acesso em: 04.04.2017
- RAUEN, H. *Industry 4.0: The Technological Revolution Continues*. Orador em vídeo, 2012. **Hannover Fair**, 2016. Disponível em: <www.vdma.org/video>. Acesso em: 12.03.2027
- RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., HAMISCH, M. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. 2015. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries> Acesso em: 09.03.2017.
- SCHRÖDER, R., NUNES, F. de L., VIERO C. F., MENEZES, F. M.. *Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0*. *Revista Espacios*. v. 36, n. 18, p. 18. 2015.

SMIT, J., KREUTZER, S., MOELLER, C., CARLBERG, M. **POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY Industry 4.0-** Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE). União Européia, fevereiro de 2016. Disponível em < <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/supporting-analyses-search.html>> Acesso em: 04 abr. 2017.

SONDAGEM ESPECIAL - Indústria 4.0 | Publicação da Confederação Nacional da Indústria – CNI - Diretoria de Políticas e Estratégia – DIRPE. Brasil, 2016. Disponível em <<http://www.cni.org.br/sondespecial>>_ Acesso em: 04 abr. 2017

SOUZA, M. *What emerging economies can teach us about designing better innovation policies.* **World Economic Forum Annual Meeting 2017.** 2017. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2017/01/designing-iinnovation-policies-in-emerging-economies/>> Acesso em: 12 abr. 2017.

STOCK, T. & SELIGER, G. *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use.* 2016.

VIALLI, A. *Brave new world 4.0.* Disponível em: <<http://www.mundocorporativo.deloitte.com.br/en/brave-new-world-4-0/>> Acesso em: 12 abr. 2017.

WELCKER, C. M. *Zukunft Maschinenbau. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Verlagsspezial.* Alemanha, 2017.

2.3 Artigo SIMPEP



PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA 4.0 E SUAS APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES NA MANUFATURA

MARCOS RONALDO ALBERTIN -
albertin@ufc.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ – UFC

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO –
malu.bufalari@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ - UFC

ALINE DOS SANTOS AIRES -
alinesantosaires@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ - UFC

HERÁCLITO LOPES JAGUARIBE PONTES -
hjaguaribe@ufc.br UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ - UFC

DMONTIER PINHEIRO ARAGÃO JUNIOR -
dmontier@ot.ufc.br UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Área: 8 - *GESTÃO DO CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL*
Sub-Área: 8.2 - *GESTÃO DA TECNOLOGIA*

Resumo: COM O CONTÍNUO AVANÇO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS, SURTIU NA ALEMANHA O CONCEITO DA INDÚSTRIA 4.0, OU QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL, CUJA BASE É A AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS E A INCORPORAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO DE TODA A CADEIA DE VALOR, FAZENDO UMA FUSÃO ENTRE O MUNDO REAL E O MUNDO VIRTUAL. SEGUNDO O BOSTON CONSULTING GROUP, ESSA EVOLUÇÃO É BASEADA EM NOVE PILARES TECNOLÓGICOS: INTERNET DAS COISAS, REALIDADE AUMENTADA, ROBÔS AUTÔNOMOS, SIMULAÇÃO, MANUFATURA ADITIVA, BIG DATA, A TECNOLOGIA DE NUVEM, CYBERSECURITY E INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL DE SISTEMAS E SOFTWARES. ESSE ARTIGO FOI DESENVOLVIDO COM O OBJETIVO DE EXPOR, POR MEIO DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA, AS DEFINIÇÕES E AS CARACTERÍSTICAS DE CADA UM DESSES PILARES, BEM COMO SUAS APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES NA INDÚSTRIA. ESSA PESQUISA MOSTRA QUE NEM TODAS AS TECNOLOGIAS ESTUDADAS POSSUEM APLICAÇÃO EFETIVA NA INDÚSTRIA AINDA, MAS TODAS TÊM O POTENCIAL DE TRAZER CONTRIBUIÇÕES QUE RESULTARÃO NUMA MAIOR FLEXIBILIDADE, VELOCIDADE, PRODUTIVIDADE OU QUALIDADE DOS SISTEMAS PRODUTIVOS, IMPACTANDO NA FORMA DE PLANEJAR, ORGANIZAR E CONTROLAR A PRODUÇÃO.

Palavras-chaves: INDÚSTRIA 4.0; PRINCIPAIS TECNOLOGIAS; APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA.

MAJOR TECH INNOVATIONS IN INDUSTRY 4.0 AND ITS APPLICATIONS AND IMPLICATIONS IN MANUFACTURING

Abstract: WITH THE CONTINUOUS ADVANCE IN THE DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES, A NEW CONCEPT WAS BORN IN GERMANY: THE INDUSTRY 4.0, ALSO KNOWN AS THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION. THIS CONCEPT OF THE FUTURE OF MANUFACTURING IS BASED ON THE AUTOMATION OF THE PRODUCTIVE PROCESSES AND THE INCORPORATION OF DIGITALIZATION IN THE ENTIRE VALUE CHAIN, MERGING THE REAL WORLD AND THE VIRTUAL WORLD. ACCORDING TO THE BOSTON CONSULTING GROUP, THIS EVOLUTION IS BASED ON NINE TECHNOLOGICAL PILLARS: INTERNET OF THINGS, AUGMENTED REALITY, AUTONOMOUS ROBOTS, SIMULATION, ADDITIVE MANUFACTURING, BIG DATA, CLOUD TECHNOLOGY, CYBERSECURITY AND HORIZONTAL AND VERTICAL INTEGRATION OF SYSTEMS AND SOFTWARE. THE OBJECTIVE OF THIS ARTICLE IS TO EXPOSE, THROUGH A BIBLIOGRAPHIC RESEARCH, THE DEFINITIONS AND CHARACTERISTICS OF EACH OF THESE PILLARS, AS WELL AS THEIR APPLICATIONS IN THE INDUSTRY AND WHAT IMPLICATIONS THEY WILL HAVE. THIS RESEARCH SHOWS THAT NOT ALL THE TECHNOLOGIES STUDIED HAVE EFFECTIVE APPLICATION IN THE INDUSTRY YET, BUT ALL OF THEM HAVE THE POTENTIAL OF BRINGING CONTRIBUTIONS THAT WILL RESULT IN GREATER FLEXIBILITY, SPEED, PRODUCTIVITY OR QUALITY OF THE PRODUCTIVE SYSTEMS, AFFECTING HOW TO PLAN, ORGANIZE AND CONTROL PRODUCTION.

Keyword: INDUSTRY 4.0; MAJOR TECHNOLOGIES; APPLICATIONS IN INDUSTRY.

1. Introdução

O termo Indústria 4.0, também conhecido como quarta revolução industrial, manufatura inteligente, indústria da internet ou indústria integrada (HOFMANN *et al.*, 2017) surgiu a partir de iniciativas estratégicas do governo da Alemanha para consolidar o país como líder na área de tecnologia e fortalecer sua competitividade global (KAGERMANN *et al.*, 2013). Dessa forma, em abril de 2013 na maior feira de tecnologia industrial “Feira de Hannover”, foi lançado oficialmente o projeto *Industrie 4.0* com as primeiras recomendações para sua implementação. O termo foi descrito por Kagermann *et al.* (2013) como “uma realidade em que as redes globais são estabelecidas pelas empresas sob a forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS – *Cyber-Physical Systems*) que incorporam máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção que são capazes de trocar informação e cooperar de forma autônoma através da Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*) desencadeando ações e controlando uns aos outros de forma independente”.

O diferencial da Indústria 4.0 está no fato de que o processo de fabricação vai evoluindo de uma única célula automatizada para sistemas totalmente automatizados e integrados que se comunicam com outros, contribuindo para maior flexibilidade, velocidade, produtividade e qualidade dos sistemas produtivos. A feira de Hannover de 2017 teve como tema principal a Indústria 4.0 e a aplicação de suas tecnologias. Ela mostrou que a implementação destas tecnologias já é realidade e está acontecendo “passo a passo”, transformando significativamente a forma de projetar, produzir, entregar e remunerar a produção (Hofmann *et al.*, 2017).

Esta realidade só é possível devido aos crescentes avanços tecnológicos da área da tecnologia da informação e da engenharia. De acordo com o Boston Consulting Group (BCG) em seu estudo "Indústria 4.0: o futuro da produtividade e crescimento em indústrias manufatureiras" (*Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*), isso deve-se à ascensão e ao avanço de novas tecnologias digitais para indústria.

Esta pesquisa bibliográfica foi realizada para definir e caracterizar as principais tecnologias utilizadas na Indústria 4.0. Foram pesquisados artigos, livros e reportagens sobre as tecnologias envolvidas, suas aplicações e implicações potenciais no setor industrial.

2. Desenvolvimentos Tecnológicos

A seguir, serão discutidos nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0 definidos pelo *Boston Consulting Group* (BCG). Esses pilares são: internet das coisas, realidade aumentada, robôs autônomos, simulação, manufatura aditiva, *big data*, a tecnologia de nuvem,

cybersecurity e integração horizontal e vertical de sistemas e softwares.

2.1 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), teve seu primeiro uso em 1999 quando Kevin Ashton usou esse termo em uma apresentação na Procter & Gamble para falar sobre o uso de RFID na cadeia de suprimentos (Ashton, 2009). Desde então, o termo vem sendo amplamente usado em diversos contextos, mas sempre com a mesma ideia de integrar objetos físicos e virtuais em redes conectadas a Internet permitindo a coleta, troca e armazenagem de dados que, após processados e analisados, gerem informações que possam otimizar o relacionamento entre humanos com objetos e máquinas.

A integração entre Internet das Coisas e a Internet dos Serviços (*Internet of Services - IoS*) no processo de manufatura foi o que deu início a quarta revolução industrial (Kagermann *et al.*, 2013, p. 5 citado por Hermann *et al.*, 2015). Segundo Giusto *et al.* (2010), essa tecnologia permite que “coisas” e “objetos” como sensores, atuadores e telefones celulares interajam entre si e cooperarem com os componentes “inteligentes” ao seu redor para alcançar um objetivo comum. As indústrias podem utilizar a IoT em várias aplicações, entre elas pode-se citar o uso para o setor industrial/manufatura, o uso para a construção de cidades inteligentes, o uso para o setor de transportes, o uso para o comércio e uso para o setor de cuidados com a saúde. A computação em nuvem é um dos principais meios de serviço, infraestrutura, plataforma de software e análise de dados da IoT, ou seja, a Computação em Nuvem e Internet das Coisas caminham juntas para estabelecer um novo cenário de tecnologia mundial.

Dessa forma, a Internet das Coisas representa uma grande oportunidade para o mundo, incluindo os países em desenvolvimento, para os próximos anos. O Brasil está preocupado em desenvolver essa tecnologia e, por isso, o BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), de acordo com sua missão de promover o desenvolvimento sustentável e competitivo da economia brasileira, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) está apoiando um estudo para o diagnóstico e a proposição de um plano de ação estratégico para o país em Internet das Coisas.

2.2 Realidade Aumentada (RA)

A tecnologia de Realidade Aumentada surgiu para revolucionar a maneira como os seres humanos interage com as máquinas (e as máquinas com os seres humanos). Azuma (1997) define Realidade Aumentada (RA) como uma variação de ambientes virtuais (ou realidade virtual como é comumente conhecido). Enquanto as tecnologias de Realidade

Virtual fazem uma imersão total do usuário dentro de um ambiente sintético impedindo o usuário de ver o mundo real ao seu redor enquanto imerso, a RA já permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real.

Com a adequação das indústrias na realidade de Indústria 4.0, cada vez mais tarefas e procedimentos em postos de trabalhos manuais são aumentados por algum tipo de componente digital e o uso da realidade aumentada ajuda a criar uma interface entre os colaboradores e os produtos digitais, criando assim postos de trabalho interativos. Dessa forma, a RA pode ser empregada para aumentar a produtividade em quase todas as atividades do setor fabril, desde atividades básicas no chão de fábrica até suporte para processos de manutenção e treinamento.

A estratégia na indústria 4.0 é integrar toda a cadeia de valor para atender uma demanda crescente da indústria mundial e a RA é uma das principais novas tecnologias abordadas por esse conceito por ajudar os processos industriais a se tornarem mais inteligentes, principalmente nas operações que requerem procedimentos, na manutenção e assistência remota, no treinamento dos colaboradores, no controle da qualidade, na gestão de riscos, no design de produtos e na logística. Kolberg e Zühlke (2015) citam o uso da Realidade Aumentada como uma das tecnologias da Indústria 4.0 que permitem a automação *lean*, que mescla as tecnologias de automação com os conceitos de produção enxuta (*lean production*). Nesse caso, a RA é utilizada para que os colaboradores possam ser “operadores inteligentes” de tal forma que eles possam obter informações sobre tempo de ciclo restante dentro de seus campos visuais, apoiando o processo *just-in-time* de produção.

2.3 Robôs Autônomos

A utilização de robôs autônomos na indústria, também conhecidos como robôs inteligentes ou colaborativos (Cobots), não é um conceito novo pois eles já são utilizados em muitas indústrias para realizar tarefas complexas. Mas, na Indústria 4.0 eles ganham habilidades além dos seus antecessores, eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Segundo Bekey (2005), robôs são máquinas que sentem, pensam e agem e autonomia refere-se a sistemas capazes de operar no ambiente do mundo real sem qualquer tipo de controle externo por longos períodos de tempo. Com esses conceitos, o autor define robôs autônomos como máquinas inteligentes capazes de executar tarefas no mundo por si só, sem controle humano explícito.

A indústria 4.0, que tem como uma de suas premissas fazer a conexão entre a fábrica da vida real com a realidade virtual, vem desempenhando um papel cada vez mais importante

na indústria global. Cobots fáceis de usar e acessíveis estão reduzindo a barreira de automação de modo extremamente significativo, permitindo a automação em áreas anteriormente consideradas muito complexas ou inacessíveis.

Segundo a Pesquisa Mundial de Robótica (*World Robotic Survey*) de 2016, emitida pela Federação Internacional de Robótica (*International Federation of Robotics - IFR*), os robôs industriais estão revolucionando a economia global e até 2019, mais de 1,4 milhão de novos robôs industriais serão instalados em fábricas ao redor do mundo. Esses robôs ajudam a enfrentar o desafio de produção de curto prazo enfrentado por muitas empresas, superando assim o gap entre as linhas de montagem totalmente manuais e as linhas de fabricação totalmente automatizadas. Até mesmo a indústria automotiva, que tem uma longa história de uso de robôs tradicionais, agora também está usando robôs de novas maneiras. Um exemplo recente é a BMW, que está implantando robôs autônomos para automatizar uma linha de montagem que era predominantemente trabalho manual no passado. (IFR,2016)

2.4 Simulação

Simulação é uma metodologia para resolução de problemas indispensável para a solução de muitos problemas da vida real. Banks (1998) a define como a imitação da operação de um processo ou sistema da vida real ao longo do tempo envolvendo a geração de uma história artificial do sistema onde, a partir da observação dessa história, possa extrair inferências sobre as características operacionais do sistema real que está sendo representado. Dessa forma, o uso de simulação computacional é essencial para garantir a qualidade e eficiência no desenvolvimento de produtos, pois permite que dados em tempo real sejam utilizados para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos.

A utilização de softwares de simulação avançado para prototipagem virtual é um dos principais pontos da Indústria 4.0, mesmo que a utilização dessas ferramentas em pequenas e médias empresas, ainda esteja nos estágios iniciais. As técnicas modulares de simulação e modelagem permitem que as unidades descentralizadas alterem de forma flexível os produtos e, assim, possibilitem uma rápida inovação de produtos. (Friederichsen, Brettel, Keller and Rosenberg, 2014)

A crescente demanda por qualidade nos produtos faz com que seja necessárias simulações intensivas para criar processos estáveis e confiáveis. Esses processos inovadores podem abordar os aspectos do produto em todas as fases da cadeia produtiva, desde estágios iniciais como no design do material (e.g., simulações de metalurgia para laminagem a

quente), na própria fabricação (e.g., corte a laser), na montagem (e.g. manipulação de peças grandes baseadas em robôs) até estágios mais avançados como na gestão logística (e.g. logística de fábrica e gerenciamento de cadeia de suprimentos). (Calero Valdeza, Brauner, Schaara, Holzingerb, and Zieflea 2015).

A cópia virtual de uma cadeia de valor completa permite o uso de simulações como suporte à tomada de decisão. Como o espaço da solução é frequentemente muito grande, complexo e variável para uma única pessoa supervisionar e entender completamente, as simulações esclarecem o espaço de decisão e oferecem a possibilidade de melhorar consideravelmente a qualidade da tomada de decisão através da criação rápida e fácil de cenários. (Schuh, Potente, Wesch-Potente, Weber and Prote, 2014).

2.5 Manufatura Aditiva

Gibson, Rosen and Stucker (2010) definem Manufatura Aditiva como uma técnica automatizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos usando uma variedade de abordagens. As indústrias utilizam essa tecnologia para reduzir os tempos de ciclo de desenvolvimento de seus produtos e obtê-los no mercado de forma mais rápida, com maior custo efetivo e maior valor agregado devido à incorporação de recursos personalizáveis. Percebendo o potencial das aplicações da manufatura aditiva, diversos processos foram desenvolvidos permitindo o uso de vários materiais que vão desde plásticos até metais para desenvolvimento dos produtos.

Segundo Coan (2016) a manufatura aditiva permite entregar uma variedade de produtos, com diferentes customizações, em diversos lugares, utilizando novas tecnologias como a impressão em 3D. Aditivo vem do processo de produzir (imprimir) produtos e/ou componentes por meio da adição de materiais em camadas, ao invés dos processos tradicionais de forjamento, estampagem, fundição, torneamento e soldagem.

Novas empresas estão chegando ao mercado e se integrando aos ecossistemas de produção, assim como as antigas estão reescrevendo a sua história. A Audi trabalha em conjunto com a NASA no uso da impressão 3D para futura colonização lunar, utilizando a areia da própria Lua, rica em minerais, para produzir uma série de componentes, como estruturas, *drones*, etc. A New Balance imprime a sola de seus novos tênis. A indústria da construção imprime blocos e estruturas de suporte muito mais resistentes e leves. A indústria alimentícia imprime chocolates e doces utilizando filamentos de açúcares, e avança para novos ramos, como a sintetização de alimentos. (Coan, 2016).

2.6 Big Data

Tamás & Illés (2016) descreveram a essência de Big Data como a "determinação de probabilidades com métodos e procedimentos matemáticos" baseada em enormes quantidades de dados, o que permitirá que as decisões sejam tomadas sem conhecer os efeitos de causa.

No contexto da Indústria 4.0, as enormes quantidades de dados se referem ao grande número de informações e dados relacionados à produção, que serão produzidos pelo equipamento de fabricação inteligente durante o processo de produção. Para obter processos eficientes de operação de alta qualidade, essa informação de dados precisa ser coletada e deve ser dado um *feedback* a todos os aspectos da produção (Hongmin, 2016 citado em Lin et al., 2016), é aqui que os Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS – *Cyber-Physical Systems*) e a Internet das Coisas aparece. Como Tamás & Illés (2016) afirmaram, esses três componentes - Big Data, CPS e IoT - estão intimamente relacionados um com o outro: "Não podemos falar de sistemas físico-cibernéticos e grandes dados sem IoT" .

A análise e gestão de grandes quantidades de dados está permitindo a otimização da produção e o até mesmo a redução do consumo de energia. Em um contexto de Indústria 4.0, a coleta e avaliação abrangente de dados de várias fontes diferentes em tempo hábil vai se tornar procedimento padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real. (Rüßmann *et al.*, 2015).

Um exemplo da aplicação dessa tecnologia é o caso de uma mina de ouro africana que encontrou maneiras de capturar mais dados de seus sensores. Esses novos dados mostraram flutuações insuspeitas nos níveis de oxigênio durante um processo chave, a lixiviação. A correção dessa flutuação resultou em um aumento da produção equivalente a US \$ 20 milhões por ano (Baur & Wee, 2015).

2.7 A Nuvem

Segundo Zeng *et al.* (2009), o armazenamento em nuvem provê recursos e serviços de armazenamento baseados em servidores remotos que utilizam os princípios da computação em nuvem. No contexto da Indústria 4.0, a própria nuvem é implementada na Internet das Coisas e dos Serviços (Stock & Seliger, 2016).

As principais características básicas dessa tecnologia possibilitam alcançar dois requisitos: alta escalabilidade e alta usabilidade (Deng *et al.*, 2010). Além disso, a nuvem permite também aumentar a disponibilidade e precisão dos dados (Rüßmann *et al.*, 2015).

Com essas características, o armazenamento em nuvem facilita um maior compartilhamento de dados em diferentes localidades e em sistemas que vão além do servidor da empresa, fornecendo uma grande redução de custos e uma maior flexibilidade de reação a

mudanças esperadas e inesperadas, de modo que se poderá atingir tempos de reação de apenas alguns milissegundos (Rüßmann *et al.*, 2015).

Além disso, a nuvem possibilitará também a comunicação e o intercâmbio de dados inteligentes entre os fatores de criação de valor (equipamentos, ser humano e produto) entre os sistemas físico-cibernéticos, os equipamentos de transporte, assim como entre os diferentes níveis de agregação de valor e as diferentes atividades da cadeia de valor (Stock & Seliger, 2016).

2.8 Cybersecurity

Em maio de 2017, empresas em mais de 70 países sofreram um ataque cibernético que sequestrou informações de computadores e servidores, bloqueando o acesso até que um resgate fosse pago. Segundo especialistas em segurança, sem a capacidade de descriptografar seus dados por conta própria, as vítimas do ataque que não haviam realizado *backup* de seus dados foram confrontadas com uma escolha: viver sem seus dados ou pagar. (Perloth & Sanger, 2017).

Diante deste acontecimento, fica clara a importância da cibersegurança tanto para a indústria atual e como para a indústria do futuro. Fábricas com Manufatura 4.0 irão trabalhar com protocolos padrão de comunicação e alta conectividade entre todos os links da cadeia de criação de valor, o que significa que a necessidade de proteger os sistemas industriais e linhas de fabricação críticos contra ameaças de cibersegurança vai aumentar drasticamente. Dentro desse contexto, comunicações confiáveis e seguras, bem como identidades sofisticadas e gestão de acesso de máquinas e de usuários serão essenciais. (Rüßmann *et al.*, 2015).

2.9 Integração horizontal e vertical de Sistemas e Softwares

A maioria dos sistemas de tecnologia da informação existentes hoje não são totalmente integrados. Mas, com a Indústria 4.0, as empresas, os departamentos, as funções e os recursos se tornarão muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais e entre empresas evoluam e possibilitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (Rüßmann *et al.*, 2015).

Entende-se integração horizontal como a integração dos vários sistemas de TI para o apoio e a implementação de diferentes processos de agregação de valor (tais como fabricação, logística, vendas, engenharia e serviço), tanto dentro da empresa produtora, como além das fronteiras da empresa (*Plattform Industrie 4.0*, 2015).

Dentro de uma rede integrada, os riscos podem ser equilibrados e os recursos combinados podem expandir a gama de oportunidades de mercado (Schuh *et al.* citado por

Brettel *et al.*, 2014; Chien & Kuo citado por Brettel *et al.*, 2014). A organização em redes multiplica as capacidades disponíveis sem a necessidade de novos investimentos. Assim, as empresas em redes integradas podem se adaptar a mercados voláteis e reduzir os ciclos de vida dos produtos com alta agilidade (Jaehne *et al.* citado por Brettel *et al.*, 2014).

Como exemplo de futura aplicação, a logística de entrada e de saída de e para as fábricas como parte da logística inteligente será caracterizada por equipamentos de transporte capazes de reagir de forma ágil a eventos imprevistos, como mudança de tráfego ou clima e que possa operar de forma autônoma entre o ponto de início e de destino. Os equipamentos de transporte de uso autônomo, como os Veículos Guiados Automatizados (AGVs - *Automated Guided Vehicles*), serão utilizados para realizar o transporte interno ao longo do fluxo de material. Todo o equipamento de transporte estará fazendo troca de dados inteligentes com os módulos de criação de valor, a fim de realizar uma coordenação descentralizada de suprimentos e produtos com os sistemas de transporte. Para este fim, os suprimentos e produtos irão conter sistemas de identificação, ex. Chips RFID ou códigos QR., que permitirão uma identificação e localização sem fio de todos os materiais na cadeia de valor (Stock & Seliger, 2016).

Por integração vertical, entende-se a integração dos vários sistemas de TI nos diferentes níveis hierárquicos de um sistema de produção, como nível de atuadores e de sensores, o nível de controle, o nível de gerenciamento da produção, o nível de fabricação e execução, e o nível de planejamento de recursos corporativos (*Plattform Industrie 4.0*, 2015).

Essa integração permite um sistema de fabricação flexível e reconfigurável, uma vez que as máquinas inteligentes formam um sistema auto-organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos, e as grandes quantidades de informações são coletadas e processadas para tornar o processo de produção transparente.

Os equipamentos de fabricação, como ferramentas mecânicas ou ferramentas de montagem, usarão sistemas de sensores para identificar e localizar os fatores de criação de valor, como os produtos ou os seres humanos, bem como para monitorar os processos de fabricação, como os processos de corte, montagem ou transporte. Dependendo dos dados inteligentes monitorados, os atuadores aplicados no equipamento de fabricação poderão reagir em tempo real a mudanças específicas do produto, humanos ou processos (Stock & Seliger, 2016).

3. Considerações finais

Em uma fábrica da Indústria 4.0, a troca de informações entre os membros da linha de produção e entre unidades de produção (ou mesmo entre diferentes empresas) levará a uma otimização atualmente inimaginável na logística e nos sistemas produtivos. Também estabelecerá uma maior conexão entre os links da cadeia de produção, que, em troca, aumentará a produtividade e a eficiência no uso de recursos. Isso significa um crescimento de flexibilidade nas linhas de produção, o que permitirá uma eficiente customização em massa de produtos de acordo com as preferências e necessidades de diferentes clientes (CNI, 2016).

Os novos desenvolvimentos tecnológicos permitirão agregação de valor em várias aplicações apoiado por diversos fatores. Os equipamentos (exemplo robôs) trabalharão de forma colaborativa com os operadores e com os processos necessárias para realização do produto. No trabalho humano será enfatizado tarefas de programação e monitoramento de equipamentos e produtos que se comunicam entre si. As tarefas serão mais automatizadas, customizadas, contínuas e integradas na cadeia de valor. O aumento da complexidade dos sistemas de manufaturas implicará em decisões descentralizadas realizadas pelos equipamentos e pessoas da organização baseado em quantidades *big data* disponíveis em nuvens. A manufatura aditiva permitirá desenvolvimentos industriais mais rápidos, com maiores precisões, formas mais complexas, em escalas maiores e com custos menores. Os produtos poderão ser produzidos individualizados com ganhos de escala e serão oferecidos com novas formas de serviço.

Cada uma das tecnologias apresentadas anteriormente possui um papel necessário e único a cumprir para que esta realidade da Indústria 4.0 ganhe vida. Conclui-se, no entanto, que nem todas as tecnologias, encontram-se na mesma fase de desenvolvimento. Enquanto algumas já possuem uma versão inicial em aplicação na indústria, como a manufatura aditiva, simulação e internet das coisas, mesmo sendo uma aplicação primitiva em relação ao nível de avanço idealizado para a Indústria 4.0, outros pilares, como a integração horizontal e vertical de sistemas e softwares, ainda não possuem uma aplicação viável.

Sugere-se que tanto o poder público quanto a iniciativa privada continuem com programas e investimentos nessas áreas de desenvolvimento científico e também em infraestrutura, de modo a tornar cada vez mais viável tecnológica- e economicamente a utilização prática e a expansão dos componentes citados neste artigo.

Referências

- ASHTON, K. *That 'Internet of Things' Thing. In the real world things matter more than ideas.* **RFID Journal**, 2009. Disponível em <<http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>> Acesso em 8 abr. 2017
- AZUMA, R. T. *A Survey of Augmented Reality.* **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, 1997.
- BANKS, J. (1998). *Handbook of simulation*. New York: Wiley, p.3.
- BAUR, C. & WEE, D. *Manufacturing's next act.* **McKinsey&Company**. 2015. Disponível em: <<http://testingsites.cloudapp.net/mckinsey/wp-content/uploads/pdf/Manufacturing/Manufacturingsnextact.pdf>> Acesso em: 29 jun. 2017.
- BEKEY, G. A. *Autonomous Robots.* **Massachusetts Institute of Technology Press**. 2005.
- BNDES. (2017). *Estudos de IoT - Chamada pública.* Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/estudos/chamada-publica-internet-coisas/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>> Acesso em 30 jun. 2017.
- BRETTEL, M. *et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.* **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**. Disponível em < <http://www.waset.org/publications/9997144>> Acesso em 2 jul. 2017.
- CALERO VALDEZA, A., BRAUNERA, P., SCHAARA, A., HOLZINGERB, A. AND ZIEFLEA, M. (2015). Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9-14 August 2015 1.*
- CHIEN, C.-F. & KUO, R.-T. *Beyond make-or-buy: cross-company short-term capacity backup in semiconductor industry ecosystem.* *Flex. Serv. Manuf. J.*, vol. 25, no. 3, pp. 310–342, 2013. Citado por: BRETTEL, M. *et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.* **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, vol. 8, no. 1, 2014.
- COAN, J. *Manufatura 4.0 e a quarta revolução industrial.* **Technology Leadership Council Brazil - IBM Academy of Technology Affiliate**, ano 11, no. 264. 2016. Disponível em < <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbf/entry/mp264?lang=en>> Acesso em 2 jul. 2017
- KOLBERG, D. & ZÜHLKE, D. *Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies.* 2015
- DENG, J. *et al. Research and Application of Cloud Storage.* **Intelligent Systems And Applications (ISA)**. 2010.
- GIBSON, I., ROSEN, D. AND STUCKER, B. *Additive Manufacturing Technologies.* New York: **Springer**. 2010.
- GIUSTO, D., A. IERA, G. MORABITO AND L. ATZORI: *The Internet of Things.* 2010.
- HOFFMANN, H. *Technische Graswurzelrevolution.* **Frankfurter Allgemeine Zeitung**, Verlagsspezial. Alemanha, 2017.
- HOFMANN, E. & RÜSCH, M. *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics.* **Computers in Industry**. Elsevier, 2017.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS (IFR) **World Robotics Survey 2016.** 2016. Disponível em < <https://ifr.org/>> acesso em 02 de julho de 2017.
- JAEHNE, D. M. *et al. Configuring and operating global production networks.* *Int. J. Prod. Res.*, vol. 47, no. 8, pp. 2013–2030, 2009. Citado por: BRETTEL, M. *et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.* **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, vol. 8, no. 1, 2014.
- KAGERMANN, H. *et al. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group.* 2013.
- PERLROTH, N. & SANGER, D. E. *Hackers Hit Dozens of Countries Exploiting Stolen N.S.A. Tool.* *The New York Times*. 2017. Disponível em: < <https://www.nytimes.com/2017/05/12/world/europe/uk-national-health-service-cyberattack.html>> Acesso em 29 jun. 2017.

- PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. **BITKOM**. 2015. Disponível em <
<https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-40/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>> Acesso em 02 jul. 2017.
- RÜBMAN, M. *et al.* *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. **Boston Consulting Group**. 2015. Disponível em: <
http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf> Acesso em 29 jun. 2017.
- SCHUH, G. *et al.* *Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0*. **Procedia CIRP**, 19, pp.51-56. 2014.
- SCHUH, G. *et al.* *Produktionsnetzwerke – Das Beispiel der Virtuellen Fabrik*. Kooperationsmanagement, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. 2005. Citado por: BRETTEL, M. *et al.* *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, vol. 8, no. 1, 2014.
- SHIYONG, W. *et al.* *Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook*. **International Journal of Distributed Sensor Networks**. 2016. Disponível em
<<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1155/2016/3159805>> Acesso em 02 jul. 2017.
- STOCK, T. & SELIGER, G. *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*. **13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use**. 2016.
- TAMÁS, P. & ILLÉS, B.: *Process Improvement Trends for Manufacturing Systems in Industry 4.0*. **Academic Journal of Manufacturing Engineering**, 2016.
- ZENG, W. *et al.* *Research on cloud storage architecture and key technologies*. **International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human**. 2009.

2.4 Artigo para Periódico Internacional.

PANORAMA OF INDUSTRY 4.0 IN BRAZIL: MAIN TECHNOLOGIES USED AND CHALLENGES FOR ITS IMPLEMENTATION

MARIA LUIZA BUFALARI ELIENESIO¹; MARCOS RONALDO
ALBERTIN²; HERÁCLITO PONTES JAGUARIBE³

*1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ; 3 –
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ*

[1]malu.bufalari@gmail.com; [2]albertin@ot.ufc.br; [3]hjaguaribe@gmail.com

PANORAMA OF INDUSTRY 4.0 IN BRAZIL: MAIN TECHNOLOGIES USED AND CHALLENGES FOR ITS IMPLEMENTATION

Industry 4.0 is a concept that emerged in Germany and refers to the fourth industrial revolution. The main differential of this revolution is the digitalization of all processes and the use of new technologies such as autonomous robots, internet of things, big data, additive manufacture and cyber-physical systems. The objective of this study is to have a vision of how Brazil is adapting to this new reality and obtain a panorama of Industry 4.0 in the country. For this, an exploratory research was carried out on the relevant trends in the theme and a bibliographical study that contemplated the analysis of 25 practical examples of use of the technologies of the Industry 4.0. It can be concluded that the fourth industrial revolution is already happening in Brazil, but still depends on foreign technologies. In addition, there are some challenges that need to be overcome to assert that Brazil has, in fact, reached the 4.0 level.

Keywords: industry 4.0; fourth industrial revolution; Brazilian panorama.

1. Introduction

The industrial development begun with the first industrial revolution (1.0) when the idea of a factory system was raised, using mostly steam power. Further, the advent of electric power enabled the introduction of mass production and the use of assembly lines, leading to the second industrial revolution (2.0). With the development of Internet, emerged the third industrial revolution (3.0) making possible to create new tools to improve the performance of the factories and include automation through electronics, robotics, programming and new technologies in the manufacturing processes. However, with the globalization, the digitalization of the processes, the need for quickly answers, the rising of new technologies and the need to integrate the production in all fields, both human and machinery, lead to the claim of a new revolution. Under those circumstances, the concept of Industry 4.0 was created.

Industry 4.0 is the term used to address the visionary concept of the Fourth Industrial Revolution. It was born in Germany, through strategic initiatives from the government of this nation, which has a nearly unmatched reputation in manufacturing, to outstand the leadership of this country in industrial technologies. On April 2013 it was officially launched the Industrie 4.0 project at the Hannover fair with the first recommendation to its implementation. This concept was described by Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) as a reality in which

global networks are established by businesses in the shape of Cyber-Physical Systems (CPS) that incorporate machinery, warehousing systems and production facilities, which are capable of autonomously exchanging information and cooperation via the Internet of Things (IoT), and of triggering actions and controlling each other independently.

Another definition given by Schumacher, Erol e Sihh (2016) says that “Industry 4.0 refers to recent technological advances where the internet and supporting technologies (e.g. embedded systems) serve as a backbone to integrate physical objects, human actors, intelligent machines, production lines and processes across organizational boundaries to form a new kind of intelligent, networked and agile value chain”.

Geissbauer, Vedso and Schrauf (2016) summarized the Industry 4.0 as follows, while Industry 3.0 focused on the automation of single machines and processes, Industry 4.0 focuses on the end-to-end digitization of all physical assets and integration into digital ecosystems with value chain partners.

Stock & Seliger (2016) state that the Industry 4.0 will affect different value creation factors: equipment, processes, product, organization and human. The combination of these changes will create benefits in productivity, investments, product demand and revenue growth. All of this will provide advanced manufacturing solutions and will transform the traditional manufacturing cells, as we know, from single automated cells to fully integrated, automated facilities that communicate with another.

According to the Boston Consulting Group (BCG) in their study “*Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*” this will be possible because of the rise of new digital industrial technology and advances such as big data and analytics, autonomous robot, simulation, horizontal and vertical system integration, the industrial internet of things (IIoT), cybersecurity, the cloud, additive manufacturing and augmented reality. These technologies enable the connection and interaction of systems with one another using standard Internet-based protocols and analyses data to predict failure, configure themselves, and adapt to changes.

The leadership of Germany concern to Industry 4.0 and manufacturing technologies is undeniable. Meanwhile, some other countries are also making progress in develop these new technologies. The German National Academy of Science developed a study called “*Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners*” where detailed profiles were drawn up for the focus countries of China, Japan, South Korea, the US

and the UK, highlighting their respective background situations, specificities and progress regarding Industrie 4.0. As can be seen, the countries chosen for this study were the ones that already have a good reputation and development in manufacturing technologies and can be used as global partners.

However, other countries, are also trying to incorporate the Industry 4.0 in their industrial activity. One of these countries is Brazil. The aim of this study is to discuss the development of Industry 4.0 in Brazil, making a deeply analyze of how the Brazilian industries are working to fit their strategies in the Industry 4.0 and highlight the main opportunities and challenges for this country.

2. Material and Methods

The data used in this paper was collected through exploratory literature review based on existing studies, publications and projects concerning the relevant Industry 4.0 trends and technology areas.

This study was developed based on bibliographical research in order to gather practical examples of application of the Industry 4.0 technologies in Brazilian companies aiming to create a panorama of Industry 4.0 in Brazil in the results section. The examples provided in the result section were collected through research made among technology and industrial fairs, companies websites, technological magazines, case studies and others. It was also researched articles and interviews to technology managers representing the public and private sectors of Brazil and leading countries in Industry 4.0 about the application of its concepts in the industrial sector, looking to identify companies that are already applying this technologies in their processes.

With the data collected in the surveys, was possible to list 25 companies that are using some type of technology 4.0. To choose these companies, the following aspects were considered:

- (1) The type of company, identifying which type of technology the company uses and whether the company is a service provider, technology supplier or technology user;
- (2) The size of the company in relation to the number of employees, small (up to 100 employees), medium (between 101 and 400 employees) or large (more than 401 employees);
- (3) The industrial sector in which the company is included, and / or the product produced, obtaining a varied mix to corroborate the wide applicability of the technologies of Industry 4.0;

- (4) The technology applied by the company, with emphasis on companies that are using the technologies explained in the literature review, such as Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS), additive manufacturing, autonomous robots and big data;
- (5) The development strategy adopted by the company, if it is a national company, or subsidiary of a multinational, or is a startup, etc;
- (6) The impacts and benefits arising from the use of these technologies.

After choosing the companies, all the information was validated by consulting their websites and all the information obtained was summarized in Table 01, which will be presented in the results section.

3. Literature Review

3.1 Industry 4.0

The development towards Industry 4.0 is changing the way that manufacturing industries works. The high variety of elements and technologies will make possible to create new possibilities and alternatives for the improvement of production and services processes. The impact of Industry 4.0 and how are realized its benefits will differ between countries and industries since the maturity of the development among them are quite different.

According to Welcker (2017), in a general context, is possible to group the key benefits of Industry 4.0 into four areas

- **Productivity:** a network connecting machines, products and production systems contributes to optimizing the use of resources. Industry 4.0 increases efficiency in the use of energy and materials with optimized use among interconnected companies;
- **Revenue growth:** based on an anticipated increase in manufacturers' demand for enhanced equipment and data applications combined with consumer demand for customized products;
- **Employment:** this is a controversial area as in the past automation and technological advances have at times led to a reduction in employment, at least in the short term. An increase on the employment is expected but caution that different skills will be required and that some low-skilled workers may be displaced by machines while others such as mechanical engineers, software developers and IT experts will be in greater demand;
- **Investment:** it is expected that with industry 4.0 investments will be made and boost the economy.

To achieve this level of development and enjoy the benefits, a set of technologies are involved in the process. The Industry 4.0 has its origins in the digitalization of the processes that, in other words, is a next stage of the traditional automation where the Internet of Things (IoT) is added to the system making possible to create a bunch of new technologies to improve work activities and boost speed, flexibility, efficiency and quality. Kagermman et al. (2016) stated that the integration of the Internet of Things (IoT) and the Internet of Services (IoS) in the manufacturing process has initiated the fourth industrial revolution. According to Giusto et al. (2010), this technology allows “‘things’ and ‘objects’, such as sensors, actuators, mobile phones, which (...) interact with each other and cooperate with their neighbouring ‘smart’ components, to reach common goals”. The IoT is responsible for the emerging of smart factories and smart cities, where all the systems are connected through the internet and occur autonomously and in an integrated way.

Another technology that is intrinsic to the concept of Industry 4.0 is the Cyber-Physical Systems (CPS) that refers to the integration of computation with physical processes. According to Lee and Seshia (2017), “a cyber-physical system is an integration of computation with physical processes whose behaviour is defined by both cyber and physical parts of the system. [...] As an intellectual challenge, CPS is about the intersection, not the union, of the physical and the cyber. It is not sufficient to understand the physical components and the computational components separately. We must instead understand their interaction.” To put it another way, an important component of Industry 4.0 is the fusion of the physical and the virtual world and Cyber-Physical Systems (CPS) make this fusion possible.

To achieve a higher level of connection between processes, there are other technologies being developed or already available that, together with the CPS and IoT, compose the foundation of the Industry 4.0. Some of these technologies are:

- Additive manufacturing (3D printing): Gibson, Rosen and Stucker (2010) define additive manufacturing as an automated technique for the direct conversion of 3D CAD data into physical objects using a variety of approaches. Industries are using this technology to reduce the development cycle times of their products and obtain them in the market faster, with more cost effective and more value added due to the incorporation of customizable features;
- Autonomous Robots: Bekey (2005) says that, robots are machines that feel, think and act and autonomy refer to systems capable of operating in the real-world environment without any kind of external control for long periods. With these

concepts, the author defines autonomous robots as intelligent machines capable of performing tasks in the world by themselves, without explicit human control;

- Big Data: Tamás & Illés (2016) described the essence of Big Data as the "determination of probabilities with mathematical methods and procedures" based on huge amounts of data, which will allow decisions to be made without knowing the cause effects. The analyse and management of large amounts of data is allowing the optimization of production and even the reduction of energy consumption;
- The cloud: more production-related undertakings will require increased data sharing across sites and company boundaries. The performance of cloud technologies will improve, achieving reaction times of just several milliseconds.

According to Lee *et al.* (2014), with the combination of these and other technologies in an Industry 4.0 factory, components and systems will be able to monitor conditions, and gain self-awareness and self-predictiveness, which will provide management with more insight on the status of the factory. This will make it possible to give a precise health prediction in component and system levels and enforce factory management to trigger required maintenance at the best possible time to reach just-in time maintenance and gain near zero downtime, which increases productivity and reduces costs.

3.2 Industry 4. in Brazil

In 2015, the Brazilian Government brought together private sector, academia, research institutes and other parties to develop an advanced manufacturing policy, which relied on answering the question of what should be the country's strategy for advanced manufacturing. Even the digital revolution being the basis for the development of Industry 4.0, it is not yet the reality of Brazil. Most of its industries are still in the transition of industry 2.0 to the Industry 3.0. According to a study developed by CNI (National Confederation of Industry Brazil) (2016) the use of digital technologies in Brazilian Industry is not widespread. Of all industries, 58% of companies are aware of the importance of these technologies for industrial competitiveness and less than half are, indeed, using them.

In February 2017, the Global Manufacturing and Industrialization Summit gathered with Brazil's top manufacturing and industry representatives from both the private sector and the Federal Government in Sao Paulo, to sign a Memorandum of Understanding (MoU) with

CNI. The MoU will look at ways in which the two parties can work together to explore how the fourth industrial revolution, or industry 4.0, can help transform Brazil's industrial sector, especially in areas of manufacturing strength such as food and agriculture, automotive, petroleum and mining, steel, chemicals, textiles, and pharmaceuticals.

As the information provided by the Global Manufacturing & Industrialization Summit, both politicians and manufacturers are taking part in the efforts of further developing Industry 4.0 in the country. According to Marcos Souza (2017), the Secretary of Innovation and New Businesses from the Ministry of Industry, Foreign Trade and Services of Brazil, "a large, inclusive and transparent process of public consultation was carried out in the entire country. (...) Since the beginning of 2016, hundreds of specialists from private sector, government and academia have taken part in structured workshops pointing out practical opportunities and challenges on the areas of technological convergence, regulation, human resources, value chains and infrastructure". In addition, the secretary states that although several questions remain open as to which strategic choices the nation will take in terms of Industry 4.0, the whole consulting process across the country had a positive side effect of bringing awareness about the topic in government and private sector by involving the society in the quest of finding out the answers.

Together with initiatives to develop of Industry 4.0, the Brazilian government also has a special plan to develop the Internet of Things (IoT) in the country. As shown previously, the IoT is the most important technology of the forth industrial revolution because it is the basis for all the other technologies and represents a great opportunity to the world, including countries in development, for the next years. Brazil is concerned to develop this technology and, therefore, the BNDES (National Development Bank), in accordance with its mission to promote the sustainable and competitive development of the Brazilian economy, in partnership with the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC) is supporting a study for the diagnosis and proposition of strategic action plan for the country in Internet of Things. This National Internet of Things Plan will run for five years, from 2017 to 2022, and is structured in three broad phases: general diagnosis and aspiration for Brazil, vertical and horizontal selection, and deepening and elaboration of the action plan.

To promote and disseminate the concept of Industry 4.0 and its technologies among industries, the Brazilian Agency for Industrial Development (ABDI) and the Industrial Federation of Sao Paulo (FIESP) has launched this year a program called "Rumo a Indústria 4.0" (Towards Industry 4.0). The objective of this program includes define the level of

maturity of Brazilian companies and define the best path to achieve projects and actions with the technologies enabled by Industry 4.0. According to Guto Ferreira, president of ABDI, “Applying the concept of industry 4.0 is a non-negotiable condition for the competitiveness of the Brazilian productive sector. Therefore, the dissemination of these new concepts and the training of industries that represent transversal and strategic sectors that are productive and innovative, are urgently needed.

Brazilian industry is following a path that seems natural: at first, focus on increasing efficiency, and then moves towards applications more focused on the development of new products and new business models. However, considering the competitive position of Brazil in the global economy, the most recommended would be that the effort of the digitalization would be carried out simultaneously in all the dimensions (CNI, 2016).

4. Results

4.1 Application of Industry 4.0 in Brazil

The progress of Industry 4.0 in Brazil depends on greater knowledge by companies of the gains derived from digitization, both regarding increased productivity and to opportunities for new business models, flexibility and customization of production and for reducing the time to launch products on the market (CNI, 2016). Even with the uncertainty about which development strategy is the best to follow in Brazil, some companies have already taken their own initiative in the development and implementation of advanced technologies in facilities in the country.

In this section, it will be described some real application of Industry 4.0 technologies in Brazilian Enterprises. As explained in the methods section, in this research, 25 enterprises were classified in six fields: type of company (SP – service provider, TP – technology provider, U – user), size of company (S – small, M – medium or L – large), industrial sector and product manufactured, technology used, the development of strategy/ strategic initiatives and the main impact and benefit in the processes. The information is gathered in the Table 01, where is possible to see a brief panorama of technologies that already are working in Brazil. The reference is indicated with the help of example digits, with sequential numeration.

Table 1. Panorama of Industry 4.0 in Brazil

COMPANY	SECTOR/PRODUCT	TECHNOLOGY	STRATEGY	IMPACTS
Bosch (L) (SP-TP-U) [1] Bosch (2017)	Automobile, Logistics and Electricity	IoT - Robotic milkrun -smart glass CPS	Subsidiary of a German multinational group	- Process time and cost reduction; productivity and process improvement and automatic picking and digitalization.
Embraer (L) (U) [2] Embraer (2017)	Space-industry	IoT, 3D virtualization and digitalization.	Supplier of technology and equipment.	-Training; assembly time reduction and paperless factory.
Siemens (S) (SP-TP-U) [3] Siemens (2017)	Technological solutions, Braumat process system control	IoT and Automation	Germany supplier of technology and equipment.	Increase of process automation and systemic vision of the productive process
ARBUG (M) (U) [4] Arbug (2017)	Plastic injection	IoT, digital factory IoS, additive manufacturing	German Supply of technology in Brazil.	Flexibility and customization.
Cliever (S) (TP) [5] Cliever (2017)	Prototyping	3D Printing (additive manufacturing)	National manufacturer Startup	Development time and cost reduction
Futuriste (S) (SP) [6] Futuriste (2017)	Training	Drones	Software international partnership	Drone data collection
Datacom (M) (U) [7] Datacom	Telecommunication network providers	IIoT - MES	National supplier	Data transfer automation
PPI-Multitasking (S) (SP) [8] PPI (2017)	Solutions, consulting and project	IIoT - MES	International partnership	Data transfer automation
VW do Brasil (L) (U) [9] VW do Brasil (2016)	Automobile, cars	Robotic Assembly - Digital factory	Subsidiary of German multinational group	Process simulation and optimization
Fiat Chrysler (L) (U) [10] Fiat Chrysler (2017)	Automobile, Jeep	Robot and communication center	Subsidiary of German multinational group (Siemens)	Process monitoring system
Leal (L) (U) [11] Leal (2017)	Personal protective equipment	RFID - ERP	National supplier	Stock control
Nubank (S) (U) [12] Nubank (2017)	Financial information and credit	Big data	Startup	Digital credit card
HarboR (S) (SP) [13] Harbor (2017)	Consulting	Cloud computing - MES	Technological licensing SP	Cloud MES deployment
IBMP (M) (SP) [14] Ibmp (2017)	Molecular biology	IoT, sensor network	National SP	Environmental monitoring.
T Systems (L) (SP) [15] T-System (2017)	TI, RFID	IoT and cloud computing	Subsidiary of German multinational group (Telekom)	Multi-cloud management
Pollux (L) (TP) [16] Pollux (2017)	Multi sectors collaborative robots	IoT	National TP, international partnership and universal robots	Process Automation Clients: Tramontina
Siemens (L) (SP-TP-U) [17] Siemens (2017)	Multi sectors controllers	Digital factory	Subsidiary of German multinational group	New business model, flexibility
Teclav (S) (U) [18] Teclav (2017)	Industrial laundry	RFID	National company	Process automation
Thyssenkrupp (L) (SP-TP-U) [19] THYSSENKRUPP (2017)	Elevators	Digital factory and robot big data	Subsidiary of German multinational group	Predictive maintenance
Tramontina (L) (U) [20] Tramontina (2017)	Kitchenware	CPS - Robot and remote production control	Consulting National supplier (SP), Altus and Pollyux	Process automation

WEG (L) (U) [21] WEG (2017)	Electric motors	CPS – robot and simulation	Subsidiary of German multinational group (Siemens)	Process automation
ABB (L) (TP) [22] ABB (2017)	Energy, automation and sensors	CPS, robots, production remote control	International group TP	Processes automation and remote services
OMRON (L) (TP) [23] OMRON (2017)	Automobil, automation sensors and switches	CPS - Robot	International group TP	Process automation
Schneider Electric (L) (TP) [24] Schneider Electric (2017)	Energy controls	IoT – Data Center device	International group TP	Energy efficiency
TOTVS (L) (TP) [25] TOTVS (2017)	Software e hardware ERP	Cloud computing and digital factory	National TP International Partnership	Virtual service platform

Legend: AM – Additive Manufacturing; MES - Manufacturing Execution System; IT – Information Technology; IoT – Internet of Things; IIoT – Industrial Internet of Things; IoS – Internet of Services; CPS – Cyber Physical System; RFID – Radio Frequency Identification; ERP – Enterprise Resource Planning.

4.2 Discussion

According to the information gathered with the research and showed on the table above, it is possible to infer the following regarding the actual status of Industry 4.0 in Brazil.

- The Industry 4.0 technologies are applied in several branches of industry with emphasis on the automotive and metal-mechanic industry sector;
- Enterprises of all sizes are using the Industry 4.0 technologies. The small category stands out as Service Provider (SP);
- Large Brazilian companies stand out as user (U) of Industry 4.0 technology and multinational companies stand out as Technology Provider (TS);
- The awareness of Industry 4.0 technologies is not widespread in Brazil and it focus is on a few large companies, the majority are multinational companies of German origin. Brazilian companies that are using these technologies are small and medium-sized technology-based or consulting firms and startups;
- Among the benefits from Industry 4.0 technologies is highlighted: higher quality, productivity, efficiency and integration with lower costs and lead time (as shown on the literature review);
- Some companies, like Siemens and Bosh, apply technology in their own production systems and offer solutions to the market. These two have an expressive market share in Brazil;

- 40% of the companies in this study use the IoT. This confirms that this technology is the base of Industry 4.0 and that the Brazilian government is in the right path developing an IoT plan for the country;
- Two German companies, Siemens and Thyssenkrupp, stand out as Service Provider (SP), Technology Provider (TP) and User (U). As SP, they are applying Industry 4.0 technology solutions in different industrial sectors with significant market share;
- Startups are a key point in bringing Brazil to the reality of Industry 4.0. Big companies like have already done partnerships with startups to bridge the gap of some technology they have needed;
- A scenario in which information and automation technologies are on the rise, rather than low-cost workforces, will generate the competitive advantage for nations with a relevant manufacturing sector.

Furthermore, according to CNI (2016) the main challenges on achieving Industry 4.0 in Brazil are:

- The digital integration of companies along the productive chains through new hardware and software technologies with infrastructure adapted to the Internet;
- Mechanisms to spread, facilitate and induce the adoption of new technologies of Industry 4.0 by Brazilian companies with national solutions and customizations, including the formation of a new type of professional with competence in electronics, automated processes and integration in networks;
- Regulation and support through industrial policies and public and private initiatives for the dissemination and implementation of new technologies;
- Considering the importance of digitization to increase the efficiency of companies, to improve products and develop new business models, the low use of digital technologies in Brazil has negative effects on the competitiveness of the country in the global economy.

5. Conclusion

As has been noted, there are still many challenges needed to overcome so that it can be said that the Fourth Industrial Revolution is accessible, especially in Brazil, because even with real application examples, the focus of Industry 4.0 is limited to a few sectors. The advance of Industry 4.0 in Brazil depends on increasing the knowledge of companies regarding the benefits of digitalization, both in increasing productivity and in the opportunities of new business models, flexibilization and customization of production and reduction of time to

launch new products in the market. The main internal and external obstacles for Brazilian companies are the lack of control over the components and technologies of Industry 4.0, the high costs embedded in them and the lack of skilled labour.

To change this scenario, the first step is to increase the digitalization in Brazil, promoting the digital infrastructure, investing and stimulating the professional qualification and promoting the creation of specific lines of financing. Another measure highlighted by companies from all sectors is the establishment of specific lines of credit to foster the development of new technologies for the industry.

In addition, the creation of demonstration platforms could be an effective initiative to stimulate the diffusion of the concept and the establishment of partnerships between clients and suppliers of new technologies.

In Brazil, the economic crisis and political uncertainty are obstacles for investments to modernization. With globalization and market demands increasingly strong, the industry sector needs to adapt to innovations and new technologies of Industry 4.0 as soon as possible. Whoever does not adapt to this and use its benefits to self-development, runs the risk of losing competitiveness and become obsolete. The technology is already available, now is more a matter of economics efficiency.

Even so, there are examples of companies of all sizes (large, medium and small) who are betting on the future and are starting to reap the rewards of innovation. Brazil has great potential to develop new technologies and become more competitive in the market by applying the concepts of Industry 4.0 in sectors such as oil and gas, where the country is already relatively well positioned, and in agriculture and in the renewable energy sector, where there is a huge potential to development.

This digital transformation is mandatory and an important step towards competitiveness. Industry 4.0 offers tremendous potential for startups, and small and medium-sized businesses. These organizations will be needed to offer digital services and customized technology solutions.

In conclusion, Marcos Souza (2017) states that the fourth industrial revolution will be more challenging for emerging economies, like Brazil, because risks can be potentially bigger than opportunities. Based on a situation dominated by uncertainty and complexity, it is mandatory that governments and businesses in developing countries identify as soon as possible the risks and opportunities for Industry 4.0. It is the first step to understand, plan and

make decision about how to deal with this new reality. An important advantage is the size of the consumer market: it is an important motivation to foster local production, innovation and attract foreign direct investment to the country. If emerging economies invest fast enough and properly on innovation policies, work with networks of local and global partners, take advantage of large consumer markets, they will certainly have a good story to tell in the future.

3 References

- [1] BOSCH DO BRASIL. **Bosch apresenta tecnologias e serviços durante Congresso Brasileiro de Inovação da Indústria.** Available at: <<http://www.bosch.com.br/Imprensa/Releases/Detalhes.aspx?idRelease=15492>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [2] EMBRAER. ZERBINI, J. C (2017). **O case da Embraer na Indústria 4.0 - Vanzolini 50 anos.** Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=qEwjPnrOa_Y> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [3] SIEMENS. Apoiando a indústria cervejeira em todo o mundo. Available at: <<http://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/imprensa/pages/siemens-apoiando-a-ind%C3%BAstria-cervejeira-em-todo-o-mundo.aspx>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [4] ARBURG. **Indústria 4.0.** Available at: < <https://www.arburg.com/pt/br/gama-de-servicos/servicos-globais/orientacao/industria-40/>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [5] CLIVER. **Faça um tour pela Cliever e conheça nossas Impressoras 3D.** Available at: <<https://www.youtube.com/watch?v=kVS21fWwqJg>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [6] FUTURISTE. **Cursos, Loja e Assistência Técnica de Drones.** Available at: <http://www.futuriste.com.br/Empresa_de_drones> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [7] DATACOM. **Conheça a Datacom.** Available at: <<http://www.datacom.ind.br/pt>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [8] PPI. **PC Factory - MES.** Available at: < <http://www.ppi-multitask.com.br/>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [9] VW DO BRASIL. DIAS, T. (2016). **Mecânica em Dias | Fábrica digital: investimentos e tecnologias por trás de um novo veículo.** Available at: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2016/01/20/fabrica-digital-investimentos-e-tecnologias-por-tras-de-um-novo-veiculo/>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [10] FIAT CHRYSLER. SCRIVANO, R. (2016). **Grande indústria já adota ‘fábrica inteligente’.** Available at: <<https://oglobo.globo.com/economia/grande-industria-ja-adota-fabrica-inteligente-20461261>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [11] LEAL. **Tecnologia de RFID moderniza empresa.** Available at: <<https://exame.abril.com.br/pme/tecnologia-de-rfid-moderniza-empresa/>> Accessed on: 10 dec. 2017.
- [12] NUBANK. **Nubank será o primeiro a usar tecnologia de tokenização da Mastercard.** Available at: < <http://computerworld.com.br/nubank-sera-o-primeiro-usar-tecnologia-de-tokenizacao-da-mastercard>> Accessed

on: 10 dec. 2017.

[13] HARBOR. **Software Industrial Para Coleta de Dados**. Disponível em: <<https://www.harbor.com.br/>>
Accessed on: 10 dec. 2017.

[14] IBMP. FERREIRA, A. P (2017). **Instituto de Biologia Molecular do Paraná**. Available at:
<<http://www.sensorweb.com.br/cases/instituto-de-biologia-molecular-do-parana-ibmp/>> Accessed on: 10 dec.
2017.

[15] T-SYSTEMS. **Blog - T-Systems do Brasil Ltda**. Available at: < <http://www.t-systems.blog.br/sobre>>
Accessed on: 10 dec. 2017.

[16] POLLUX. **Linha de montagem, Robótica Colaborativa, Internet Industrial**. Available at:
<<https://www.pollux.com.br/>> Accessed on: 10 dec. 2017.

[17] SIEMENS. MATSU, C. (2016). **Como a Siemens pretende conduzir a evolução da Indústria 4.0**.
Available at: <<http://computerworld.com.br/como-siemens-pretende-conduzir-evolucao-da-industria-40>>
Accessed on: 10 dec. 2017.

[18] TECLAV. PESSOA, Y. PONTES, H. (2016). **Visita técnica à empresa teclav -tecnologia e lavagem industrial - caso prático de utilização do sistema rfid**. Available at:
<<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/14492>> Accessed on: 10 dec. 2017.

[19] THYSSENKRUPP. **MAX: Uma verdadeira revolução na prestação de serviço em elevadores**.
Available at: <<http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/estamos-levando-a-industria-de-elevadores-para-a-era-digital-apresentamos-o-max-uma-verdadeira-revolucao-na-prestacao-de-servico-em-elevadores/>>
Accessed on: 10 dec. 2017.

[20] TRAMONTINA. **Informativo Altus**. Available at:
<<http://www.altus.com.br/ftp/Public/Portugues/Altus%20Institucional/Informativo%20I%26A/I%26A88.pdf>>
Accessed on: 10 dec. 2017.

[21] WEG. Available at: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/>> Accessed on: 10 dec. 2017.

[22] ABB. **Líder em tecnologias digitais para a indústria**. Available at: < <http://new.abb.com/br/>> Accessed
on: 10 dec. 2017.

[23] OMRON. Available at: <<https://www.omron.com.br/>> Accessed on: 10 dec. 2017.

[24] SCHNEIDER-ELECTRIC. Especialista Global em Gestão de Energia. Available at:
<<https://www.schneider-electric.com.br/pt/>> Accessed on: 10 dec. 2017.

[25] TOTVS. Available at: <<https://www.totvs.com/home>> Accessed on: 10 dec. 2017.

ABDI (2017). Programa Indústria 4.0 receberá mais incentivos no Brasil. Available at
<<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/09/programa-industria-4-0-recebera-mais-incentivos-no-brasil>>

BEKEY, G. A. *Autonomous Robots*. **Massachusetts Institute of Technology Press**. 2005.

BNDES (2017). Estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”. Available at <

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/estudos/chamada-publica-internet-coisas/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>>

BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Citado por: Michael Rüßmann, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, and Michael Harnisch, abril 2015.

CNI, 2016. **SPECIAL SURVEY** | English version of Sondagem Especial nº 66, Indústria 4.0, April 2016. Publication of the National Confederation of Industry - CNI | www.cni.org.br | ISSN 2317-7330.

GEISSBAUER, R VEDSO, J SCHRAUF, S. *Industry 4.0: Building the digital enterprise.* **PWC, 2016 Global Industry 4.0 Survey.**

GIBSON, I., ROSEN, D. AND STUCKER, B. *Additive Manufacturing Technologies.* New York: Springer. 2010.

GIUSTO, D., A. IERA, G. MORABITO AND L. ATZORI. *The Internet of Things.* 2010.

GMIS (2017) Global Manufacturing & Industrialization Summit (GMIS) 2017: *Brazil's Manufacturers urged to harness the power of the Fourth Industrial Revolution.* Available at <<https://gmisummit.com/gmis-summit-news/brazils-manufacturers/>> [Accessed on 12 April 2017]

KAGERMANN, H., W. WAHLSTER AND J. HELBIG. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industry 4.0 Working Group.* **Acatech – National Academy of Science and Engineering**, 2013.

KAGERMMAN, H., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., SCHUH, G., WAHLSTER, W. (Eds.). *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners* (acatech STUDY). Munique, **Herbert Utz Verlag**, 2016.

Lee et al. (2014) Lee J., Bagheri, B., Kao, H.-A. 2014: *Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics.* Proceeding of Int. Conference on Industrial Informatics (INDIN) 2014.

LEE, E. A., SESHIA, S. A. *Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach.* Second Edition, **MIT Press**, 2017.

SCHUMACHER, A., EROL, S., SIHN W., 2016: *A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises.* *Procedia CIRP* 52 (2016) 161 – 166.

SOUZA, M. 2017: *What emerging economies can teach us about designing better innovation policies.* **World Economic Forum Annual Meeting 2017.** Available at: <<https://www.weforum.org/agenda/2017/01/designing-innovation-policies-in-emerging-economies/>> Accessed on 10 dec. 2017

STOCK, T. & SELIGER, G. 2016: *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0.* **13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use.**

TAMÁS, P. & ILLÉS, B.: *Process Improvement Trends for Manufacturing Systems in Industry 4.0.* **Academic Journal of Manufacturing Engineering**, 2016.

WELCKER, C. M. *Zukunft Maschinenbau.* **Frankfurter Allgemeine Zeitung**, Verlagsspezial. Alemanha, 2017.