

INDÚSTRIA 4.0: uma nova era da manufatura

Roger Antonio Rodrigues (UNIS) roger.rodrigues@unis.edu.br
Gleisson Francisco Araújo (UNIS) gleisson-araujo@hotmail.com
Ricardo Milanez de Siqueira (UNIARA) ricardosiqueira2007@hotmail.com
Uile Paranhos (UNIARA) uile.paranhos@hotmail.com
Carlos Augusto Freitas da Silva (UNIARA) carlosaugustofreitas@ig.com.br

Resumo:

Este trabalho descreve o contexto da indústria 4.0 e sua abordagem dentro da indústria da manufatura, pois conceitos como manufatura digital, *internet of things*, *big data* estão cada vez mais inseridos nas organizações. Tal abordagem se faz necessária devido às constantes modificações e exigências do mercado para que as organizações consigam manter suas operações e torná-las competitivas. O objetivo deste trabalho é mostrar como a indústria 4.0 vem mudando o conceito da manufatura no mundo e analisar a situação do Brasil perante esta nova era. Este propósito foi alcançado mediante a uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa demonstrou como as maiores potências em produção já estão vivenciando este novo conceito de manufatura, deixando de ser vista apenas como uma visão futurística e aplicando seus conceitos no dia a dia, trazendo ganhos e aumento da competitividade destas organizações. E, como o Brasil se encontra perante tal situação, se adaptando ao novo conceito, ainda com a necessidade de progresso no mundo tecnológico. Ao final, verifica-se também, que o ritmo da evolução tecnológica deve ser acompanhado constantemente e que o trabalho proposto apresenta oportunidade para ser continuado em uma análise posterior.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Manufatura Digital, *Internet of Things*, *Big Data*, competitividade

INDUSTRY 4.0: a new era of manufacture

Abstract

The study in question describes the concept of industry 4.0 and their approaches within the manufacture industry, concepts such as digital manufacturing, internet of things, big data are increasingly inserted in organizations. Such approach is necessary due the constant changes and market requirements so that the organizations can maintain their operations and make them competitive. The objective of this study is to demonstrate how the industry 4.0 is changing the concept of manufacturing in the world and analyse the situation of Brasil towards this new stage. This purpose will be achieved by a literature research. The research showed how the biggest potencies in production are already experiencing this new manufacturing concept, leaving it of to be seen only as a futuristic vision and applying its concepts on a daily basis, bringing gains and increase the competitiveness of these organizations. How Brazil is towards such situation, adapting to the new concept, still with the need of progress in the technological world. At the end, it's verified too, that the rhythm of the tecnological evolution must be constantly accompanied and that the study proposed presents the opportunity to be continued at a later analysis.

Keywords: Industry 4.0, Digital manufacturing, Internet of things (IoT), Big data, Competitiveness

1. Introdução

Analizando os últimos anos, nota-se uma grande busca das organizações por processos otimizados, maximização dos resultados e a necessidade de se manter competitivo em um mercado de constantes alterações, se adaptando em um curto *lead time*. Visto tal situação, faz-se necessário o domínio da tecnologia para suportar as diversidades impostas pelo mundo da manufatura, ou caso contrário, a operação não se manterá competitiva.

Segundo Camargo Júnior et al. (2010), os recursos computacionais estão cada vez mais inseridos nas organizações, buscando processos mais rápidos e redução de custos. Com isso, é necessário a compreensão total sobre as novas tecnologias que estão mudando completamente o modo como a manufatura atua nas organizações, quais são suas características e como as organizações devem se portar diante esta realidade. Tais características estão inseridas dentro do conceito da indústria 4.0, tema no qual será abordado neste trabalho.

A abordagem em questão se justifica devido a necessidade das indústrias se adaptarem ao que o mercado exige, tendo então condições para se tornarem competitivas. Conceitos como manufatura digital, *internet of things*, *big data* estão cada vez mais presentes no cotidiano das empresas. Segundo Silva et al. (2015), a indústria 4.0 é considerada também como a quarta revolução industrial, no qual seu maior desafio é uma integração total entre homem e máquina, gerando uma cadeia de valor visando a produção de bens e serviços de maneira automática.

Para Swink (2006), é necessário absorver o máximo a colaboração das principais áreas de uma organização, e a aplicação de tecnologias é um fator que irá disponibilizar tal condição.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo demonstrar como a indústria 4.0 está mudando o modo como a manufatura é gerenciada, visualizar a situação da indústria 4.0 no mundo e analisar a situação do Brasil perante esta nova fase através de uma pesquisa bibliográfica.

Para um melhor entendimento sobre a metodologia da pesquisa, o trabalho se divide em seções: a seção 1 trata da introdução, que traz o contexto dos temas abordados, bem como a problemática, objetivos e metodologia. A seção 2 é constituída de uma revisão da literatura. Os resultados e discussões mais as considerações finais serão tratados na seção 3.

2. Manufatura Digital

A inserção da tecnologia dentro do setor de manufatura na busca de processos melhores, mais eficientes e para uma maior rentabilidade das operações vem aumentando cada vez mais.

Para Miller (2005), dentre todas as abordagens disponíveis no mercado atual a manufatura digital é uma das poucas opções que visa a transformação dos negócios, objetivando torná-los mais competitivos.

Segundo Zhou; Xie e Chen (2011), manufatura digital pode ser considerada como um processo de manufatura que, trabalhando em conjunto com suporte de algumas tecnologias como a realidade virtual, *networks* de computadores, prototipagem rápida e base de dados, baseando-se na demanda do cliente para quesitos de análise, organização e recombinação das informações do produto, do processo de informação e da fonte de informação, implementando o *design* e a funcionalidade do produto em uma simulação rápida de prototipagem, e em sequência, prover uma produção rápida que atenda a demanda e os padrões de qualidade estipulados pelos clientes.

Para Carli e Delmaro (2007), a manufatura digital está inserida nos objetivos estratégicos da organização, com intuito de interação total entre o projeto do produto e a definição dos processos para manufatura.

Já para Rowe (2006), a manufatura digital gera uma interação entre o projeto do produto, o planejamento do que será produzido, os recursos disponíveis para produção e como a programação para as atividades produtivas devem acontecer.

De forma sucinta, uma estruturação de aplicabilidade da manufatura digital poderia ser representada da seguinte forma: primeiramente um dispositivo auxiliar, assistente nos maquinários que tem a autonomia de decidir o que será feito, logo então, a manufatura digital entra com o papel de definir como será feito, e, para o encerramento do ciclo, se faz necessário a empregabilidade de ferramentas de controles de produção, como por exemplo o *ERP* (*enterprise resource planning*) e *MRP* (*material requirement planning*), estes irão definir quando será feito.

Segundo Teresko (2006), conforme pesquisa realizada pela Cimdata, organizações que fazem utilização da manufatura digital tem seus indicadores reduzidos no *time-to-market* em 30%, quantidade de alterações do projeto do produto em 65% e 40% no tempo de planejamento de processos para manufatura.

Conforme observa-se, a manufatura digital traz grandes benefícios para os resultados das operações. Porém, nota-se que esta nova tecnologia deve ser inserida juntamente com demais recursos que darão suporte para o funcionamento de todo sistema, recursos estes disponíveis como na internet das coisas, ou de sua origem, *internet of things* (IoT).

2.1 Internet das coisas (IoT- *internet of things*)

A internet das coisas ou *internet of things* se refere ao uso de sensores, atuadores e tecnologia da comunicação incorporada a objetos físicos, tais objetos que podem ser rastreados e controlados através de *networks* como a internet. A utilização deste tipo de dispositivo envolve três principais passos: captura de dados via sensores, compilação destes dados através do *network* e tomada de decisão baseada aos dados coletados. Esta auto tomada de decisão pode resultar na melhoria de produtividade em um processo corrente. (BANSAL; YADAV; KULKARNI, 2015)

Empresas nas quais são consideradas como modelos para a implantação da internet das coisas apresentam as seguintes características: fácil e correta identificação das áreas mais disponíveis a conectividade, tipo da conexão da empresa ao cliente e a outras empresas, identificação dos dados que geram valor aos clientes, a análise do valor do retorno e a extensão do limite das empresas em novas tecnologias. (IANSITI; LAKHANI, 2014 apud PACHECO; KLEIN; RIGHI 2016).

Para Santaella (2013), a internet das coisas expressa uma condição onde humanos, objetos e animais acoplados com dispositivos computacionais podem se comunicar entre si, interligados a computadores e a um *network* possibilitando o controle de ações rotineiras.

Abordando especificamente o *site* da manufatura, a internet das coisas atua no suporte para coleta e análise de dados, no acompanhamento e rastreabilidade das atividades em tempo real.

(AYDOS; FERREIRA, 2015). Conforme Ferreira; Correia e Lopes (2015), aplicações da internet das coisas na redução de consumo de combustível durante o processo de distribuição pode ser observada com um outro exemplo, onde é possível a conectividade de motoristas e postos de combustível.

A adoção desta tecnologia sem dúvida trará ganhos na eficiência, produtividade, qualidade e otimização dos resultados para as organizações, pois com ela, é possível uma mudança rápida na tomada de decisão gerencial. A internet das coisas veio para mudar os conceitos sobre produção e distribuição. (SEGURA; HILDEBRAND, 2014).

Para Gershenfeld e Vasseur (2014), a internet das coisas não pode ser considerada uma mera ficção científica; ela já está em nosso meio.

Observa-se que um dos principais itens dentro da internet das coisas são os dados, e que as quantidades de dados gerados por sistemas interligados nessa magnitude são bem grandes. Com isso, se faz necessário uma gestão efetiva e eficiente destes dados, onde todo este suporte pode ser ofertado por uma nova tecnologia, conhecida como *big data*.

2.2 Big Data

Com toda esta necessidade de tomar decisões rápidas e precisas através de informações, todo este processo gera uma quantidade enorme de dados eletrônicos. Com isso, todos estes dados ocupam um espaço e devem ser armazenados e processados com segurança.

Segundo Bessis e Dobre (2014), diariamente são criados uma quantidade de 2,5 quintilhões de bytes de dados, onde 90% de todos dados do mundo hoje, foram criados nos dois últimos anos.

De acordo com Cukier e Schoenberger (2013), *big data* é mais do que somente uma comunicação: este segue a ideia de que não é possível compreender dados de grandes quantidades quando nos utilizamos somente pequenas quantidades durante a análise.

Para Sprague (2015), *big data* é conhecido como os “5Vs”, devido suas características de volume, velocidade, variedade, veracidade e valor, sendo então, um enorme volume de dados, recebidos rapidamente e com uma variação de formatos inacreditável.

Tendo como base as informações disponíveis como ponto crucial para a tomada de decisão, se faz necessário uma análise perfeita dos dados a serem processados. Para Feijó (2013), utilizar estas informações é o grande desafio para as organizações se tornarem mais competitivas. Ainda segundo este autor, é importante que as perguntas as serem realizadas ao *big data* sejam precisas e condizentes ao que se espera para a organização, pois caso as informações requisitadas não estejam precisas, as respostas não serão tão úteis, podendo gerar resultados negativos para as organizações. Contudo, se faz necessário a participação de profissionais capacitados para utilização desta tecnologia.

É imprescindível que o mundo sofra revoluções tecnológicas, o modo como as organizações foram geridas nas décadas passadas já está completamente defasado se compararmos com o momento atual. No próximo item, visualiza-se como a revolução tecnológica vem impactando as organizações desde o início da indústria.

2.3 Revolução Industrial

Para um melhor entendimento sobre como esta evolução tecnológica vem mudando o mundo da indústria de maneira impactante e rápida, se faz necessário uma breve contextualização sobre o histórico da revolução industrial.

A primeira revolução industrial surge por volta do século XVIII, entre os anos de 1760 e 1840, onde o fator tecnológico revolucionário foi o motor a vapor e as linhas férreas. (TADEU, SANTOS, 2016).

Já a segunda revolução industrial aconteceu no século XIX onde destaca-se a utilização da energia elétrica como principal recurso. Para Ghemawat (2002), a acessibilidade ao capital de crédito foi o impulsionador para grandes investimentos em produtos e insumos, nos quais foram utilizados para atender a demanda dos mercados para produção em massa.

A evolução do mundo tecnológico na indústria começa aparecer mais durante a terceira revolução industrial, onde os principais recursos para alavancarem a indústria foram a utilização da tecnologia eletrônica e da informação para automatização da produção. Embora não seja possível precisar a data exata desta revolução, estima-se seu início nas décadas de 1940 e 1950, tendo seu maior impacto no último quarto do século XX (GALAMBOS, 2005). Para Castells (1999), uma nova economia surgia base a revolução da tecnologia da informação, na qual era informacional, global e em rede.

Nota-se que mundo vem sofrendo transformações constantemente, e estas transformações são essenciais para a evolução da humanidade, pois a revolução industrial não se prende somente a indústria, mas sim a todo o sistema em que ela pertence e está envolvida. Dando continuidade nesta cadeia revolucionária da indústria, surge então a indústria 4.0.

A indústria 4.0, considerada também como a quarta revolução industrial, chegou ao mundo com uma velocidade jamais vista. A indústria 4.0, ou quarta revolução industrial teve seu surgimento na Alemanha em 2011, é conhecida também nos EUA e na China como manufatura avançada. Baseada em um sistema de alta tecnologia onde máquinas podem tomar suas próprias decisões sem que seja necessário a intervenção humana, decisões estas de como saber o momento exato de aumentar ou reduzir o ritmo de uma produção por exemplo. As maiores potências mundiais já estão se estruturando e buscando o conhecimento total para esta nova fase de evolução.

Para Schawab (2015), o mundo está frente a uma revolução tecnológica que alterará fundamentalmente o modo como vivemos, trabalhamos e interagimos uns com os outros. Será uma transformação jamais vivenciada pela raça humana, que terá impactos nos setores privados e públicos.

A quarta revolução industrial pode ser considerada construída com base na terceira, porém esta revolução visa a junção de alguns outros fatores que ainda não foram explorados na terceira revolução. Para Schawab (2015), a quarta revolução industrial é caracterizada pela fusão entre as esferas físicas, tecnológicas e biológicas.

2.3 A indústria 4.0 no Brasil

O modo como um país está se estruturando agora colocará sua sobrevivência futura em questão. Assim como em todo mundo, o Brasil também sofre impactos sobre esta nova era da manufatura.

Segundo CNI (2016), o uso da tecnologia digital não é amplamente conhecido na indústria brasileira, somente 58% das indústrias tem conhecimento da importância desta tecnologia para manter uma operação competitiva e menos da metade estão à utilizando. Ressalta também, que um dos desafios para o progresso da indústria 4.0 no Brasil está relacionado com a conscientização das organizações sobre os ganhos provindos da digitalização, que são voltados para o aumento da produtividade e a oportunidade de novos modelos de negócios, flexibilidade e customização da produção e para redução do *time-to-market*.

Uma das principais preocupações das organizações são os altos custos da implementação da digitalização. Porém, este item pode ser absorvido com a implementação gradativa, em estágios (NATIONAL CONFEDERATION OF INDUSTRY, 2016).

Os desafios que envolvem a implementação da indústria 4.0 no Brasil estão relacionados desde a necessidade de investimentos em equipamentos até adaptações estruturais das organizações e de sistemáticas adotadas em toda cadeia produtiva. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016)

Porém, mesmo com todas adversidades já é presente a indústria 4.0 no Brasil, abaixo podemos observar modelos já implementados:

No Brasil, a Embraer começou a treinar de forma virtual, em 3D, o que os trabalhadores fariam no chão de fábrica um ano antes do início da produção. O projeto teve 12 mil horas de testes antes das aeronaves decolarem. Defeitos que, normalmente, seriam detectados somente com o avião no ar, foram resolvidos ainda na fase de preparação. Na linha de montagem, os operários usam computadores e tablets com tecnologia de realidade aumentada e, em caso de dúvida, há sempre um vídeo para explicar como realizar a operação. Com todos os ganhos da digitalização, o tempo de montagem já caiu 25%.

O LABelectron, Laboratório-Fábrica vinculado à Fundação CERTI (Florianópolis – SC) desenvolveu o Sistema de Gerenciamento de Informações de Chão de Fábrica, sistema de arquitetura de software estruturada em 4 módulos (Módulo Serviço de chão de fábrica, Módulo Serviço da Qualidade, Módulo Fábrica Visual e Módulo Mensageiro) implementados para a completa rastreabilidade de processos produtivos através de funcionalidades e controles de manufatura. (CNI, 2016, p. 14).

Segundo Vargas (2016), o percentual de importação de robôs para o Brasil vem crescendo desde de 2012 a uma taxa de 5,3% anualmente, informação conforme *IFR (International Federation of Robotics)*, para este autor, anteriormente a indústria robótica estava inserida somente na indústria automotiva e hoje em dia, robôs podem ser encontrados em quase todos tipos de indústria. Ainda conforme Vargas (2016), quase a metade dos robôs vendidos no Brasil são destinados a indústria automotiva, seguida pela eletrônica, alimentícia e bebidas, e, industriais aeroespaciais.

De acordo com estudo realizado pelos autores Geissbauer; Vedso e Sacrauf (2016), segue a expectativas de ganhos advindas com a indústria 4.0 nos próximos 5 anos:

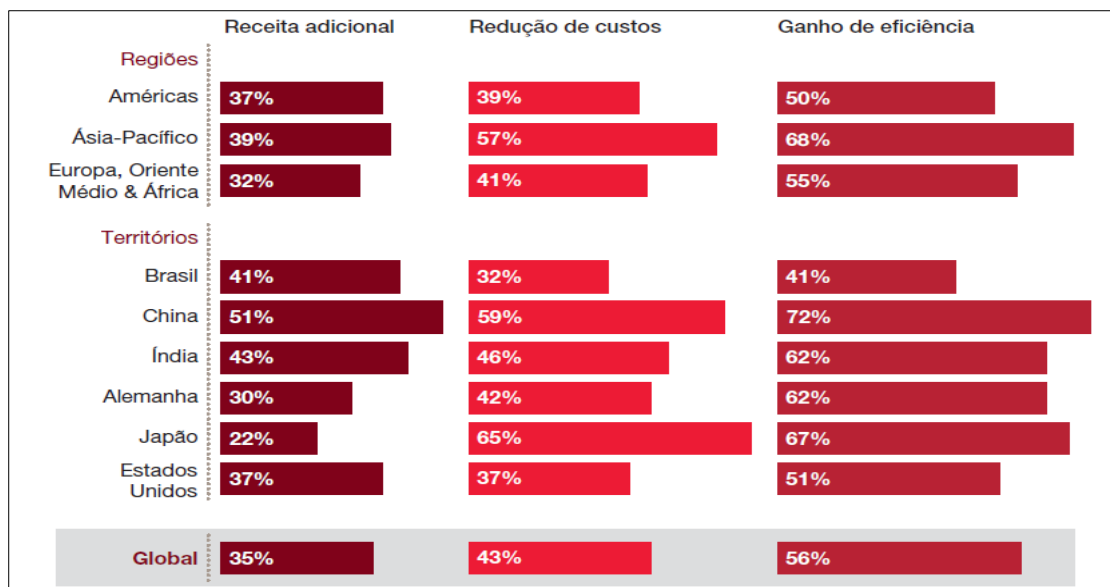


Figura 1 - Expectativa de ganhos com a indústria 4.0 nos próximos 5 anos

Embora o Brasil ainda não possua a mesma estrutura tecnológica conforme países mais avançados na manufatura, como China, EUA e Alemanha, é possível notar que as organizações brasileiras estão também inseridas na indústria 4.0. O grande desafio será a continuação desde a estruturação porém de uma maneira mais acelerada, para que mais desvantagens competitivas não sejam inseridas no cenário brasileiro. É necessário um olhar mais atencioso para o desenvolvimento tecnológico brasileiro.

3. Metodologia e prática do *Lean Manufacturing*

A natureza desta pesquisa está baseada na pesquisa aplicada. Segundo Silva (2001), este tipo de pesquisa busca o acúmulo de *knowhow* para a aplicação e soluções de problemas.

No que se refere aos objetivos, será utilizado a pesquisa explicativa pois o trabalho objetiva explicar os conceitos da indústria 4.0. Ainda segundo Gil (2008), a pesquisa explicativa visa identificar os fatores que determinam e colaboram para ocorrência dos fatos.

Quanto a abordagem, faz-se o uso da qualitativa. Martins (2010), apresenta a abordagem qualitativa como o estudo entre as características distintas dos componentes de um sistema e também os resultados apresentados por este.

Em termos de procedimentos técnicos, a pesquisa está baseada na pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é constituída principalmente de livros e artigos científicos. As fontes utilizadas para este trabalho foram fontes de informação primária. Segundo Tomaél et al. (2004, p.23), “para avaliar uma fonte é fundamental identificar o indivíduo ou a instituição responsável por sua compilação”.

4. Resultado e Discussão

Um aspecto relevante é a velocidade na qual a indústria 4.0 está crescendo no mundo e como a indústria da manufatura já está inserida neste novo conceito, trazendo o que a pouco tempo era somente uma visão futurística para uma realidade dos dias atuais.

Um outro item que deve ser tratado com um olhar mais atencioso é o modo no qual o Brasil está se portando frente esta nova fase da manufatura. Segundo a CNI (2016) um dos desafios para organização brasileira é a conscientização sobre os ganhos provindos da indústria 4.0. Abaixo pode-se visualizar como o Brasil se encontra neste indicador:

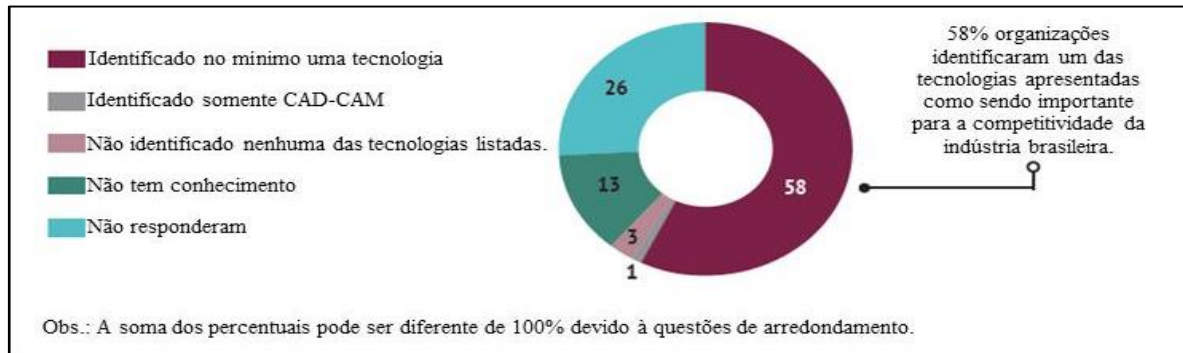


Figura 2 - Cenário sobre indústria 4.0 nas organizações no Brasil

É notório o direcionamento de esforços no mundo todo para a adaptação a indústria 4.0, visando maiores ganhos de produtividade afim de se tornarem mais competitivos, e que os resultados obtidos por estas organizações sem dúvida são positivos. A redução com os custos com produção e tempo de lançamento do produto no mercado são dois indicadores nos quais sustentam este resultado como positivo. No Brasil, já é possível enxergar progressos nesta área, porém em uma proporção bem menor aos países referência. Contudo, se faz necessário a continuidade da estruturação tecnológica brasileira de maneira mais agressiva.

5. Considerações finais

Retomando a premissa do suporte tecnológico para se manter competitivo na indústria da manufatura, é visto que este é um assunto de nível mundial, onde todos estão sendo regidos por uma única e nova abordagem, a indústria 4.0.

Pode-se afirmar que os ganhos apresentados na manufatura digital como a redução em no *time-to-market* em 30%, quantidade de alterações em projetos reduzidos em 65% e tempo de planejamento de projeto em 40%, (TERESKO, 2006), são ganhos que irão colocar uma organização completamente a frente das demais que não utilizam esta ferramenta.

Demonstra-se também, os ganhos possíveis quando tem-se um controle total das interações dos processos de um sistema onde a comunicação entre todos os meios é possível através da internet das coisas, fazendo com que alterações de acordo com o cenário de cada momento sejam efetivadas sem necessário o envolvimento humano. Ressalta-se ainda que todo este processo se deve a possibilidade da análise de informações, informações estas que são disponíveis como dados em uma enorme quantidade, e podem ser interpretadas de maneira eficiente e eficaz, através do *big data*, mostrando o que realmente está acontecendo e qual caminho deve ser seguido.

Conclui-se ainda que transformações no mundo da indústria vem acontecendo desde o início das revoluções industriais, e que a adaptação a estas transformações não é uma questão de opção e sim uma necessidade para se manter competitivo no mercado. O modo como se produz hoje, não se compara a décadas atrás e com certeza não será o mesmo em poucos anos. Destaca-se

também a forma com que as grandes potências mundiais já estão inseridas na realidade da indústria 4.0 e como os resultados advindos desta nova era são importantes para manter uma organização competitiva, e, que no Brasil já é possível encontrar empresas que aplicam o conceito da indústria 4.0, mas, ainda se faz necessário um grande desenvolvimento do meio tecnológico na indústria brasileira, tanto em meios quanto na conscientização das organizações. Não menos importante e considerado uma preocupação para indústria 4.0, é o grau de conhecimento que é exigido por parte dos profissionais, pois esta nova era restringe-se a necessidade do desenvolvimento do conhecimento.

Conclui-se também, que o ritmo da evolução tecnológica deve ser acompanhado constantemente e que o trabalho proposto demanda um maior aprofundamento, em uma análise posterior, uma vez que o assunto proposto está em fase de maturação e em constante evolução.

Referências

- AYDOS, T. F.; FERREIRA, J. C. E. Aplicação das tecnologias da *Internet of Things* no âmbito da manufatura enxuta para monitoramento de objetos no chão de fábrica: uma Revisão Sistemática. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, dez. 2015, Ponta Grossa. **Anais...** Paraná: CONBREPRO, 2015.
- BANSAL, A.; YADAV, A. N.; KULKARNI, A. **Internet of things: IoT day special edition**. San Francisco: Lexinnova, 2015.
- BESSIS, N.; DOBRE, C. **Big data and internet of things: a roadmap for smart environments**. Switzerland: Springer, 2014.
- BOSTON CONSULTING GROUP.L **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. Disponível em: <
https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=2>. Acesso em: 12 out. 2016.
- CAMARGO JÚNIOR, J. B de.; PIRES, S. R. I; SOUZA, A. H. R.. Sistemas integrados de gestão erp e *cloud computing*: características, vantagens e desafios. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SIMPOI, 2010. p. 13 CD-ROM.
- CARLI, P. C de.; DELAMARO, M. C. Implantação de manufatura digital numa empresa: identificando os fatores críticos de sucesso. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paraná: ENEGEP, 2015. p. 10 CD-ROM.
- CASTELLS, M. **A era da informação: economia, sociedade e cultura**, v. 1. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CUKIER, N. K.; SCHOENBERGER M. V. The rise of big data, how it's changing the way we think about the world. In: **The fourth industrial revolution**. Washington, DC: Foreign Affairs, 2013.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (Brasil). **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, 2016.
- REVISTA EXAME. **A era das fábricas inteligentes está começando, 2014**. Disponível em: <
<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1068/noticias/a-fabrica-do-futuro>>. Acesso em: 12 out. 2016.
- FEIJÓ, Bruno Vieira. **A revolução dos dados**. Revista exame PME – pequenas e médias empresas, São Paulo, p. 30-43, set. 2013.
- FERREIRA, T. M.; CORREIA NETO, J. S.; LOPES, C. S. Internet das coisas num cenário de de cidades inteligentes: um estudo de caso sobre os impactos na logística empresarial. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, out. 2015, Fortaleza. **Anais...** Ceará: ENEGEP, 2015. p.6.

GALAMBOS, L. **Recasting the Organizational Synthesis:** structure and process in the twentieth and twenty-first centuries. *Business History Review*, 79 (1), 1-38, 2005.

GERSHENFELD, N.; VASSEUR, J. P. The promise (and pitfalls) of the internet of things. In: **The fourth industrial revolution**. Washington, DC: Foreign Affairs, 2014.

GEISSBAUER, R.; Vedso, J.; Scrauf, S. Accelerating globalisation, but with distinct regional flavours. In: **Industry 4.0: building the digital enterprise**. PWC, 2016.

GHEMAWAT, P. **Competition and business strategy in historical perspective**. Business history review, 76 (1), 37-74, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KOLBERG, D.; ZÜHLKE, D. **Lean Automation Enabled By Industry 4.0 Technologies**. IFAC Papers online, ScienceDirect, v.48-3, p. 1870-1875, 2015.

MILLER, E. **Marrying product and process design:** digital manufacturing, a critical element of PLM, ensures that shops stay competitive and profitable. (software systems). Cleveland: American Machinist, oct. 2005.

NATIONAL CONFEDERATION OF INDUSTRY (Brazil). **Industry 4.0: a new challenge for Brazilian industry**. Brasília, 2016.

PACHECO, F. B.; KLEINE, A. Z.; RIGHI, R. R. **Modelos de negócio para produtos e serviços baseados em internet das coisas:** uma revisão da literatura e oportunidades de pesquisas futuras. REGE - Revista de Gestão, v. 23, p. 41-51, mai. 2016.

PORTO, A. J. V.; SOUZA, M. C. F.; RAVELLI, C. A.; BATOCCHIO, A. **Manufatura Virtual: conceituação e desafios**. Gestão & Produção, São Carlos: v.9, n.3, p.297-312, 2002.

ROWE, J. **Digital Factory Within Reach:** Modular options mean even SMBs can take advantage of production and manufacturing visualization tools. MCAD Tech News #179, jun 2006.

SANTAELLA, L.; GALA, A; POLICARPO, C.; GAZONI, R. **Desvelando a Internet das coisas**. Rev. Geminis, São Carlos, v. 4, n. 2, Pp. 19-32, 2013.

SCHUMACHER, Daniel. **Industry 4.0** : How the New Interaction Between Man and Machine in Smart Factories Will Help Create More Intelligent Products in the Aerospace Industry Aerospace Innovation Forum 2016. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2016.

SCHWAB, K. What it means and how to respond. In: **The fourth industrial revolution**. Washington, DC: Foreign Affairs, 2015.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, R. M da.; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P.E.. Modelagem de sistema de controle da indústria 4.0 baseada em holon, agente, rede de petri e arquitetura orientada a serviços. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 2015, NATAL. **Anais...** Natal: SBAI, 2015. p. 7 CD-ROM.

SEGURA, C.; HILDEBRAND, H.R. A Internet das Coisas e os novos paradigmas do consumo. 1 JORNADA INTERNACIONAL GEMINIS, 2014, SÃO CARLOS. **Anais...** São Paulo: JIG, 2014. p. 10.

SPRAGUE, John D. Big data big think. In: **IT Talk: NASA in the Cloud**. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 2015.

SWINK, M. **Building Collaborative Innovation Capability**. Research Technology Management, mar./ apr. 2006.

TADEU, H. F. B.; SANTOS, E. S. **O que seria a indústria 4.0?**. Fundação Dom Cabral. Minas Gerais, 2016.

TOMAÉL, M. I. et al. **Critérios de qualidade para avaliar fontes de informação na Internet**. In: TOMAÉL, M. I.; VALENTIM, M. L. P. (Org.). Avaliação de fontes de informação na Internet. Londrina: Eduel, 2004, p. 19-40

TERESKO, J. **Not only safety...(product lifecycle management digital manufacturing strategy)**. Industry Week, nov. 2006.

TORNABELL, R. **Indústria 4.0: ¿qué impacto tiene en la producción y el empleo?**. La Revista del Foment. Foment del Treball, v.2146, p. 38-41, 2015.

VARGAS, M.; **Industry 4.0 and gap in Brasil**: Industrial robots market up until 2020. Curitiba: ASEM Brazil, 2016.

ZHOU, Z.; XIE, S. S.; CHEN, D. **Fundamentals of digital manufacturing science**. London: Springer, 2011.