

INDÚSTRIA 4.0: CONTRIBUIÇÕES PARA SETOR PRODUTIVO MODERNO

PAULO HENRIQUE MOURA DE SOUZA (FAJ)

paulo_moura2@icloud.com

Silvio Jose Cavallari Junior (FAJ)

silvio.cavallari@teadit.com.br

Geraldo Goncalves Delgado Neto (FAJ)

ggeraneto@gmail.com



O presente artigo discute as principais tecnologias utilizadas na indústria 4.0, bem como os impactos causados por esta revolução no setor produtivo moderno. Atualmente, estamos na zona de transição entre a terceira revolução industrial, que foi caracterizada pelo emprego de componentes eletrônicos, robôs e as TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação), para a quarta revolução industrial, ou melhor, indústria 4.0. Esta revolução consiste na digitalização da indústria com a utilização de tecnologias como a internet das coisas, sensores, automação industrial e inteligência artificial. Em decorrência disso, inicia-se a criação sistemas cyber-físicos que unem o mundo real com o mundo virtual. Desse modo, devido à conexão com a internet das coisas e o uso de inteligência artificial, as máquinas, equipamentos e ambientes comunicam-se entre si, e possuem autonomia para tomarem decisões sem a intervenção humana. Este é outro aspecto marcante na indústria 4.0, a tomada de decisão descentralizada. Portanto, a maneira como os bens de consumo são produzidos e distribuídos transforma-se drasticamente, aumentando os índices de produtividade, qualidade, lead time e eficiência. Consequentemente, as indústrias que não investirem na infraestrutura para o recebimento da indústria 4.0, serão extintas pois não serão capazes de competir com a concorrência.

Palavras-chave: Indústria 4.0, manufatura inteligente, indústria moderna

1. Introdução

Uma revolução é definida por sua capacidade em realizar grandes transformações no cenário político, social e econômico. Até o presente momento, o setor industrial passou por três revoluções significativas; a primeira grande revolução aconteceu na Inglaterra no século XVIII, com a criação da máquina a vapor em 1792. Neste período, iniciaram-se os conceitos de manufatura automatizada, simbolizada pelos teares mecânicos movidos à vapor.

A invenção da lâmpada incandescente em 1879 pelo cientista americano Thomas Alva Edison foi um marco para segunda revolução industrial, já que viabilizou a criação do complexo de iluminação público e privado energizados. Além disso, motivou a substituição do vapor de água pela energia elétrica na produção industrial, a fim de atender à crescente demanda de produtos industrializados. Surge aqui o taylorismo, isto é, a racionalização do trabalho e a produção em massa, que foi impulsionada pelo uso da eletricidade (TAYLOR, 1987).

A terceira revolução industrial, ou revolução técnico-científico-informacional, iniciou-se após a segunda guerra mundial. Neste momento, foram desenvolvidas novas tecnologias com o propósito de reduzir a participação humana no processo de produção. Para isso, foram introduzidos componentes eletrônicos nas máquinas, CLP's (Controladores lógicos programáveis) e robôs; juntamente com as TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação), responsáveis por integrar os processos, máquinas e pessoas (DIEESE, 1994).

Aliás, foi neste período que nasceu o sistema Toyota de produção, que consiste na "completa eliminação de todos os desperdícios", desta maneira, os produtos são produzidos conforme a demanda de mercado. Atualmente, a humanidade está começando a vivenciar a quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0; a partir da integração das máquinas com a internet (DELOITTE, 2014).

A quarta revolução industrial, ou melhor, indústria 4.0; centraliza-se no desenvolvimento de processos e produtos mais autônomos e eficientes, além de oferecer soluções customizadas para produção, logística e clientes. Para tanto, utilizam-se tecnologias de automação industrial juntamente com sensores. O objetivo é criar um sistema produtivo mais inteligente, e ampliar a capacidade de resolução de problemas sem a necessidade de interferência humana. No

entanto, para que isso aconteça, é mandatório haver uma constante troca de informações entre todas as etapas da cadeia produtiva (KOCH et al., 2014).

Conseqüentemente, as TIC (Tecnologias da informação e comunicação) exercem um papel fundamental na indústria 4.0, visto que, possibilitam a comunicação simultânea dos processos entre si. Em especial, a internet das coisas, pois através da conexão entre as máquinas, cria-se um ambiente cyber-físico; onde há união do mundo real e o virtual. Resultando em ganhos de produtividade, qualidade, custo e descentralização na tomada de decisão (SCHWAB, 2016).

O processo de digitalização da indústria não consiste somente à sistemas cyber-físicos e internet das coisas; pelo contrário, essas são algumas das tecnologias utilizadas no processo de transição para quarta revolução industrial, que de acordo com (GOMES, 2016) “é a fase em que as máquinas, baseadas em sistemas cyber-físicos, começam a tomar decisões de quando ligar, desligar ou de quando acelerar ou reduzir a produção no ambiente da manufatura”.

Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é investigar como o tema quarta revolução industrial está sendo abordado pelas indústrias sistêmicas, pontuando os principais benefícios, desafios, bem como os efeitos sociais e econômicos desta revolução dentro do setor produtivo moderno.

2. Princípios da indústria 4.0

A indústria 4.0 originou-se na Alemanha em uma ação conjunta entre autoridades governamentais, iniciativa privada e academia, com o propósito de tornar a indústria alemã mais competitiva. Porém, esse termo ganhou reconhecimento global; por exemplo, nos Estados Unidos é conhecido como *Smart Manufacturing*, no Brasil, manufatura avançada; todavia, os princípios básicos para sua implementação permanecem os mesmos, de acordo com (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016) são eles:

Capacidade de operação em tempo real: As informações são coletadas de forma instantânea; então, não é mais necessário estar fisicamente presente na fábrica para poder tomar decisões, pois à distância, é possível acessar pelo sistema tudo que acontece na fábrica.

Virtualização: Atualmente existem softwares que permitem simulações, inclusive, já são amplamente utilizados nos processos de produção para aumentar a confiabilidade do processo e reduzir custos. Um exemplo disso é o Solid Edge, de acordo com a fabricante Siemens, “O Solid Edge é um portfólio ferramentas de software acessíveis, fáceis de usar, que abordam todos os aspectos do processo de desenvolvimento de produto - desenho 3D, simulação, manufatura, gestão de projeto e muito mais”. Contudo, a indústria 4.0 cria a cópia virtual das fábricas, assim é possível controlar e rastrear remotamente todos os processos devido à presença de sensores distribuídos na planta.

Descentralização: Em razão do constante intercâmbio de informações, o sistema cyber-físico possui a capacidade de tomar decisões em tempo real. Conseqüentemente, é possível alcançar os resultados esperados. Além disso, as máquinas possuem mais autonomia para realização de ajustes sem a intervenção humana, como por exemplo, acelerar a produção, reduzi-la, ou até mesmo, encerrarem seu funcionamento. Portanto, há uma descentralização na tomada de decisão.

Orientação a serviços: Consiste no desenvolvimento de softwares customizados direcionados aos serviços da indústria 4.0. Para isso, é utilizado a internet dos serviços, que integra os usuários e máquinas através de programas adaptáveis a cada necessidade, esses softwares, são literalmente feitos sob medida. O resultado é uma maior flexibilidade e melhor usabilidade dessas soluções integradas.

Modularidade: A modularidade flexibiliza o processo de produção, pois permite a alteração do arranjo físico da linha através do acoplamento e desacoplamento dos módulos produtivos entre si. Por conseguinte, torna a manufatura mais dinâmica e rápida devido às inúmeras combinações existentes. Em decorrência disso, permite ações rápidas para atender a demanda dos clientes com o menor tempo e custo possíveis.

Interoperabilidade: Descreve-se na capacidade de troca de informações entre os sistemas cyber-físicos através da internet e internet das coisas.

3. Pilares da indústria 4.0

Os países em desenvolvimento dispõem dos recursos necessários para o fornecimento de produtos industrializados, com o custo inferior aos seus concorrentes. Os principais fatores são a exploração da mão de obra barata e leis trabalhistas mais brandas – quando comparadas aos países desenvolvidos – essas, permitem maior flexibilidade na jornada de trabalho, além de condições que favorecem as grandes corporações. Portanto, há um fluxo intenso na terceirização dos processos produtivos para estes países; resultando na reversão do cenário industrial mundial clássico, onde os países desenvolvidos eram detentores do monopólio na produção de bens de consumos manufaturados (SHORT, 2011).

Diante do exposto, a indústria 4.0 apresenta soluções para elevar o nível de competitividade do mercado, pois a estagnação no setor industrial está diretamente relacionada com a redução na qualidade de vida geral da sociedade. Desta maneira, os pilares para sua implementação são:

Internet das coisas (Internet of thing; IoT): Trata-se da conexão de máquinas, equipamentos, móveis, veículos, ou melhor dizendo, todos os objetos concretos existentes nos ambientes; inclusive o próprio ambiente faz parte da rede. A conexão é realizada por meio de apetrechos eletrônicos, que disponibilizam a troca de dados entre o *software* (Ambiente virtual) e o *hardware* (Ambiente real; concreto). Isso só é possível devido aos sensores e atuadores, que por sinal, são a base para indústria 4.0. A interação entre os dois ambientes, resulta na criação dos sistemas cyber-físicos. (MIORANDI et al., 2012)

Big data e Analytics: Consiste no armazenamento de todas as informações que precisam ser registradas, em suma, salva os dados que foram processados, permitindo análise posterior ou em tempo real dessas informações. Isso é primordial para a tomada de decisão dos equipamentos, máquinas e cadeia produtiva. Dessa maneira, essas decisões podem variar desde as mais simples, como por exemplo, requisitar a compra de matéria prima, ou mais complexas, como a parada de uma linha produtiva. (BLANCHET et al., 2014).

Cloud computing: As informações são guardadas na nuvem e podem ser acessadas de qualquer lugar, essa infraestrutura possui recursos físicos compostos de servidores, redes armazenamento, computadores, etc; e recursos abstratos, como softwares, aplicativos e soluções integradas. A computação em nuvem surgiu com o objetivo de facilitar o acesso a

informações de forma descentralizada, possibilitando decisões estratégicas. (YEN et al., 2014).

Segurança cibernética: Atualmente o mundo está cada vez mais conectado na internet, no contexto de indústria 4.0, praticamente tudo fará parte da rede. Nesta internet industrial, existem informações confidenciais, segredos de fabricação, na verdade, tudo que compõe o negócio está disponível online. Portanto, ataques cibernéticos tornam-se parte da realidade, logo, é crucial proteger esses sistemas contra as ameaças externas. (SADEGHI; WACHSMANN; WAIDNER, 2015).

Robôs autônomos: Os robôs fazem parte do contexto produtivo desde a terceira revolução industrial, foram criados para reduzir a participação humana principalmente em trabalhos repetitivos, devido ao menor índice de erros e maior produtividade. Porém, com o decorrer do tempo estão se tornando mais inteligentes. A partir disso, o nível de complexidade na realização de tarefas aumenta exponencialmente a cada dia, exigindo maior capacidade de processamento e autonomia para tomada de decisões. Eventualmente, funcionarão de forma segura trabalhando diretamente com seres humanos, aliás, aprenderão com estes. (REHMAN; NECSULESCU; SASIADEK, 2015).

Simulação: A simulação já é realidade no desenvolvimento de produtos, aquisição de matérias-primas e processos de produção. Contudo, no futuro as simulações farão parte do dia-dia dos trabalhadores, unirão o mundo real com o virtual através de sistemas cyber-físicos, e serão mais assertivos. Desse modo, os operadores tornam-se mais capazes de otimizar os processos de setup das máquinas, arranjo de produtos e processos. Conseqüentemente há redução de custos e aumento da qualidade (SHAO; SHIN; JAIN, 2014).

Manufatura aditiva: A impressão 3D, está no mercado desde a década de 1980. Porém, a manufatura aditiva disponível atualmente, tornou-se conhecida em meados dos anos 2000, quando ainda possuía o nome de prototipagem rápida. Devido ao seu alto desempenho, é uma excelente alternativa para produção de componentes individuais e produção de protótipos. Além do mais, são formas descentralizadas de manufatura, o que resulta na menor distância de transporte e estoque em mãos. (BRANT; SUNDARAM, 2015).

Realidade aumentada: A realidade aumentada trata-se da ação conjunta entre um sistema que envia informações em tempo real, e dispositivos conectados à rede (Internet). Através deste tipo de tecnologia, é possível realizar diversos serviços, como por exemplo, efetuar um reparo em uma máquina utilizando um óculos de realidade aumentada que fornece as instruções de reparo em tempo real. Assim sendo, o operador sabe exatamente qual é o problema, além de ver o passo a passo de como resolvê-lo. Portanto, essas são apenas algumas das suas aplicabilidades, porém a combinação é infinita. O resultado é uma simplificação nos processos, diminuição de erros, menor necessidade de treinamento para resolução de problemas, entre outros benefícios (PAELKE, 2014).

Inteligência artificial: Os ambientes cyber-físicos serão inteligentes e capazes de aprender, pensar e agir baseados em informações armazenadas no *big data* ou informações disponíveis em tempo real pela internet das coisas. Por exemplo, as máquinas, equipamentos e ambientes físicos, possuem consciência do impacto de suas ações no sistema, então comportam-se de maneira a alcançar o objetivo macro da empresa. Pois nem sempre o que é bom para um setor em específico, contribuirá significativamente no atendimento do resultado final esperado. No contexto industrial atual, por outro lado, podem ocorrer uma disputa interna na busca por resultados, criando uma verdadeira guerra entre setores. Esta visão individualista (micro) impacta diretamente no resultado planejado. Portanto, a inteligência artificial transforma o funcionamento da indústria, porque combina os recursos da melhor maneira possível para atingir as metas. (LANGE,2014)

4. Manufatura Inteligente

A manufatura inteligente está transformando drasticamente a maneira como os bens de consumo são produzidos. Em um futuro próximo, os processos de produção serão distintos dos atuais. Em razão da constante inovação tecnológica, as empresas que agirem agora estarão preparadas para obterem sucesso no século 21, porém, as corporações que não investirem em soluções inovadoras, e apenas em tecnologias incrementais, não conseguirão manter-se competitivas, portanto serão extintas. (ZHANG, 2011)

A combinação de informação, tecnologia e capital humano, são os fatores necessários para tornar realidade o conceito de manufatura inteligente em todos os aspectos do negócio. A

revolução está acontecendo desde a concepção do produto, até a entrega para o cliente. Abrangendo a cadeia de produção, distribuição e *aftermarketing*. Isto é necessário, pois até agora as indústrias buscaram medidas paliativas para tentar resolver o problema de competitividade industrial.

As práticas do *lean manufacturing*, apesar de serem efetivas na redução de desperdícios e custos, são limitadas, porque apenas incrementam melhorias realizadas anteriormente; por isso, não possuem o mesmo impacto de inovações radicais. Logo, investimentos para o desenvolvimento de novas tecnologias são fundamentais para assegurar o futuro industrial de um país. Não existe atalho, quem investir na infraestrutura para receber a manufatura inteligente, permanecerá relevante. (BI, 2014)

As plantas industriais tornam-se mais flexíveis, os custos são reduzidos e tudo isso ocorre de maneira mais sustentável. Aliás, este novo modelo de manufatura permitirá o desenvolvimento de novos produtos utilizando materiais revolucionários. Conseqüentemente, é necessário haver uma ação conjunta entre iniciativa privada, academia e governo; a fim de tornar esse futuro realidade. Para isso, três passos básicos são necessários:

Estímulo para inovação público-privado: Existem grandes oportunidades nos centros acadêmicos para o teste e desenvolvimento de novas tecnologias para indústria. Isso pode ser alcançado através de ações conjuntas entre centros de pesquisa, incubadoras, polos industriais e universidades como a UNICAMP (Universidade de Campinas), por exemplo, considerada referência em pesquisa. O propósito é agir como catalizador para o surgimento de ideias revolucionárias.

Investimentos em pesquisa científica e estímulo ao empreendedorismo: O Brasil possui uma cultura de educação utilitarista, que consiste em apenas ensinar o aluno a ser um empregado dentro das indústrias; isso deve ser deixado para trás. O que revoluciona a sociedade são inovações científicas e ideias empreendedoras. Desse modo, o governo deve aumentar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, além de fomentar a cultura empreendedora.

Estruturação do mercado: A manufatura inteligente traz índices de produtividade e eficiência nunca vistos antes, essas transformações serão tão drásticas, que o mercado precisa se preparar desde agora para essas mudanças, e utilizar essa oportunidade ao seu favor.

A manufatura inteligente traz diversas oportunidades de crescimento econômico, porém, é necessário um sistema conectado e integrado que permita o livre trânsito de informações. O resultado disso são empresas que conseguem ser mais produtivas, seguras, sustentáveis, bem como mais competitivas.

Os seguintes fatores são cruciais para a produtividade: automação industrial, gestão das informações e tomada de decisão analítica. Esses fatores conectam as máquinas e os equipamentos através de softwares livres para permitir a tomada de decisão. Em decorrência disso, são capazes de comunicarem-se livremente entre si, analisar dados para prever erros e adaptarem-se ao dinamismo do processo produtivo. O propósito é otimizar o funcionamento dos processos e produtos em toda cadeia de valor, disponibilizando as informações necessárias para as pessoas certas no tempo certo.

5. Metodologia

Na pesquisa procurou-se determinar as principais características da Indústria 4.0 e as evoluções tecnológicas que as empresas sistêmicas estão realizando na cadeia de produção, transporte e distribuição para atender essa revolução.

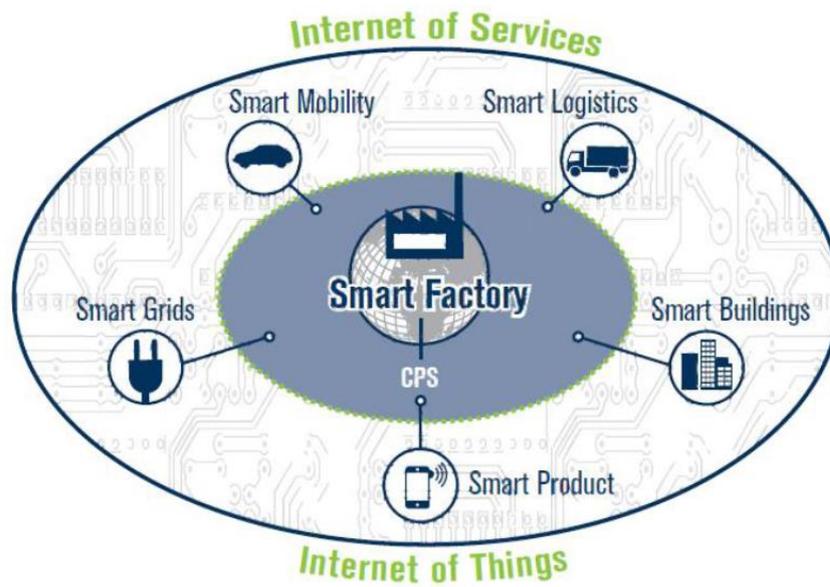
Esta pesquisa foi desenvolvida pela equipe de iniciação científica do curso de Engenharia de Produção que utilizaram dados de periódicos nacionais e internacionais especializados no setor industrial.

6. Análise e discussão de resultados

Os estudos apresentados ao longo desse artigo evidenciaram que o setor produtivo moderno está em fase de transição para quarta revolução industrial. A partir da implementação de novas tecnologias, a maneira como os bens de consumo são produzidos e transportados será mais eficiente, rápida e flexível, tudo isso a um custo competitivo e qualidade superior a atual. Portanto, essa revolução é marcada pela integração e conexão dos processos, conforme

representada na figura abaixo, através da internet presente nos serviços e produtos, possibilitando o monitoramento remoto de todas as etapas da cadeia produtiva, além de viabilizar a tomada de decisão à distância.

Figura 1 - Fábrica inteligente



Fonte: FORSCHUNGSUNION (2013)

Desta maneira, os segmentos que mais investem em tecnologias da indústria 4.0 são os que produzem produtos com alto valor agregado, como autopeças, equipamentos eletrônicos e veículos. A Siemens (Equipamentos eletrônicos) localizada em Amberg na Alemanha funciona 24 horas por dia devido ao alto índice de automação industrial e utiliza mais de 1000 opções de programação CPL's (Controlador Lógico Programável) em sua produção. No Brasil, a Embraer faz o uso de simulações para prever erros que só poderiam ser detectados em voo; já a Rolls Royce, prepara-se para o uso de manufatura aditiva. Portanto, as possibilidades são inúmeras, bem como os benefícios e diversas outras empresas estão investindo e se preparando para essa grande revolução.

Nesse contexto, esta digitalização do setor industrial permitirá a criação de fábricas inteligentes, através da utilização de tecnologias como a internet das coisas (*Internet of things*), *big data and analytics*, simulação, manufatura aditiva, inteligência artificial, entre outros inúmeros recursos. Apesar dessas tecnologias parecerem distantes da realidade atual,

possuem custo-benefício atrativo, permitindo um bom retorno dos investimentos. Mais que isso, são fundamentais para o futuro do negócio. Alguns desses benefícios são:

Design e marketing de produto mais eficientes: Atualmente o processo para entender as necessidades dos clientes é realizado através de pesquisas de mercado e pesquisas com o consumidor. Porém, estes processos demandam tempo e possuem um alto custo de execução, além de serem mais suscetíveis a erros. Todavia, na quarta revolução industrial, as tecnologias serão indispensáveis na captação da voz do consumidor para criar novos produtos e serviços. Dessa forma, é possível manter uma relação mais íntima com o cliente, e entender melhor suas preferências, desejos e vontades. Para tanto, diversas tecnologias são utilizadas, como por exemplo, sensores que monitoram a utilização dos produtos em tempo real. Além de dispositivos que enviam os dados remotamente para o sistema, permitindo saber com mais precisão quando, onde e como os produtos são usados. Portanto, aproxima-se o desenvolvimento de produto com a realidade dos usuários.

Manutenção inteligente: As máquinas e equipamentos serão capazes de monitorar o próprio desgaste dos componentes, além de apontar possíveis falhas que antecedem a quebra. Assim sendo, há redução no custo de operação e manutenção. Isso só pode ser realizado graças à presença de sensores que detectam as anomalias de temperatura, ruído, vibrações e informam os problemas ao usuário antes que a quebra ocorra. Além disso, os produtos terão integração com a internet das coisas, portanto essas informações estarão disponíveis para acesso a qualquer momento. Ademais, a utilização de softwares com a capacidade de previsão mais acurada, proporciona a antecipação de quebras que podem ocorrer no processo. Por conseguinte, realiza-se a manutenção preditiva reduzindo o número de paradas por falhas, resultando na redução no custo de manutenção.

Vendas proativas: As condições de uso dos produtos são monitoradas pelos fabricantes, logo é possível saber quando o consumidor precisa de peças de reparo, serviços de manutenção preventiva, preditiva e corretiva. Sendo assim, essas vendas proativas aumentam a possibilidade de fidelização de clientes e aumento do faturamento.

Logística integrada: Os sensores irão tornar possível o monitoramento dos meios de transporte em tempo real, logo, sabe-se exatamente as condições em que seus produtos estão sendo

transportados, bem como as condições de entrega, como, por exemplo, localização por satélite, previsão de entrega, entre outros. Desta maneira, a indústria pode planejar-se melhor e reduzir os níveis de estoque, entregar e receber produtos mais rapidamente, além de tornarem-se mais eficientes na gestão de tempo, dinheiro e outros recursos.

Processos de Fabricação autônomos: A fábrica do futuro utilizar-se-á de diversas tecnologias para produzir produtos de maneira eficiente, flexível e rápida. A internet das coisas será o objeto de integração entre tudo que é físico (Máquinas, dispositivos, móveis, ambiente) com os softwares (Ambiente virtual). Isto é um ambiente cyber-físico, que consiste na criação da cópia virtual da indústria física. Ambas são idênticas; diferem-se apenas em sua localização, pois uma está em ambiente virtual — armazenada na rede —, e a outra é fábrica física. Consequentemente os dados estão descentralizados e podem ser acessados de qualquer lugar e a qualquer momento. Para maior autonomia na tomada de decisões, além da participação humana, inicia-se o uso de inteligência artificial, que é literalmente, o cérebro por trás da indústria 4.0, pois são capazes de tomar decisões sem intervenção humana. Portanto, os níveis de eficiência serão superiores a qualquer fábrica atual, os processos mais flexíveis e confiáveis. Todos esses fatores refletirão diretamente no custo final dos produtos e operação da indústria.

Redução de custos de operação: No cenário atual os sensores não estão conectados a um sistema central, na indústria 4.0 há a total integração entre os sistemas físicos e virtuais que estão em constante interação entre si. Essa conexão é feita pela internet das coisas, com o passar do tempo, tudo que é físico estará conectado. A partir disso, uma cópia do mundo físico fica disponível online. O resultado disso são melhorias significativas em eficiência, redução de estoque e mão de obra.

Tomada de decisão mais efetiva: As tecnologias do futuro permitirão com que as decisões sejam tomadas de forma descentralizada, uma vez que a partir dos sistemas cyber-físicos tornam-se possíveis o acesso remoto à cópia física da indústria. Além disso, os algoritmos de probabilidade auxiliam na tomada de decisão para gerenciamento dos departamentos. No futuro, a cadeia de valor estará conectada com os fornecedores, produção e os clientes, assim todos podem se comunicarem entre si, e reagirem conforme suas necessidades.

Consumidores mais satisfeitos: Através da coleta de informações referentes as preferências de seus consumidores, a indústria 4.0 vai um passo além, é capaz ainda de analisar o comportamento dos clientes conforme o histórico de compras realizadas, assim é possível ajustar a produção em tempo real; e fornecer soluções mais inteligentes de *marketing* e vendas, também é possível maior participação dos clientes no processo produtivo, tornando-o mais flexível.

Melhoria contínua ativa: Atualmente, o fluxo de melhorias é altamente dependente da aprovação de seres humanos para ser executado. Porém, com o advento das tecnologias que estruturam a indústria 4.0, este processo será realizado de maneira mais autônoma. Inclusive, os recursos que fazem parte do ambiente cyber-físico, como por exemplo, máquinas, pessoas e equipamentos; terão maior autonomia para efetuarem melhorias e registrá-las na rede. Caso não seja possível sua implementação sem intervenção humana, os funcionários serão informados.

Os benefícios da indústria 4.0 são incontestáveis; porém sua implementação resultará em impactos diretos na dinâmica econômica dos países. Portanto, é necessário adaptar-se as mudanças ocasionadas pela digitalização da indústria moderna, de forma a garantir que evolução tecnológica acompanhe progressivamente a especialização da mão de obra. Logo, as empresas que investirem hoje nessa tecnologia terão um futuro próximo amplamente mais competitivo.

7. Considerações finais

Atualmente vivemos um período de transição entre a terceira revolução industrial e a indústria 4.0, ou melhor, quarta revolução industrial. Assim sendo, este novo cenário produtivo caracteriza-se pelo emprego de novas tecnologias que transformam drasticamente a maneira como os bens são produzidos e entregues aos clientes. Porém, para que isso aconteça, são necessários investimentos na construção da infraestrutura para receber sua implementação. Desde já é essencial o planejamento dos recursos, de modo a atender o futuro da indústria. Assim sendo, o tema deve ser conduzido com senso de urgência por todos os setores da indústria, porque quem não se adaptar será extinto do mercado.

Neste contexto de quarta revolução industrial o processo de produção será alterado drasticamente, por tecnologias como, inteligência artificial, automação industrial, integração fabril através da internet das coisas, manufatura aditiva e diversas outras soluções. Ademais, o profissional da indústria 4.0 deverá possuir competências multidisciplinares para atender o dinamismo da produção.

Entretanto, todas as informações que são trocadas entre os sistemas fabris devem ser mantidas com segurança, pois a partir da virtualização da fábrica, os ataques cibernéticos tornam-se mais frequentes, porque todos os segredos de produção estão disponíveis em tempo real no ambiente virtual. Nesta circunstância, as indústrias têm o desafio de suportar o alto volume de dados na rede e ao mesmo tempo mantê-los seguros, pois essas informações são cruciais para o sucesso do negócio.

Por fim, a indústria 4.0 começa a fazer parte da realidade atual, as empresas que não investirem no desenvolvimento de tecnologias para tornar possível essa revolução, não permanecerão no mercado futuro. Além disso, os países que não renovarem seu complexo industrial, verão suas indústrias serem dizimadas pela concorrência.

REFERÊNCIAS

BI, Z., XU, L. D., WANG, C. **Internet of Things for Enterprise Systems of Modern Manufacturing**. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 10, No. 2, p. 1537-1546, 2014.

BLANCHET, M. et al. **THINK ACT: Industry 4.0 The new industrial revolution – How Europe will succeed**. Munique: Roland Berger, 2014.

BRANT, A.; SUNDARAM, M. M. **A novel system for cloud-based micro additive manufacturing of metal structures**. Journal of Manufacturing Processes, Additive Manufacturing. v. 20, Part 3, p. 478 –484, out. 2015.

DELOITTE. **Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies**. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2017.

DIEESE. **Trabalho e reestruturação produtiva: 10 Anos de Linha de Produção**. São Paulo: DIEESE, 1994.

FORSCHUNGSUNION. **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0**. Alemanha. 2013.

GOMES, J. ENTREVISTA: **Brasil pode criar a Indústria 4.0 verde e amarela**, 4 fev. 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2016/02/1,81595/entrevista-brasil-pode-criar-a-industria-4-0-verde-e-amarela.html> Acesso em: 12 de maio de 2017.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios**. In: 2016 49TH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS). IEEE, 5 jan. 2016

<http://www.businessinsider.com/charting-the-incredible-shift-from-manufacturing-to-services-in-america-2011-9>
Acesso em: 12 de maio de 2017.

https://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/products/solid-edge/ Acesso em: 12 de maio de 2017.

KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**. Strategy and Company, 2014.

LANGE, Graham, LIN Fuhua. **Modeling Well Scheduling as a Virtual Enterprise with Intelligent Agents**. IEEE 17th International Conference on Computational Science and Engineering, 2014

MIORANDI, D. et al. Internet of things: **Vision, applications and research challenges**. Ad Hoc Networks, v. 10, n. 7, p. 1497–1516, set. 2012.

PAELKE, V. **Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment**. In: PROCEEDINGS OF THE 2014 IEEE EMERGING TECHNOLOGY AND FACTORY AUTOMATION (ETFA). IEEE, 16 set. 2014

REHMAN, A. UR; NECSULESCU, D.-S.; SASIADEK, J. Robotic Based Fire Detection in Smart Manufacturing Facilities. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1640–1645, 1 jan. 2015.

SADEGHI, A.-R.; WACHSMANN, C.; WAIDNER, M. **Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things**. Proceedings of the 52Nd Annual Design Automation Conference. Anais...: DAC '15. New York, NY, USA: ACM, 2015

SCHWAB, K. **A Quarta revolução industrial**. Edipro. São Paulo. 2016.

SHAO, G.; SHIN, S.-J.; JAIN, S. **Data Analytics Using Simulation for Smart Manufacturing**. Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference. Anais...: WSC '14. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2014.

SHORT, D. **Charting The Incredible Shift From Manufacturing To Services In America**. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/charting-the-incredible-shift-from-manufacturing-to-services-in-america-2011-9>>. Acesso em: 12 maio 2017.

TAYLOR, Frederick Winslow (1987). **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas.

Yen, C.T., Liu, Y.C., Lin, C.C., et al.: **Advanced manufacturing solution to industry 4.0 trend through sensing network and cloud computing technologies**. In: 2014 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), pp. 1150–1152. IEEE (2014).

ZHANG, Y.; HUANG, G. Q.; QU, T.; SUN, S. **Agent-based Smart Objects Management System for Ubiquitous Manufacturing**. International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 27, p. 538-549, 2011.