

MUDANÇAS TRAZIDAS PELA INDÚSTRIA 4.0 PARA A ÁREA DA ENGENHARIA MECÂNICA

CHANGES BROUGHT BY INDUSTRY 4.0 FOR MECHANICAL ENGINEERING AREA

Allan Marconato Marum^{1, i}
Danilo Rodrigues Almeida^{2, ii}
Danilo de Jesus Oliveira^{3, iii}
Erick Akira Uesugui^{4, iv}
Ariane Diniz Silva^{5, v}
André Cassulino Araújo Souza^{6, vi}

Data de submissão: (25/04/2022) Data de aprovação: (21/06/2022)

RESUMO

O mercado vem sendo modificado nos últimos anos em função dos avanços proporcionados pela tecnologia, que chega também às mãos dos consumidores, com cada vez mais poder de decisão, o que contribui para um mercado mais competitivo. Nesse sentido, as empresas precisam se adaptar e inovar com estratégias para o posicionamento no mercado. Apesar da disponibilidade de ferramentas tecnológicas, que refinam os processos internos da organização, a participação dos recursos é fundamental para as tomadas de decisões, principalmente em tempos em que a informação está presente em grande volume, tornando as decisões mais complexas. Mediante esse contexto de amplas mudanças, o presente artigo teve como objetivo discorrer a respeito das mudanças que a indústria 4.0 trouxe para a área da engenharia mecânica. O artigo foi desenvolvido utilizando a metodologia de pesquisa bibliográfica, que consistiu na consulta de material científico já publicado por diferentes autores e em diferentes fontes disponíveis ao público.

Palavras-chaves: Indústria 4.0. Inovação. Tecnologia.

¹ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Pitágoras. E-mail: allan.marum@gmail.com

² Especialista em Instalações Elétricas Industriais, Comerciais e Residenciais e Coordenador de Atividades Técnicas na Escola SENAI “Santos Dumont”. E-mail: danilo.almeida@sp.senai.br

³ Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e Coordenador de Atividades Técnicas na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: danilo.oliveira@sp.senai.br

⁴ Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo e Bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: erick.akira@sp.senai.br

⁵ Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba e professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: ariane.silva@sp.senai.br

⁶ Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é instrutor de formação profissional II - SENAI - Departamento Regional de São Paulo. E-mail: andre.souza@sp.senai.br

ABSTRACT

The market is being modified in last years in function of technology advances, the modifications also arrive the customers, each time with more decision power, what aid to a more competitive market. In this way, the companies need to adapt and innovate with strategies for this market position. Despite the availability of technological tools, which refine the organization's internal processes, the participation of resources is essential for decision-making, especially in times when information is present in large volume, making decisions more complex. In this context of broad changes, this article aims to discuss the changes that industry 4.0 has brought to the area of mechanical engineering. The article was developed using a bibliographic research methodology that consisted of consulting scientific material already published by different authors in different sources that are available to the public.

Keywords: Industry 4.0; Inovation; Tecnology.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos observados ao longo dos anos vêm proporcionando mudanças importantes na sociedade, em especial no mercado. Organizações e consumidores vêm se apropriando dessas ferramentas que são disponibilizadas, e isso tem tornado as relações bastante dinâmicas. Consumidores se veem empoderados, tendo em vista que ampliam o acesso à informação e conseqüentemente ao poder de escolha.

Como consequência desse empoderamento do consumidor, as empresas se veem obrigadas a inovarem e a adotarem as melhores ferramentas tecnológicas como forma de aprimorarem seus processos internos e alcançar de forma mais abrangente estes consumidores. Nesse âmbito, as organizações buscam estratégias diversas, visando acompanhar as transformações de um mercado dinâmico por meio de inovação.

Quando se aborda a inovação é possível falar na Indústria 4.0, apontada como uma nova etapa da Revolução Industrial, que tende a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Essa nova etapa pressupõe a capacidade de agregar diversas tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos, contribuindo para modelos produtivos mais eficientes. Apesar dos grandes avanços, o homem também se insere neste processo, devendo aprimorar-se conforme os avanços.

Mediante isso, o presente artigo teve como objetivo discutir e contextualizar o conceito de inovação no contexto da Indústria 4.0 relacionando às mudanças trazidas para a área da engenharia mecânica. A proposta é justificada pela necessidade de maior aprofundamento acerca de um tema cada vez mais atual na vida contemporânea.

2 TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS

A evolução tecnológica é a base do conceito de inovação, destacando-se cada vez mais na sociedade, especialmente no âmbito organizacional. As discussões e estudos referentes às transformações tecnológicas começaram a ganhar força a partir da Revolução Industrial, momento marcado pela ascensão de grandes empresas e pelas novas formas de organizar o trabalho, devido ao aumento da complexidade.

A evolução sempre esteve presente na vida humana, sendo notada a partir das mudanças em equipamentos e máquinas. Como exemplo é possível citar o desenvolvimento que abrange desde o barco a vapor até as tecnologias que são utilizadas atualmente para facilitar a vida das organizações e dos consumidores (BAYLÃO e OLIVEIRA, 2015).

Tecnologia não se limita ao surgimento de computadores e aparelhos celulares, mas também ao conjunto de conhecimentos, técnicas e conceitos que são utilizados para modificar a realidade da sociedade. Trata-se de uma adaptação e transformação no sentido de combinar ferramentas, máquinas e técnicas para atenderem às necessidades da sociedade que têm se tornado mais complexas com o passar dos anos (FRANCHON, 2009).

A evolução é um processo necessário que surge da adaptação do homem às mudanças que ocorrem no mundo. Cada vez mais se observa a necessidade de ações rápidas, eficientes e objetivas. No contexto da evolução tecnológica, as empresas têm sido muito afetadas, pois o cenário de mercado tem se tornado mais competitivo, trazendo a necessidade de as empresas estarem sempre inovando e buscando se adaptar às novas tecnologias.

Atualmente, para que uma empresa consiga se consolidar no mercado, precisa oferecer não apenas bons preços aos clientes, mas também criatividade, inovação, adaptação, agilidade, estratégia, entre outras características. O cliente está cada vez mais exigente conforme surgem novas tecnologias, desejando bom atendimento, boa relação com a empresa, produtos e serviços de qualidade, rápidos e eficientes (BAYLÃO; OLIVEIRA, 2015). Os clientes estão dispostos a pagar mais quando o serviço e os produtos oferecem este tipo de qualidade. As principais evoluções tecnológicas que podem ser observadas nas empresas impactam não somente a produção, mas o ambiente organizacional como um todo e as relações de trabalho, pois influenciam na vida do trabalhador, modificam e criam novas funções. Dentre as principais mudanças é possível citar a automação como uma das que mais afetaram a vida do trabalhador, afinal muitos cargos foram substituídos por máquinas e mecanismos que realizam o trabalho antes realizado por pessoas (CARVALHO, 2010).

A tecnologia da informação foi outro grande avanço que modificou o trabalho nas empresas de forma geral. Frente ao cenário da globalização, os avanços tecnológicos foram sendo desenvolvidos a fim de formar uma cadeia de suprimentos global, o que fortaleceu a economia e ampliou significativamente a produção industrial. Tal fator se relaciona com a chamada Revolução Digital, que ocorreu na pós-modernidade, responsável por modificar a comunicação entre as pessoas (NORONHA, BARBOSA e CASTRO, 2012).

A Revolução Digital foi responsável por trazer a internet, ferramenta que atualmente tem se mostrado indispensável no contexto organizacional e na vida cotidiana das pessoas. A internet foi uma das evoluções tecnológicas mais significativas, consistindo em uma rede de comunicação descentralizada que permite a conexão e comunicação entre pessoas em qualquer local do mundo. Para as empresas, esta mudança representa uma ampliação importante da rede de comunicação, ampliando negócios e permitindo acompanhar a dinâmica da globalização (FRANCHON, 2009).

Assim, a partir do surgimento da internet, mudanças nas relações de trabalho foram observadas. Para que a internet possa ser utilizada a favor do trabalho, é importante que haja conhecimento de seus recursos. Não basta, portanto, possuir o equipamento adequado, mas saber utilizá-lo de maneira correta e adequá-lo às suas necessidades (FRANCHON, 2009).

A Internet nasceu como um programa de pesquisa militar dos Estados Unidos, combinado com pesquisas universitárias que ocorreram por meio de uma rede internacional de pesquisadores. No entanto, mesmo com

financiamento militar, a Internet nunca teve aplicação militar e não foi criada com vistas ao lucro empresarial (o projeto não tinha pretensões comerciais). Muito pelo contrário, desde seu início a Internet desenvolveu-se de forma aberta e com livre acesso. Ela tem como principais colaboradores seus próprios usuários, que produzem e desenvolvem até hoje a nova tecnologia com base na troca de experiências, possibilitada, em grande parte, pelo desenvolvimento do correio eletrônico (FRANCHON, 2009, p. 30-31).

A associação destas tecnologias permitiu às empresas utilizar ferramentas a favor de uma gestão estratégica, buscando uma boa posição competitiva no mercado. Softwares, equipamentos, plataformas e outros têm facilitado a organização, gestão, alcance do cliente e atendimento de suas necessidades. A internet trouxe muita praticidade, velocidade e confiabilidade na troca de informações, muito utilizada para realizar pesquisa de informações que auxiliam os gestores na tomada de decisão (CERVIERI JUNIOR et al., 2015).

As tecnologias da informação e sistemas de informação representam para as empresas um grande avanço no sentido de integrar todos os departamentos, fornecedores, clientes e demais partes envolvidas com as atividades realizadas por estas. A área se tornou essencial no ramo empresarial, pois este necessita cada vez mais de agilidade e eficiência para realizar as atividades, além de reduzir custos e aumentar a produtividade, o que tem sido facilitado pelo uso de recursos de tecnologia da informação (PORTELA, AUGUSTO e ALVES, 2015).

Frente a isso, nota-se a relação existente entre inovação e surgimento de novas tecnologias, sendo indissociável estes dois elementos das práticas realizadas pelas empresas atualmente.

3 CONCEITO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA INOVAÇÃO

A competição tem sido cada vez mais presente no ambiente dos negócios, decorrente do processo de globalização dos mercados, que influenciou de forma profunda como as empresas competem entre si e pela própria manutenção no mercado. Essas transformações tornam-se evidentes ao serem observadas as necessidades das empresas em mostrarem algo novo, melhorado ao inédito ao consumo (CONTO, ANTUNES JÚNIOR e VACCARO, 2016).

Essa indução pelo qual o mercado é estimulado é um grande desafio, além de ser uma importante condição de sobrevivência no mercado, tendo em vista que as empresas precisam atender às demandas cada vez mais exigentes do consumidor e criar novos produtos e/ou serviços. Entende-se que a criação é "(...) o processo e o resultado de fazer existir algo que não havia e, por extensão, também de dar novo feitio ou utilidade a algo que já existia" (PLONSKI, 2017, p.7).

Neste sentido, o conceito de criatividade está bastante relacionado ao conceito de inovação, que é analisado mediante diferentes perspectivas. Em linhas gerais, este conceito compreende a ideia de trazer à tona algo que nunca foi feito por ninguém. De acordo com Lagarto (2013), a inovação consiste em uma atividade intencional, sendo esta focada na resolução de problemas e tratando-se de uma mudança que implica novidade, produtos ou métodos inovadores, algo que nunca foi visto e que vai modificar o que se tem atualmente.

Inovação pressupõe um processo, e, portanto, compreende "(...) um conjunto estruturado de ações ou operações visando a um resultado e, portanto, a inovação é propensa a ser estimulada, promovida e gerida" (PLONSKI, 2017). No âmbito de mercado, esse processo

pode se dar de diferentes formas, e na atualidade é possível considerar que os processos estão cada vez mais sofisticados em função dos avanços tecnológicos.

Nesse sentido, Conto, Antunes Júnior e Vaccaro (2016) consideram que a inovação é considerada o resultado econômico e financeiro da introdução de uma tecnologia no âmbito de uma organização, visando o seu crescimento. Ainda sob essa perspectiva, o objetivo central de uma empresa inovadora é tornar-se líder no seu segmento com o produto ou serviço que atua, determinando assim que os concorrentes sejam seguidores.

Portanto, é possível correlacionar os objetivos de uma empresa em posicionar-se de forma estratégica no mercado. Empresa que busca inovar ganha em competitividade no mercado, sendo esse um elemento que tem sido cada vez mais incentivado, tendo em vista que está intimamente atrelado aos níveis de produtividade de um país.

Em relação a esse processo, Arbix (2010) ressalta sobre a importância da inovação, sendo ela capaz de proporcionar aumentos significativos de produtividade, empregos de melhor qualidade e elevação dos níveis de bem-estar, considerando também que este conceito também está atrelado à busca por soluções para os diferentes problemas que emergem frente às empresas por meio da construção do conhecimento.

A inovação se torna tão importante a partir do momento em que a exploração e difusão de conhecimento são essenciais para o crescimento econômico e o desenvolvimento das nações. Assim, conforme o passar dos anos, o conceito de inovação foi sendo modificado com base na realidade das sociedades, bem como os indicadores que permitem identificar mudanças (OECD, 2005).

A inovação é fator central para promover crescimento tanto do produto quanto da produtividade. A globalização e o desenvolvimento tecnológico têm afetado de forma significativa o contexto de mercado, tornando o conhecimento cada vez mais importante no processo de crescimento econômico e inovação (OECD, 2005).

De acordo com Bisneto e Lins (2016), inovação se trata de uma iniciativa que surge para transformar, revolucionar o contexto de mercado, que quando aplicada traz melhorias com relação aos resultados alcançados pelas empresas. Pode-se relacionar com gestão, processos, ao próprio modelo de negócios ou pode estar relacionada ao uso de algum tipo de tecnologia.

Em linhas gerais, esse processo busca a sofisticação de todos os setores dentro de uma organização como forma de melhorar a sua eficiência, condição importante para a obtenção de vantagens competitivas. Considerando essa potencialidade, é natural que os gestores busquem a sobrevivência da organização em um primeiro momento, e posteriormente a ampliação de suas atividades por meio de estratégias (CONTO, ANTUNES JÚNIOR e VACCARO, 2016).

É compreendido que, embora haja disponibilidade de múltiplas ferramentas, esse processo de inovação é complexo e demanda grande sensibilidade dos gestores para acompanharem as mudanças de mercado, bem como soluções para os diferentes desafios. Na indústria propriamente, esse processo é ainda mais complexo, pois envolvem a presença das mais variadas tecnologias.

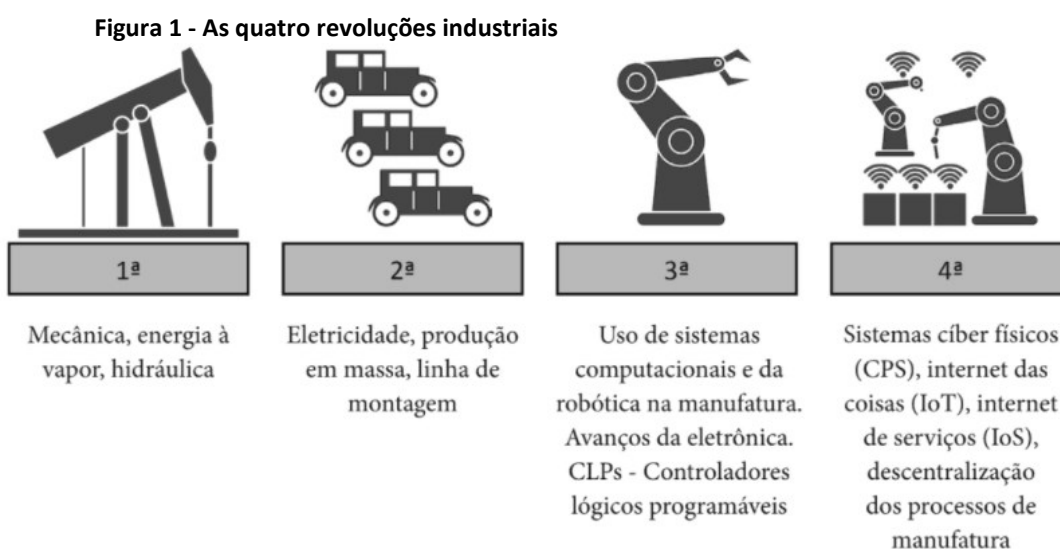
A Indústria 4.0, também conhecida como manufatura avançada, baseada em sistemas ciber-físicos, na internet das coisas e internet dos serviços, possibilita a conectividade e a interoperabilidade entre máquinas, pessoas e processos industriais.

3.1. A Indústria 4.0

A fabricação de bens em escala industrial foi iniciada há pouco mais de 200 anos. Durante esse tempo, o setor passou por várias transformações. No presente momento, a indústria está entrando na era da Quarta Revolução Industrial, ou, como está sendo chamada, Indústria 4.0.

O nome Indústria 4.0 é um derivado dos estágios de evolução industrial ao longo do tempo, conforme é mostrado na figura 1. Em 2011, por iniciativa do governo alemão, o termo "Indústria 4.0" (I4.0) tornou-se amplamente conhecido. Seu objetivo era melhorar a competitividade da indústria alemã (Kagermann, Wahlster 2013).

De acordo com Sacomano et al (2018), é sabido que a primeira revolução industrial começou na virada dos séculos XVIII e XIX e foi associada à introdução de um motor a vapor em escala industrial. Já a segunda revolução, no século XIX, está associada, principalmente, com a introdução da produção em linha e com o acionamento elétrico das máquinas e equipamentos. Sacomano et al. (2018) ressalta ainda que o uso de controladores digitais programáveis em máquinas tecnologicamente evoluídas foi que deu início à terceira revolução industrial, no século XX.



Fonte: SACOMANO, et al (2018)

Hoje, pode-se dizer que caminhamos a passos largos para a Indústria 4.0. Em outras palavras, devido à popularidade dos dispositivos inteligentes, eles estão levando a indústria à completa descentralização do controle do processo de produção. Com os avanços em inteligência artificial, computação cognitiva e outras inovações tecnológicas, a automação é uma forma natural de melhorar a competitividade e a produtividade da indústria no século XXI (SACOMANO et al, 2018).

De acordo com um relatório da BCG Perspectives (2015), o conceito de Indústria 4.0 inclui nove tecnologias principais, que têm um efeito decisivo na produtividade e no crescimento industrial. Essas tecnologias são:

1. Robôs: muitas indústrias vêm usando robôs para realizar tarefas complexas há muito tempo, mas os robôs estão se movendo em uma direção mais prática. Eles vêm se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos;

2. Impressão 3D: a indústria começou há alguns anos a adotar a impressão 3D para manufatura aditiva, principalmente para prototipagem e produção de componentes individuais. Com a Indústria 4.0, esses métodos de manufatura aditiva são amplamente usados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados;

3. Simulação: a simulação tridimensional de produtos, materiais e processos de produção já está em uso, mas no futuro a simulação também será ainda mais usada nas operações de fábrica, permitindo que os operadores testem virtualmente e otimizem a configuração da máquina antes da produção física, reduzindo assim tempo de configuração da máquina e melhorando a qualidade do processo de produção;

4. Integração horizontal e vertical do sistema: é a unificação dos diferentes setores da indústria, além do sistema de tecnologia da informação para conectar fornecedores, indústrias e clientes. Com a Indústria 4.0 e com o desenvolvimento contínuo de redes de integração de dados entre indústrias e a realização da automação completa da cadeia de valor, empresas, departamentos, funções e recursos se tornarão mais próximos;

5. Internet das Coisas (IoT): são objetos / coisas com computação embarcada e conectados a sistemas técnicos padrão. Isso permite que os dispositivos de campo se comuniquem e interajam uns com os outros e com controladores mais centralizados, conforme necessário. Ela também descentraliza a análise e a tomada de decisões, e recebem respostas em tempo real;

6. Big data: no contexto da Indústria 4.0, equipamentos dependentes, sistemas de produção, negócios e sistemas de gerenciamento de clientes também se tornarão padrões que suportam a tomada de decisões em tempo real;

7. Nuvem: aplicativos fornecidos como serviços de armazenamento de dados via Internet (ARMBRUST et al., 2011). As empresas já utilizam softwares baseados em nuvem em alguns aplicativos corporativos e analíticos, mas com a Indústria 4.0 mais empresas relacionadas à produção exigirão mais compartilhamento de dados entre sites e empresas;

8. Segurança de rede: termo que se refere a uma série de métodos e tecnologias destinadas a proteger programas, computadores, redes e dados contra destruição e intrusão ilegal (DICIONÁRIO PORTUGUÊS, 2016). Com o aumento da conectividade fornecida pela Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de produção contra ameaças à segurança cibernética aumentou drasticamente. Portanto, a comunicação segura e confiável e o gerenciamento complexo do acesso aos dados da máquina e do usuário são indispensáveis;

9. Realidade aumentada: é uma técnica utilizada para unir o Mundo real com o virtual, por meio da inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário em tempo real com o apoio de algum dispositivo real. Adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um depósito e o envio de instruções de reparo por meio de dispositivos móveis. Estes sistemas possibilitarão às indústrias o fornecimento de informações em tempo real aos seus trabalhadores para melhorar a tomada de decisão e procedimentos de trabalho.

3.2. O Impacto da Indústria 4.0

O impacto da Indústria 4.0 não é apenas digitalização simples, mas formas mais complexas de inovação baseadas em várias combinações de tecnologia, o que forçarão as empresas a repensar como gerenciar negócios e processos. Considerando que de 50% a 75% das falhas de implementação de tecnologia de fabricação avançada nos Estados Unidos são devido à agilidade, confiabilidade e flexibilidade, a falta de atenção aos aspectos humanos da tecnologia de implementação é considerada a principal razão para essas falhas, indicando uma necessidade de implementação de nova tecnologia. Um dos principais desafios é a falta de análise dos problemas humanos (CHUNG, 1996).

De acordo com Sacomano et al (2018), a quarta revolução industrial estimula os avanços da ciência e da tecnologia, em que a Internet das Coisas (IoT) e suas tecnologias de apoio servem como *backbones* para Sistemas Ciber-Físicos (CPS) e máquinas inteligentes são usadas como promotores para otimizar as cadeias produtivas. A vantagem mais importante de operar com tecnologia digital inteligente é tornar a fabricação mais eficiente e rápida. Nesse caso, CPS é a principal tecnologia amplamente utilizada. Ele envolve um conjunto de diferentes tecnologias que permitem aos produtores gerar um sistema justo, intercomunicador e inteligente que promova a integração de assuntos distintos e periféricos. Três cenas consecutivas aparecem como resultado do sistema: a geração e aquisição de dados, a análise dos dados disponíveis e o suporte à decisão.

Esse avanço vai além das fronteiras organizacionais e territoriais, compreendendo agilidade, inteligência e *networking*. Esse cenário desencadeia esforços governamentais que visam definir diretrizes e padrões. A velocidade e complexidade da transição para a nova era da digitalização em um ambiente globalizado, no entanto, ainda não permite um entendimento comum e coordenado dos impactos das ações realizadas em diferentes países e regiões.

A Internet das Coisas torna o mundo cada vez mais interconectado, e o setor industrial também precisa se integrar a essa realidade. Portanto, é necessário fornecer conexões e interações entre pessoas, máquinas e processos. Esse é o papel da Indústria 4.0, cujo resultado é tornar a produção industrial mais inteligente e mais eficiente, e atender às demandas do mercado (SACOMANO et al, 2018). A base desse conceito aponta que, ao conectar máquinas, sistemas e ativos, as empresas serão capazes de criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor que podem controlar os módulos de produção de forma autônoma. Em outras palavras, as fábricas inteligentes terão a capacidade e autonomia para programar a manutenção, prever falhas de processo e se adaptar aos requisitos de produção e mudanças não planejadas.

Com a implantação das redes inteligentes, espera-se que a Indústria 4.0 ofereça soluções para alguns dos desafios que a sociedade enfrenta atualmente nas áreas de saúde, transporte urbano e eficiência energética (CNI, 2016). Ao mesmo tempo, Hecklau (2016) alertou para a necessidade de melhorar a eficiência do uso de recursos naturais escassos, levando a desafios ambientais e exigindo que as empresas encontrem novas soluções sustentáveis ao longo de suas ações e processos.

O conceito introduzido pela Indústria 4.0 no processo de gerenciamento de produção desencadeou mudanças nas habilidades exigidas por funcionários e gerentes no processo de manufatura. O *Institute for the Future* (IFTF, 2011) recomenda priorizar a imagem de novos profissionais: pensamento crítico, uso de novas mídias, inteligência social, flexibilidade, habilidades de abstração (entender como traduzir conceitos e dados), interculturais (entender a interação e intercâmbio de pessoas de diferentes países e culturas), interdisciplinar (saber trabalhar em equipes multidisciplinares e globais), colaboração remota (criando conexões presenciais e virtuais) e priorização (capacidade de filtrar, reter e usar apenas conteúdo importante).

A integração digital é a principal característica das operações com tecnologia inteligente. Esta integração é um campo interdisciplinar de engenharia que se concentra em como projetar e gerenciar sistemas de engenharia complexos ao longo de seu ciclo de vida. Todas as atividades relativas ao desenvolvimento e fabricação de produtos são integradas e coordenadas com o ciclo de vida do produto. Desta forma, novas sinergias podem surgir entre o desenvolvimento de produtos e os sistemas de produção (SACOMANO et al, 2018).

O estabelecimento de um ecossistema cada vez mais autônomo e altamente cognitivo é a ideia principal por trás da Indústria 4.0. Avanços tecnológicos em termos de aprendizado de máquina, computação em nuvem, robótica avançada e IoT (Internet das coisas) são usados para acelerar ainda mais a eficiência do processo.

A palavra “evolução”, quando aplicada à indústria, reflete o progresso sistemático que vem ocorrendo nos últimos séculos. Nesse contexto, as últimas três revoluções industriais foram marcadas pelo avanço tecnológico que acompanhou o desenvolvimento econômico e social da humanidade. A quarta revolução industrial, atualmente em curso, representa um novo paradigma (SOUZA; GASPARETTO, 2018).

Qualquer forma de revolução trará vantagens e desvantagens, desafios e oportunidades, incertezas e certezas. Para Klaus Schwab (2016), “estamos no início de uma revolução que está mudando fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos conectamos”. As vantagens da quarta revolução industrial são óbvias: aumentar a produtividade, eficiência e qualidade do processo, melhorar a segurança do trabalhador reduzindo o trabalho em locais perigosos e desenvolver ferramentas que nos permitem tomar decisões baseadas em dados para melhorar a competitividade e atender aos requisitos. As necessidades individuais de consumidores pelos produtos (SCHWAB, 2016).

Para Blanchett et al. (2014), na Indústria 4.0, robôs e humanos trabalharão lado a lado usando sensores inteligentes e interfaces homem-máquina para tornar a vida humana mais fácil e aumentar a produtividade industrial sem grandes erros nos itens a serem produzidos. Os pilares da Indústria 4.0 incluem, dentre outras, três tecnologias principais: a Internet das Coisas (IoT), os sistemas ciber-físicos e o big data (COELHO, 2016).

Conforme Domingues (2020), o conceito da Indústria 4.0 envolve inovação tecnológica nas áreas de automação da manufatura e tecnologia da informação. Seu objetivo básico é criar processos mais rápidos, flexíveis e eficientes, promover a combinação de recursos físicos e digitais e conectar máquinas, sistemas e ativos para produzir produtos de maior qualidade a custos mais baixos. A obtenção desses resultados requer um alto grau de integração entre as principais tecnologias (os chamados pilares) que compõem o conceito. Essa integração permite que os produtores respondam rapidamente às flutuações na demanda, oferta e falhas. Vertical, a integração permite que as fábricas sejam inteligentes em termos de serem orientadas às necessidades, personalizadas e específicas do cliente em todas as operações de produção.

Para Moraes e Monteiro (2019), as empresas devem estar preparadas para os impactos que ocorrerão nos próximos anos, por meio do investimento em novas tecnologias e capacitação de pessoal, de modo a colher os futuros resultados dessa transformação.

Conforme aponta Cavalcanti e Nogueira (2017), a indústria 4.0 pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica como, por exemplo, a robótica colaborativa. Os autores ainda destacam a diferença dessa era em relação à primeira, segunda e terceira revolução industrial, comparando a mesma como uma revolução digital que veio para modernizar os processos das organizações.

Está é, portanto, considerada uma nova etapa que tende a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Com essa nova fase, espera-se a capacidade de englobar diferentes tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos com um maior controle aos mecanismos de manufatura. Soares (2018) considera que no mundo globalizado a tecnologia avança cada vez mais, alterando assim o modo de pensar, agir e viver.

Entende-se que nesse sentido a tecnologia vem modificando a dinâmica social e de mercado, tendo em vista o acesso à informação por parte do consumidor e também por parte das empresas, que podem selecioná-las e potencializá-las para benefício de desenvolvimento. Como também complementa Gomes (2016), houve uma revolução no padrão tecnológico, que provocaram mudanças nas relações entre a produção e as técnicas que são empregadas.

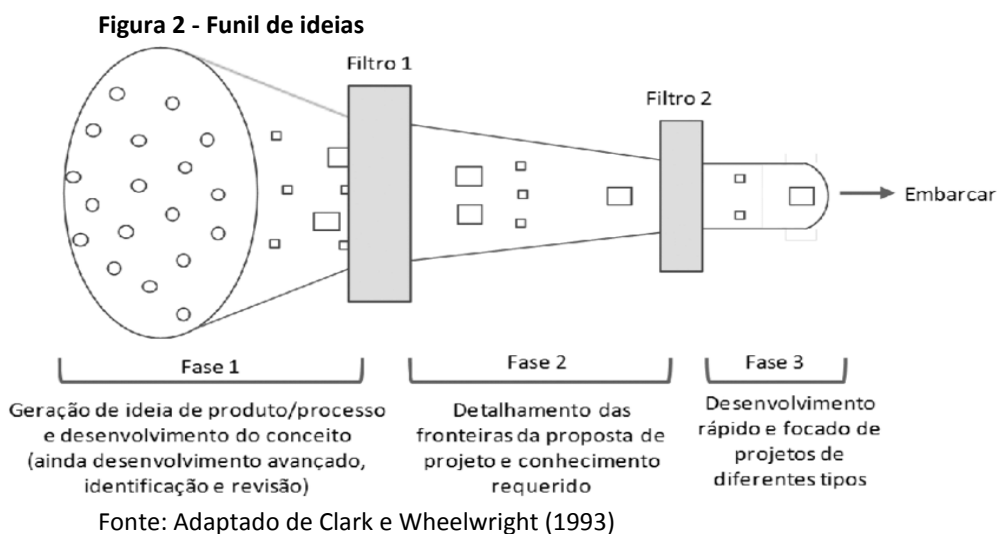
Essas mudanças influem diretamente nos processos de produção dos bens e serviços aos consumidores. Nesse cenário, é possível ainda deparar-se com a possibilidade de um mundo virtual com o desenvolvimento de novas tecnologias cada vez mais rápidas e sofisticadas que direciona consumidores e empresas para uma próxima etapa de desenvolvimento (SOARES, 2018).

Não inerente desse processo de mudanças está a necessidade de inovação neste novo mercado, que se dá de maneira constante face aos avanços da tecnologia que intensifica a competição entre as organizações, tendo em vista que proporcionam as condições e meios para refinamento dos processos. Conforme Freitas Filho (2013), inovar compreende a capacidade das organizações de utilizarem sua criatividade, conhecimentos e habilidades na geração de uma mudança que possa alterar o estado atual de um produto.

Na Indústria 4.0 essa relação é bem estabelecida, e a inovação é uma condição primordial que, em tese, proporciona transformações nos sistemas de produção pelo uso de fontes inteligentes, robótica, sistemas confiáveis de processamento e armazenamento de dados, monitoramento e maior controle das operações em tempo real (MAZZAFERRO et al., 2018).

Contudo, destaca-se que esse processo, embora permeado por tecnologia, ainda compreende a necessidade do homem para as tomadas de decisões, sendo o sistema um importante subsídio para as ações. Assim, é fundamental a proximidade entre o homem e tecnologia como forma de aprimorar os processos de gestão, que estão cada vez mais focados em inovação e ferramentas que tornem o trabalho mais eficiente. É neste contexto que emerge a importância sobre o uso de algumas ferramentas, como o “Funil de Inovação” (BARBALHO; BLUMM; SOARES, 2015).

Essa ferramenta foi inicialmente adotada por empresas de bens de consumo, tendo uma representação explicativa que permite selecionar boas ideias (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993). Por conseguinte, o processo permite facilitar o processo de tomada de decisão em relação às ideias inovadoras, promovendo a avaliação destas de forma que, ao final do funil, estejam apenas as ideias que tiverem sua eficiência comprovada.



Essa ferramenta estrutura-se de modo a possibilitar seleção de informações e/ou ideias. Assim é possível verificar que as ideias passam pelo primeiro filtro de aprovação e só as que têm grande chance de sucesso são selecionadas, conceituadas e avaliadas. Após esse processo, realiza-se estudo de viabilidade técnica de mercado. Seguente a isso, é submetida ao segundo filtro de aprovação. Por fim, essas ideias seguem para a etapa de planejamento, execução e entrega (GANGULY, 1999).

Nesse sentido compreende-se que, em meio a um processo dinâmico que impõe elevado nível de competitividade, é relevante que as decisões sejam tomadas com base em informações qualificadas, estas selecionadas por pessoas e disponibilizadas pelas tecnologias disponíveis, que sofisticam e fornecem subsídios aos gestores das organizações. O Funil de Inovação pode ser uma ferramenta importante, já que possibilita selecionar e implementar as ideias com maior chance de sucesso (SBARAINI, 2013).

No entanto, uma das principais mudanças da indústria 4.0 ocorrerá na área social, mais especificamente na força de trabalho, na empregabilidade e na necessidade das pessoas de melhorar suas habilidades para lidar com todas as novas tecnologias e garantir sua empregabilidade (SCHWAB, 2016).

3.3. A Indústria 4.0 e a Engenharia Mecânica

Sacomano et al (2018) afirma que, no início da produção em massa, houve um aumento da necessidade de engenheiros mecânicos, de produção, eletricitas e químicos, principalmente por conta do aumento da complexidade dos processos, manutenção das máquinas e equipamentos, entre outros fatores. Nesta nova revolução não poderia ser diferente.

Os engenheiros mecânicos estão frequentemente envolvidos no desenvolvimento de projetos de sistemas mecânicos e termodinâmicos. Diariamente, os profissionais realizam atividades que visam otimizar, instalar, manter e operar máquinas, termodinâmica, sistemas eletromecânicos, estruturas e elementos de máquinas, desde sua concepção, análise e seleção de materiais, até sua fabricação, controle e manutenção (CONFEA, 1973).

Na Indústria 4.0, a engenharia mecânica continuará a ser responsável pelos mecanismos de movimento e estrutura, mas deve encontrar soluções que combinem os materiais mais duráveis e leves, entender a estrutura dos polímeros e outros componentes e

controlar as informações. Um processo de manutenção mais eficiente e rápido pode também ser desenvolvido para reduzir o desperdício causado por falhas. De acordo com o CREA ES (2019), nesta revolução os engenheiros não são apenas consumidores de tecnologia, mas também protagonistas do processo de transformação da indústria.

Para Sacomano et al (2018), uma característica importante do novo paradigma da Indústria 4.0 é a conexão entre equipamentos, processos, arranjos de produção e consumidores finais, o que torna o processo flexível porque os requisitos de produção podem ser customizados diretamente à partir dos consumidores finais. Isso estabelece requisitos de manutenção para atender à necessidade de maior eficiência e confiança no trabalho diário, ou seja, atuar para manter o processo disponível e confiável.

As tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 se concentram na produção baseada em dados (SACOMANO et al, 2018), por isso as engenharias mecânica e de produção industrial têm muitas vantagens. Um exemplo pode ser um melhor controle de tudo o que acontece na fábrica, como a produtividade, perdas de produtos, tempos de produção, paradas de máquinas, etc. Além disso, deve-se observar que esses dados físicos podem ser convertidos em dados digitais para compartilhamento e análise.

Diante da Indústria 4.0, a engenharia mecânica continuará a ser responsável por todos os mecanismos e estruturas que impulsionam o processo, mas é necessário encontrar soluções adequadas para o progresso tecnológico 4.0. Quando a inteligência artificial e os processos inteligentes não são eficientes, os profissionais de engenharia mecânica também podem colaborar, como o projeto de peças industriais, equipamentos e máquinas, e a inspeção das linhas de produção de processos industriais. Os engenheiros mecânicos também podem participar da implementação e testes de produtos e máquinas e monitorar a manutenção de equipamentos.

Entre os diversos ramos da engenharia mecânica, podemos elencar alguns e o impacto da Indústria 4.0 sobre cada um destes. No caso da engenharia mecânica automotiva, cujas atividades envolvem projetar, desenvolver e melhorar os automóveis, as tecnologias provenientes da Indústria 4.0 podem ajudar a mensurar e a otimizar o consumo de combustível, bem como reduzir as emissões de CO₂, contribuindo também para o desenvolvimento sustentável que é indissociável das inovações, e a personalização de um ambiente inteligente e amigável que atenda às necessidades dos clientes.

Já na engenharia mecânica biomédica, cujas atribuições do profissional da área incluem projetar dispositivos que possam suprir as necessidades das pessoas em determinadas situações através de membros artificiais e cadeiras de rodas, é possível observar a presença da Indústria 4.0 tanto na concepção e fabricação desses dispositivos quanto na análise de desempenho destes. Tecnologias como a inteligência artificial, a integração de sistemas e os sistemas de simulação possibilitam uma análise de dados que permite que o engenheiro mecânico visualize antecipadamente através de variáveis eventuais falhas ou defeitos que possam vir a ocorrer e trabalhe na correção e melhoria disso de modo que haja uma redução considerável do nível de erro na elaboração do produto final.

Outro setor que se encontra em uma crescente e empregando um número considerável de engenheiros mecânicos é a indústria petroquímica. O engenheiro mecânico petroquímico pode atuar tanto em engenharia de processo quanto em engenharia de produções. Considerando o acesso à água tratada, que é um dos problemas que assolam uma parcela significativa da população mundial, é necessário ter em mente que isso demanda um grande número de tubulações, as quais irão necessitar de produtos petroquímicos.

Por meio da internet das coisas e dos equipamentos interligados, eles irão se conectar, trocar informações, processá-las e executar as tarefas. O engenheiro mecânico petroquímico, à vista disso, ficará incumbido de analisar os dados obtidos e transformar as informações em conhecimento para o desenvolvimento aprimorado dos processos.

No Brasil, a previsão é que a implantação da Indústria 4.0 traga benefícios como produtividade, redução de custos, controle do processo produtivo e customização da produção. Levantamento da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) estimou que, levando em consideração melhorias de eficiência, custos de manutenção de máquinas e redução do consumo de energia, os custos industriais do Brasil possam ser reduzidos em 73 bilhões de reais (ROTTA, 2017).

Na indústria de hoje, uma das áreas da Engenharia Mecânica que mais pode se beneficiar com a Indústria 4.0 é a área de manutenção industrial, que é responsável por manter toda a indústria em suas melhores condições de funcionamento e garantir a melhoria contínua de seus processos (SACOMANO et al, 2018).

Com o aprimoramento da automação industrial e o reflexo da terceira revolução industrial, uma indústria precisa cada vez mais de mão de obra profissional qualificada para manter e consertar máquinas, bem como desses profissionais para realizar um grande número de operações e continuar estudando e mantendo. Nasceu a necessidade de otimizar a indústria e melhor atendê-la para melhor gerenciar as máquinas e a manutenção, não só buscando reparos, mas também buscando melhorar a disponibilidade, confiabilidade e vida útil das máquinas e equipamentos, reduzindo assim os custos de manutenção.

A Confederação Nacional da Indústria realizou uma pesquisa com várias áreas do setor industrial. Entre elas, a área de manutenção é uma das que menos utiliza tecnologia digital em suas atividades, conforme mostrado na Tabela 1. (CNI, 2016).

Tabela 1 - Áreas da indústria e a utilização de tecnologias digitais

	SETOR	%
Que mais usa	Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros	61
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	60
	Coque, derivados do petróleo e biocombustíveis	53
	Máquinas e equipamentos	53
	Metalurgia	51
Que menos usa	Outros equipamentos de transporte	23
	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	25
	Produtos farmacêuticos	27
	Minerais não metálicos	28
	Vestuário	29
	Calçados	29

Fonte: Confederação Nacional da Indústria (2016).

Com a aplicação da Indústria 4.0 neste campo, é possível desenvolver e aprimorar a coleta de dados de máquinas por meio de sua tecnologia, aumentar sua capacidade de processamento e realizar monitoramento em tempo real para obter a melhor solução para o problema, reduzindo consideravelmente o tempo de parada de máquina.

Em publicação de 2016, a FIRJAN apontou a relação da Indústria 4.0 para o Brasil. Nela aponta-se que grande parte da indústria brasileira se encontra entre a segunda e a terceira revolução industrial, ou seja, entre o uso de linhas de montagem e a aplicação da automação.

O setor mais adiantado em relação à Indústria 4.0, segundo a publicação, é o setor automotivo, cujos profissionais estão em constante atualização para atender às demandas. A indústria automotiva tem um grande número de profissionais, em especial engenheiros mecânicos, que podem ser aproveitados em outros setores (FIRJAN, 2016).

O aumento da competitividade da indústria brasileira, em nível mundial, pode ser impulsionado a partir da aplicação da digitalização, potencializando a economia, o que pode ser visto como uma predisposição para a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fábricas inteligentes permitem maior flexibilidade na produção, automação do processo de produção, a transmissão de dados sobre um produto conforme ele passa pela cadeia de fabricação e o uso de robôs configuráveis. Isso permitirá a produção de pequenos lotes devido à capacidade de configurar rapidamente as máquinas para se adaptarem a especificações fornecidas pelo cliente.

Portanto, essa flexibilidade também incentiva a inovação. A competência, necessária para a adaptação contínua do sistema de produção, é o fator crítico de sucesso de fabricação. Engenheiros capazes de fazer a transição para a Indústria 4.0 podem encontrar um ambiente de trabalho bastante promissor nos próximos anos.

As empresas precisam de pessoas com criatividade e habilidades de tomada de decisão, bem como conhecimentos técnicos. Conhecimento é a chave para adicionar valor. Os avanços tecnológicos trazidos pela Indústria 4.0 trazem desafios à todas as áreas do conhecimento, especialmente às engenharias. A engenharia mecânica tem papel fundamental nesse processo, uma vez que está bastante inserida no ambiente fabril.

Dessa forma, a engenharia mecânica e o engenheiro mecânico continuarão tendo uma importância fundamental no contexto da Indústria 4.0. É evidente que a inteligência artificial é e será responsável por diversas otimizações que facilitarão e agregarão ao cotidiano não apenas do engenheiro, mas de toda uma sociedade. Todavia, a relevância do fator humano ainda se fará presente e permanecerá essencial em momentos em que a inteligência artificial e demais processos inteligentes não se mostrarem suficientes ou eficientes para atender as demandas exigidas. O engenheiro mecânico continuará a atuar e ter responsabilidade sobre diversos processos e etapas que apenas a sua competência será capaz de solucionar, porém tendo diversas tecnologias advindas da Indústria 4.0 como aliadas.

Trabalhos manuais e repetitivos vêm, de forma célere, sendo substituídos por mão de obra inteligente e automatizada. Dessa forma, serão exigidas novas competências e capacidades dos profissionais. No caso do engenheiro mecânico, a Indústria 4.0 vem não apenas para automatizar os processos e, conseqüentemente facilitar o seu trabalho, mas também permitir que este profissional dedique seu tempo com outras demandas.

Considerando que a presente pesquisa se ateve tão somente às fontes bibliográficas, não se preocupando, neste momento, em ir a campo para corroborar as afirmações feitas pelos autores aqui mencionados.

Como sugestão para a continuidade do tema em futuras pesquisas, propõe-se aprofundar a questão mediante uma pesquisa de campo que envolva (1) empresas e profissionais de engenharia mecânica que já atuem em ambientes industriais 4.0 e (2) pesquisar nas instituições de ensino que ofereçam o curso de engenharia mecânica de que modo estão sendo preparados os futuros engenheiros que irão lidar, em um futuro não tão distante, com as tecnologias aqui mencionadas.

REFERÊNCIAS

ARBIX, G. **Inovação: estratégias de sete países**. Brasília: ABDI, 2010.

ARMBRUST, M. *et al.* A view of cloud computing. **Communications of the ACM**, v. 53, n. 4, p. 50-58, abr. 2010. Disponível em: <<https://cacm.acm.org/magazines/2010/4/81493-a-view-of-cloud-computing/fulltext>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

BARBALHO, S. C. M.; BLUMM, A. C. N.; SOARES, P. C. Análise da aplicação do funil de inovação em empresa de médio porte fabricante de equipamentos odontológicos. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2015, Bauru. Anais [...]* Bauru: 2015.

BAYLÃO, A. L. S.; OLIVEIRA, V. M. Impacto da evolução tecnológica na gestão empresarial. *In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 12., 2015, Resende. Anais [...]* Resende: AEDB, 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/14922205.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2022.

BISNETO, J. P. M.; LINS, O. B. S. M. Gestão da inovação: uma aproximação conceitual. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, v. 3, n. 2, p. 86-109, jan./abr. 2016. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/RBGI/article/view/3731>. Acesso em: 25 fev. 2022.

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**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

CARVALHO, A. M. O impacto da tecnologia no mercado de trabalho e as mudanças no ambiente de produção. **Evidências**, [s.l.], n. 6, p. 153-172, 05 maio 2010. Disponível em: <https://www.uniaraxa.edu.br/ojs/index.php/evidencia/article/viewFile/215/201>. Acesso em: 25 fev. 2022.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. Futurismo, inovação e logística 4.0: desafios e oportunidades. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 7., 2017.*

CERVIERI JÚNIOR, O. *et al.* Tecnologias emergentes aplicáveis ao varejo. **BNDES Setorial**, n. 42, p 131-166, 2015. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9556/1/BNDES%20Setorial%2042%20Tecnologias%20emergentes%20aplic%C3%A1veis%20ao%20varejo_P_BD.pdf. Acesso em: 03 mar. 2022.

CHUNG, Myeong-Kee. Internationalization Strategies of Korean Motor Vehicle Industry. **Actes du GERPISA**, [s.l.], n. 18, p.117-122, 1996.

CIBERSEGURANÇA. In: Dicionário português (Ed.). 2016. Disponível em: <http://dicionariportugues.org/pt/ciberseguranca>. Acesso em: 03 mar. 2022.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing new product and process development: text and cases**. New York: The Free Press, 1993.

CONFEA. **Resolução Nº 218, de 29 jun 1973**. Disponível em: <https://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>. Acesso em: 03 mar. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

CONTO, S. M; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V; VACCARO, G. L. R. A inovação como fator de vantagem competitiva: estudo de uma cooperativa produtora de suco e vinho orgânicos. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 23, n. 2, p. 397-407, 2016.

CREA ES. **Novas tecnologias em pauta na palestra "O papel do engenheiro na indústria 4.0"**. 2019. Disponível em:< <http://www.creaes.org.br/creaes/PRINCIPAL/tabid/55/ctl/Details/mid/402/ItemID/7439/Default.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

DOMINGUES. L. H. **Engenharia de produção e a indústria 4.0**. Ponta Grossa, PR: Aya, 2020.

FIRJAN. **Indústria 4.0: panorama da inovação**. 2016.

FRANCHON, A. M. **A inclusão digital como estratégia e política de gestão de relações públicas em organizações privadas**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FREITAS FILHO, F. L. **Gestão da Inovação: teoria e prática para implantação**. São Paulo: Atlas, 2013.

GANGULY, A. **Business-driven research & development: managing knowledge to create wealth**. West Lafayette: First Ichor Business Books, 1999.

GOMES, J. D. O. Manufatura avançada verde e amarela. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ALTA TECNOLOGIA, 21. **Anais [...]**. Piracicaba, 06 Out., 67-80, 2016.

HECKLAU, Fabian *et al.* Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 1-6, 2016.

LAGARTO, J. R. **Inovação, TIC e sala de aula**. Universidade Católica Portuguesa, 2013. Disponível em: https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/10560/1/Inov_TIC_sala_aula.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.

MAZZAFERRO, J. A. E. Indústria 4.0 e a qualidade da informação. **Soldag Insp**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-2, mar. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-92242018000100001&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 19 fev. 2022.

MORAIS, Roberto Ramos de.; MONTEIRO, Rogério. **Indústria 4.0: impacto na gestão de operações e logística**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2019.

NORONHA, N S.; BARBOSA, D. M. S.; CASTRO, C. C. Inovação tecnológica e o trabalho humano: o que mudou no mundo contemporâneo? *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 32. **Anais [...]**. São Paulo: Abepro, 2012. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_160_932_20272.pdf. Acesso em: 27 fev. 2022.

OECD. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**. 3 ed. FINEP, 2005.

PLONSKI, G. A. Inovação em transformação. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, 2017.

PORTELA, F. L.; AUGUSTO, M. V.; ALVES, R. **Implementação de redes e configuração de sistema de monitoramento em empresa de pequeno e médio porte**. 2015. 52 f. - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação técnica em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

ROTTA, Fernando. Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil. **ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**, Brasília, 20 dez. 2017. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>. Acesso em: 25 fev. 2022.

RUBMANN, M. *et al.* **Pillars of Technological Advancement**. BCG, 2015. Disponível em: https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=2. Acesso em: 15 fev. 2022.

SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SBARAINI, J. **Inovação em processos: proposta de como gerar um funil adequado para projetos de inovação em processos**. Orientadora: Cida Sanches. 2013. 118f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração das Micro e Pequenas Empresa, Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Paulista, 2013. Disponível em: http://www.faccamp.br/madm/Documentos/producao_discente/2013/01janeiro/JairS. Acesso em: 20 fev. 2022.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SOARES, M. G. **A Quarta Revolução Industrial e seus possíveis efeitos no direito, economia e política**. 2018. 33 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Universidade Autônoma de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em:

<https://www.migalhas.com.br/arquivos/2018/4/art20180427-05.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

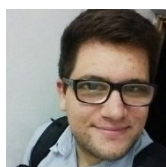
SOUZA, E. S; GASPARETTO, V. **Características e impactos da indústria 4.0**: percepção de estudantes de ciências contábeis. Associação Brasileira de Custos, Vitória - ES, p.1-16, 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores por todo conhecimento disponibilizado.

SOBRE OS AUTORES

i Allan Marconato Marum



Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Pitágoras (2015).

ii Danilo Rodrigues Almeida



Especialista em Instalações Elétricas Industriais, Comerciais e Residenciais. Atualmente é Coordenador de Atividades Técnicas na Escola SENAI “Santos Dumont”. Foi professor de Pós-Graduação na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”.

iii Danilo de Jesus Oliveira



Coordenador de Atividades Técnicas na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. Possui graduação em Mecânica - Modalidade Processos de Produção pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2006) e Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2011). Atualmente é aluno regular de Doutorado na Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Engenharia de Mecânica, com ênfase em processos de Usinagem.

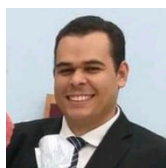
iv Erick Akira Uesugui



Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (2021). Atualmente é bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”.

v Ariane Diniz Silva

Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba (2017), Mestre em Educação na Universidade de Sorocaba (2012) e Graduada em Projetos Mecânicos pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2007). Atualmente é professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia “Gaspar Ricardo Júnior”.

vi André Cassulino Araújo de Souza

Possui graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal de São Paulo (2012) e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (2017). Atualmente é instrutor de formação profissional II - SENAI - Departamento Regional de São Paulo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Desenvolvimento de Sistemas.