



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

HUGO BERNARDO DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0 E ENSINO UNIVERSITÁRIO: uma revisão bibliográfica

Recife
2019

HUGO BERNARDO DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0 E ENSINO UNIVERSITÁRIO: uma revisão bibliográfica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Santos de Araújo Abreu.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

S586i Silva, Hugo Bernardo da.
Indústria 4.0 e ensino universitário: uma revisão bibliográfica / Hugo
Bernardo da Silva – Recife, 2019.
39 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Mônica Santos de Araújo Abreu.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Indústria 4.0. 3. Habilidades. 4.
Competências profissionais. I. Abreu, Mônica Santos de Araújo
(Orientadora). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG / 2020-99

HUGO BERNARDO DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0 E ENSINO UNIVERSITÁRIO: uma revisão bibliográfica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 3/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mônica Santos de Araújo Abreu (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Laertty Moraes Cavalcante (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Raul Ferreira de Sá (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por proporcionar todo esse caminho de aprendizagem até chegar neste trabalho de conclusão de curso. Aos meus pais, Alberto da Silva e Luiza Maria Anunciada da Silva, por me darem amor, atenção e meios necessários para alcançar minhas conquistas. Agradecer também à Amanda Barros por me incentivar todos os dias a buscar o meu melhor. Por toda dedicação e cuidado, do começo ao fim deste trabalho, que teve parte fundamental na sua conclusão, agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Mônica Santos de Araújo Abreu. Aos amigos universitários que trilharam essa jornada ao meu lado e fizeram parte de forma muito importante para que eu tenha chegado neste momento. E também à todos os amigos que esperaram ansiosos por este momento do fechamento do meu ciclo dentro da UFPE.

RESUMO

A indústria tal qual conhecemos hoje não é mais a mesma que na Primeira Revolução Industrial. Sempre se reinventa com novas tecnologias, torna-se cada vez mais competitiva e também muda de forma muito rápida. Atualmente vive-se a Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, termo usado primeiramente na Alemanha em 2011 na feira de Hannover e, nesse contexto, é questionado se os profissionais estão capacitados para atender de forma plena os desafios que são encontrados em seus ramos. O ensino superior, enquanto agente de formação, tem um papel essencial, pois, são as escolas de engenharia, entre outras escolas de tecnologia, que formam os futuros profissionais da Indústria 4.0. Esse trabalho realizou, mediante revisão bibliográfica de artigos científicos, um estudo sobre iniciativas que tentam aproximar os desafios da Indústria 4.0 e a formação de futuros profissionais, mais especificamente no campo da engenharia. Foram encontrados 42 artigos dos quais 13 foram selecionados e agrupados em temas: habilidades e competências exigidas nessa nova fase da Indústria, métodos de ensino inovadores utilizando realidade virtual, *gameficação* e laboratórios inteligentes, método de personalização de curso e uso de ambientes virtuais para ensino. Os temas foram discutidos a fim de reconhecer o que tem sido proposto para aproximar os alunos do ensino superior e as tecnologias e pilares da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Habilidades. Competências profissionais.

ABSTRACT

The industry as we know it today is no longer the same as it was in the First Industrial Revolution. Always reinvents itself with new technologies, becomes increasingly competitive and also changes very quickly. Currently we are experiencing the Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0, a term first used in Germany in 2011 at the Hannover Fair, and in this context, it is asked whether professionals are able to fully meet the challenges that are encountered in their fields. Higher education, as a training agent, plays an essential role, since it is engineering schools, among other technology schools, that form the future professionals of Industry 4.0. This work has, through bibliographic review of scientific articles, a study on initiatives that try to approach the challenges of Industry 4.0 and the formation of future professionals, more specifically in the field of engineering. We found 42 articles of which 13 were selected and grouped into themes: skills and competences required in this new phase of Industry, innovative teaching methods using virtual reality, gamification and intelligent labs, course customization method and use of virtual environments for teaching. Themes were discussed in order to recognize what has been proposed to bring students closer to higher education and the technologies and pillars of Industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0. Skills. Professional skills.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fases da Administração Científica.....	12
Figura 2 - Princípios da produção em massa.....	13
Figura 3 - Transição dos modelos de produção ao longo do tempo.....	15
Figura 4 - Cadeia de valor integrada.....	16
Quadro 1 - Trabalhos selecionados.....	24
Quadro 2 - Blocos de Discussão.....	27
Quadro 3 - Habilidades de Engenharia.....	29
Quadro 4 - Habilidades Transferíveis.....	30
Quadro 5 - Listagem de Competências.....	30
Quadro 6 - Estágio desenvolvimento de games.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1	EVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	11
2.2	INDÚSTRIA 4.0.....	14
2.3	PILARES INDÚSTRIA 4.0.....	17
2.3.1	Big Data e Análise.....	17
2.3.2	Robôs Autônomos.....	18
2.3.3	Simulação.....	18
2.3.4	Integração de Sistemas Horizontal e Vertical.....	19
2.3.5	Internet das Coisas.....	19
2.3.6	Ciber Segurança.....	20
2.3.7	A Nuvem.....	21
2.3.8	Fabricação Aditiva (Impressão 3D).....	21
2.3.9	Realidade Aumentada.....	22
3	MÉTODO E RESULTADO.....	23
4	DISCUSSÃO E ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	27
4.1	PERSONALIZAÇÃO DO CURSO.....	27
4.2	HABILIDADES, COMPETÊNCIAS.....	29
4.3	INOVAÇÃO NO ENSINO.....	31
4.4	USO DE AMBIENTE VIRTUAL.....	33
5	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico, a indústria procura cada vez mais se adequar ao mercado atual, seja através das formas de interagir com o cliente, seja trazendo produtos com maior qualidade e personalização. Mudanças internas têm alterado completamente o dia a dia de uma empresa, promovendo um aumento cada vez mais rápido na produtividade, o que é uma marca das chamadas Revoluções.

O termo Indústria 4.0 vem sendo usado para referenciar esse atual movimento e tem como base nove pilares em que baseia sua organização: *Big Data* e Análise, Robôs Autônomos, Simulação, Integração de Sistemas Horizontal e Vertical, Internet das Coisas, Cíber Segurança, A Nuvem, Fabricação Aditiva (impressão em 3D) e Realidade Aumentada (BCG, 2015).

Os pilares da indústria 4.0, aplicados de forma coesa, possibilitam a criação de um ambiente fabril novo, chamado *Smart Factories* (fábricas inteligentes), que será capaz de realizar uma interação entre máquinas, pessoas e recursos de uma maneira mais eficiente. No entanto, a mudança nas atuais interações, principalmente entre pessoas e máquinas causará impacto no âmbito social. Segundo Schwab (2016), “O emprego crescerá em relação a ocupações e cargos criativos e cognitivos de altos salários e em relação às ocupações manuais de baixos salários; mas irá diminuir consideravelmente em relação aos trabalhos repetitivos e rotineiros.”

A indústria 4.0 necessita contratar mão de obra qualificada e há possibilidade de trabalhos atuais serem instintos e novas vagas sejam abertas para outros profissionais com um perfil novo.

A Universidade enquanto formadora de futuros profissionais, cria e transfere conhecimento e, em um cenário de Indústria 4.0, é motivada a inserir os novos conhecimentos em suas atividades de formação, buscando incentivar a criação de competências e habilidades necessárias a esse novo perfil de profissional. Produzir pesquisa e conhecimento que possa ser relevante nas empresas em um contexto de quarta revolução industrial também é um fator importante.

Nesse contexto, esta monografia tem objetivo geral de fazer uma revisão bibliográfica sobre a Indústria 4.0 e o ensino superior, visando direcionar o olhar ao ensino na engenharia. O estudo se faz relevante devido à falta de pesquisas relacionadas com o que está acontecendo entre a interface Ensino Superior e Indústria, para que os engenheiros possam sair da

Universidade aptos para ingressar no mercado e assim encarar os novos desafios oriundo dessa mudança de cenário industrial.

De Forma detalhada, no âmbito dos aspectos citados, tem-se em foco os seguintes objetivos específicos a seguir:

- Realizar estudo teórico necessário para compreender desafios e impactos na indústria 4.0;
- Revisar literatura em base de dados científica relacionada a Indústria 4.0 e ensino superior universitário;
- Analisar artigos e selecionar subconjunto de trabalhos pertinentes ao tema proposto;
- Identificar classes de ações dos trabalhos que integraram a análise bibliográfica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o bom entendimento do trabalho em questão, faz-se necessária a abordagem de alguns tópicos, passando desde um conhecimento geral histórico, com intenção de saber a cerca da evolução do setor industrial e seu impacto na sociedade, e vendo também como os pilares da Quarta Revolução Industrial funcionam e se tornam interligados entre si.

2.1 EVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A primeira revolução industrial, iniciada na Inglaterra no final do século XVIII, trouxe certas facilidades para a produção mecânica. A invenção das máquinas a vapor sendo usadas como força motriz deixa ultrapassada a manufatura artesanal, que era até então a forma principal de produção (AIRES *et al.*, 2017).

A fabricação de novos produtos químicos, a otimização dos processos fabris, a maior eficiência no uso do vapor d'água e a substituição da madeira e diversos outros biocombustíveis revolucionaram o ambiente fabril de sua época e proporcionaram mudanças na economia e sociedade. O surgimento de novas profissões, mercadorias e fábricas, motiva a migração do homem do campo para a cidade a fim de habitar nos novos centros urbanos.

O trabalho nessa fase tinha que ser feito dentro da fábrica, onde o ritmo não é mais estabelecido pelo operário e sim por equipamentos que não param e não se cansam, agora vigiados por supervisores que mantinham o ritmo por meio de métodos não muito satisfatórios para o trabalhador, podendo até chegar a fazer uso de ameaça física. Fazendo uma comparação, seria um tipo de detenção, em que o relógio controla as horas de entrada e saída (LANDES, 2005).

A segunda revolução industrial, iniciada no final do século XIX, tem na eletricidade, no uso do petróleo como combustível e na linha de montagem seu foco principal. Uma grande transformação nas telecomunicações também é observada (SCHWAB, 2016).

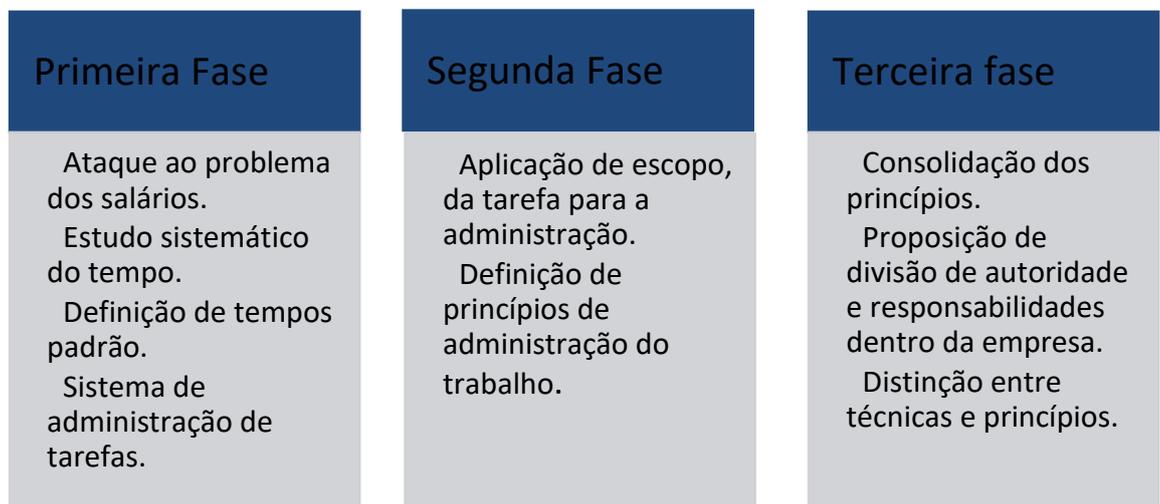
O advento da eletricidade motivou o avanço e aperfeiçoamento dessa nova área e a invenção da lâmpada comercial incandescente, por volta de 1879, proporcionou uma mudança nos sistemas de iluminação dos centros urbanos e industriais. Longas linhas de transmissão de energia foram apresentadas como uma alternativa mais viável em comparação a energia proporcionada pelas máquinas térmicas movidas a vapor.

O petróleo passou a ser mais usado em relação a produção de combustíveis, como diesel e gasolina para motores de combustão interna, servindo tanto para o meio industrial quanto para o de transportes. A forma de utilizar matéria-prima foi aperfeiçoada e isso auxiliou a produção em larga escala de alguns materiais, tais como aço e alumínio. O avanço tecnológico também pôde ser visto nas telecomunicações, com o telefone, rádio, telégrafo, invenções que encurtaram distâncias fazendo o mundo mais rápido no que diz respeito a informação (DATHEIN, 2003).

Com todas essas mudanças, novos postos de trabalhos foram criados, exigindo capacitação nova e elevada. A indústria, agora em larga escala, aumentou a competitividade e mudou os processos das fábricas tornando-os mais dinâmicos.

Nessa fase houve uma contribuição muito importante para os trabalhadores das fábricas, foi o movimento da administração científica, onde se destaca o nome do engenheiro Frederick Winslow Taylor, destacando problemas a serem estudados, como por exemplo falta de incentivo para melhorar o desempenho do trabalhador; falta de integração entre os departamentos da empresa; conflitos entre capatazes e operários a respeito da quantidade da produção. A Figura 1 apresenta essa evolução em três fases.

Figura 1 - Fases da Administração Científica



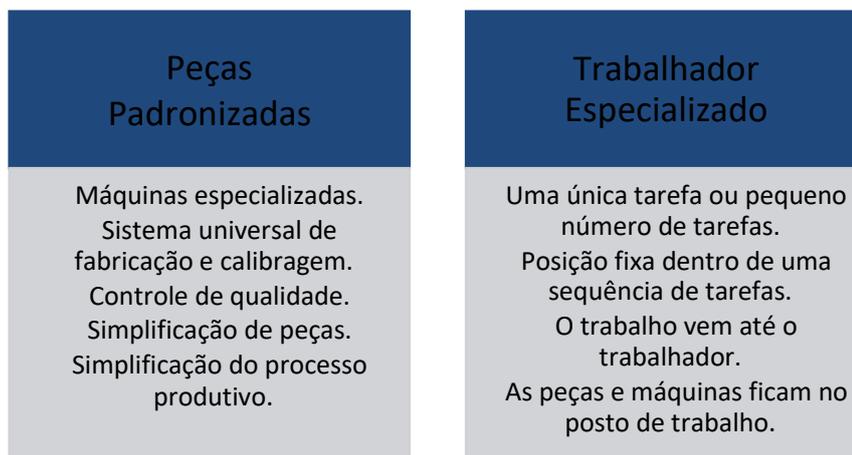
Fonte: Maximiano (2000), adaptado pelo autor.

Na primeira fase, Taylor verificou como grande questão a remuneração dos empregados, que privilegiava o patrão, seja hora recebendo por dia ou por produtividade. “A prosperidade máxima de cada empregado significa não apenas salários mais altos, mas também, e mais importante, significa o desenvolvimento de cada homem à sua condição de

eficiência máxima.” (TAYLOR, 1990). Na segunda fase, torna-se o foco a melhoria dos métodos de trabalho utilizados, a chamada administração de operação fabril. Na terceira fase, Taylor resume os princípios da administração científica, como desenvolvimento de um método que seja a melhor maneira de executar uma tarefa, selecionar e treinar/desenvolver o seu trabalhador, encontrar mão de obra não resistente aos métodos por conta do sistema de pagamento, divisão de trabalho entre supervisor e trabalhador (Kwasnicka, 2005).

O nome de Henry Ford também aparece em destaque na segunda revolução industrial, pelo fato de conseguiu aumentar de forma rigorosa os níveis da produção em massa. A produção em massa tem como característica a produção de peças padronizadas e a necessidade de trabalhador ser especializado para a função (Figura 2), realizando um número de atividades menor e ocupando uma posição mais fixa, dentro da fábrica.

Figura 2 - Princípios da produção em massa



Fonte: adaptado de Maximiano (2000).

A terceira revolução industrial, iniciada na década de 1960, é lembrada como a revolução digital ou do computador, e foi impulsionada pelo desenvolvimento de várias tecnologias, como semicondutores, computação em mainframe, computação pessoal, entre as décadas de 1970 e 1980, e da internet, na década de 1990 (Schwab, 2016).

A automação e robotização são aplicadas nas linhas de produção e a informação é armazenada e processada de forma digital. O setor de comunicação passa mais uma vez por uma total transformação com aparecimento e o uso de telefonia móvel.

Nesse tempo, observa-se que as empresas que conseguiram se integrar mais rápido a essas mudanças se destacaram, tais como, a siderurgia, metalurgia e indústria de automóveis,

cujo investimento foi alto no período das grandes guerras mundiais e suas invenções foram aperfeiçoados depois desse período.

Foi possível otimizar o tempo de fabricação e gastos com a mão de obra com o uso de instrumentos mais precisos e eficientes, o aumento dos lucros foi uma consequência de todos esses fatores associados. Nesse período, o mundo foi apresentado a uma palavra que o mudaria bastante, globalização, agora as informações podiam circular mais rapidamente sem barreiras físicas e temporais. (DA SILVA *et al.*, 2002).

2.2 INDÚSTRIA 4.0

Uma nova fase na indústria mundial tem se apresentado desde 2011, o termo Indústria 4.0 se encontra presente no meio industrial e ainda tem um vasto campo a ser explorado, estudado e implementado nas empresas. Assim como nas outras revoluções, as empresas que se adiantarem na integração desta nova fase irão sair na frente em questão competitiva de mercado. A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 como é mais conhecida, vem com força para mudar o meio fabril (BCG, 2015; SCHWAB, 2016).

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, conectou o mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciber-físicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial (CNI, 2016).

Segundo Schwab (2016), existem três razões que sustentam a ocorrência dessa quarta revolução industrial:

- **Velocidade:** o ritmo de mudança na Indústria 4.0 é reconhecido como exponencial e não mais linear como nas outras revoluções. Isso deve-se principalmente ao mundo profundamente interconectado e as novas tecnologias gerando outras ainda mais novas.
- **Amplitude e profundidade:** Como as demais revoluções, as mudanças também no aspecto econômico e social tem se apresentado sem precedentes, modificando “o que” e “como” fazemos as coisas, mas também “quem somos.”
- **Impacto sistêmico:** O envolvimento de transformação dentro dos países e no sistema globalizado que hoje vivemos, proporciona a quarta revolução industrial, uma transformação sistêmica.

A evolução industrial apresenta, a cada revolução, mudanças na demanda do trabalho que são exigidas. Parte-se de um trabalho manual, usando força muscular, para um que exija uma capacitação mais intelectual.

Trabalhos típicos executados pela mão-de-obra antes, tal como a identificação de defeitos no processo e correção dos desvios, na indústria 4.0 podem ser realizados pelas próprias máquinas. Equipamentos defeituosos são consertados pela própria máquina que realiza manutenção ou transmite informação para que o equipamento corrija os desvios na produção. Com a ajuda da integração entre sensores e sistemas embutidos nas áreas do processo, os produtos podem se ajustar ao melhor modo de serem fabricados, entrando em comunicação com toda a linha de produção. (SALTIEL *et al.*, 2017).

Ao observar a evolução da produção pode-se identificar datas e momentos cujas mudanças relevantes aconteceram, tais quais os tipos de produção que predominava, diversidade de produtos característicos da época por conta de seu método de produção e a capacidade de volume produtivo. A Confederação Nacional da Indústria (2016) apresenta um resumo dessas características na Figura 3.

Figura 3 - Transição dos modelos de produção ao longo do tempo



Fonte: CNI (2016).

A produção entre 1850 e 1913 era de cunho artesanal e a diversidade de produtos diminuía à medida que a demanda aumentava. Entre 1913 e 1955 a demanda continua a aumentar, até que se dá início a produção em massa. No final da década de 1950, a oferta por produtos diversos sobe e se observa a produção de itens customizados em escala.

Dentro do ambiente das fábricas inteligentes, o conjunto de máquinas e matérias-primas poderão se comunicar no decorrer processo, de forma escalada e bastante flexível. Este processo ocorrerá dentro do esperado para este tipo de fábrica, de forma autônoma e com seus sistemas bem integrados. Os dispositivos terão a possibilidade de entrar em contato entre si, modificando assim o modo atual da prática logística, com fluxo de informação mais rápido, aproximando as partes da cadeia produtiva (CNI, 2016).

Essas mudanças não se limitam no campo de atuação da produção e distribuição da empresa, serão notadas também mudanças e melhorias em toda uma cadeia de ações que atribuem valor ao produto. A Figura 4 ilustra as áreas da cadeia de valor que será afetada.

Figura 4 - Cadeia de valor integrada



Fonte: Confederação Nacional da Indústria – CNI (2016)

A indústria 4.0 está fortemente direcionada a melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento (COELHO, 2016).

Quando se fala em implementar a indústria 4.0, a Alemanha desponta como referência. Segundo BCG (2015), em cinco ou dez anos, o país tem potencial de aumentar a produtividade em praticamente 67% conforme as empresas vão adotando os pilares da Indústria 4.0. Os fabricantes buscando produtos mais modernos e sofisticados, e os consumidores procurando produtos variados e personalizados, acarretará um aumento de 1% do PIB alemão. Os empregos, especialmente na área de engenharia mecânica, tendem a subir 10% também neste período. No total espera-se um investimento de cerca de € 250 bilhões.

2.3 PILARES INDÚSTRIA 4.0

Os pilares abordados nesse tópico são as tendências tecnológicas da manufatura no caminho da nova revolução, acrescentando flexibilidade e qualidade de seus produtos e serviços. Tem-se por objetivo esclarecer de forma simplificada e separada esses pilares, mas não deixando de lado a observação que podem trabalhar totalmente em conjunto sob o mesmo propósito.

2.3.1 Big Data e Análise

O conceito de *big data* pode ser entendido como uma aglomeração, junção, de diversos dados, que podem ser estruturados ou não estruturados, os quais são gerados com uma velocidade muito rápida. É um termo já antigo, mas ganhou força recentemente, com o mercado cada vez mais competitivo e com a geração de dados se tornando cada vez mais intensa com a era digital e integração entre os meios.

Um bom uso destes dados e sua análise pode melhorar a produção identificando padrões e anomalias, o uso de equipamentos, identificação de gargalo entre outros, pois, a partir da posse dos dados é possível tomar decisões estratégicas. O seu uso está se tornando padrão para tomadas de decisão na indústria, por usarem uma base de dados constantemente atualizada. Além das mudanças diretas na fábrica as empresas acreditam que essa mudança chegará até a relação com o cliente. (BCG, 2015; DOS SANTOS, 2018)

Há cinco pilares (os cinco “Vs”) que compõem o *big data*, são eles: o Volume -uma quantidade enorme de dados acumulados; a Velocidade - dados colocados em tempo real e que podem ser analisados muito rapidamente; a Variedade -dados oriundos de uma gama diversificada de fontes; a Veracidade – estabelecimento de critérios que são verídicos e atuais e o Valor - retorno que a empresa recebe ao investir nas ferramentas *Big Data* (PEDERNEIRAS, 2019).

A sua importância no mercado pode ser abordada em identificação de padrões precisos (produtos personalizados para clientes específicos); redução de custos; tomar decisões de forma mais rápida e melhor; desenvolver produtos e serviços; análise de concorrência.

2.3.2 Robôs Autônomos

O uso de robôs já não é mais novidade no meio industrial, porém eles estão chegando a um nível ainda mais avançado, em que serão mais independentes e flexíveis nas demandas de tarefas para que possam ter maior utilidade.

Atualmente seu emprego não está limitado apenas na indústria de automóveis por exemplo, podem ser utilizados na agricultura ou até mesmo em afazeres domésticos, graças ao avanço de sensores que possibilitam de forma mais eficiente que o robô tenha a percepção do meio.

Segundo BCG (2015), a tendência dos robôs é que “eventualmente, eles irão interagir uns com os outros e trabalharão em segurança lado a lado com os humanos e aprenderão com eles.” Para reafirmar esse pensamento, Schwab (2016) afirma: “Quando a próxima geração de robôs surgir, eles provavelmente irão ser o reflexo de uma crescente ênfase na colaboração entre humanos e máquinas”.

Conforme a evolução desses robôs, espera-se que eles se tornem financeiramente mais acessíveis para os setores da indústria e as fábricas irão se aproximando de serem inteligentes e ter cada vez menos intervenção humana no meio de seu processo.

No ano de 2012 a empresa Amazon comprou a Kiva, empresa que fabrica robôs autônomos para transporte de carga e logística. Em 2014 ela usava cerca de 15 mil robôs em seu centro de distribuição, atualmente em 2019 conta com mais de 100 mil robôs trabalhando constantemente para atender a demanda de pedidos. (GREGO, 2012; ECOMMERCEBRASIL, 2018).

2.3.3 Simulação

No mercado já se faz uso desse artifício, principalmente na engenharia com as simulações em 3D, tornando possível a visualização de obras ou construções antes de sua execução, possibilitando a intervenção prévia em algum ponto específico que não esteja de acordo com o ideal e prevenindo assim futuros gastos com correção.

O que também pode ser atestado é a funcionalidade desta ferramenta para treinamento de quadro de funcionários, seja os que já compõem a empresa ou os que ainda irão fazer parte da equipe, para treinar e otimizar o tempo de montagem ou até mesmo da própria fabricação.

Para que a simulação seja executada de forma coerente e auxilie nos processos da empresa, Pederneiras (2019) recomenda estar atento à alguns passos. Primeiramente é necessário definir a situação problema a ser vivenciada dentro da simulação, após, deve-se validar as soluções encontradas testando novamente e comparando com outras soluções possíveis. Na parte de melhoria deve-se observar como outras empresas ou unidades da fábrica resolvem esse mesmo problema e somente então deve-se implementar as medidas necessárias para melhoria e realizar o monitoramento contínuo.

Nas montadoras de automóveis Toyota, Fiat e Nissan, o tempo de desenvolvimento de um novo modelo caiu em até 50% a partir do momento que designers e engenheiros passaram a usar simulação com informações digitalizadas e testes virtuais de peças (COSTA *et al.*, 2014).

2.3.4 Integração de Sistemas Horizontal e Vertical

A integralização na Indústria 4.0 é um fator primordial que pode afetar positivamente ou negativamente, a depender do nível de implementação dentro da empresa. Nem sempre os clientes e as empresas estão devidamente próximos, ligados entre si, e o mesmo pode-se dizer da proximidade entre fornecedores e empresa.

As empresas serão mais próximas e integradas entre em seus setores, de forma vertical, pensando em termos de hierarquia. A forma como se relaciona com seu consumidor será melhor e mais eficiente, assim será um tratamento feito de forma horizontal.

Conforme as redes de integração de dados forem melhor disseminadas e evoluírem, permitindo que as partes agregadoras de valor na cadeia produtiva sejam realmente automatizadas, isso possibilitará que as empresas assim como seus departamentos e recursos se tornem mais próximos e conversem melhor entre si.

2.3.5 Internet das Coisas

A internet das coisas, popularmente denominada IoT (*Internet of thing*), é um dos pilares principais, se não, a principal fonte de ligação entre as aplicações digitais e físicas que vem junto com Indústria 4.0, afirma Schwab (2016). A relação entre as pessoas com o ambiente externo, a interação de compras de produtos e a contratação de serviços através de

plataformas, torna-se possível por meio da internet das coisas. Cada vez mais veloz, faz a comunicação e a interação com menos tempo.

Hoje o número de máquinas e sensores que usam e compõem a computação incorporada ainda é pequeno, mas a ideia que vem acompanhada dessa tecnologia é de que os mundos físico e digital se aproximem tanto ao ponto de se tornarem um. Assim uma grande rede de comunicação pode ser criada com a ajuda desses dispositivos que tem acesso à internet.

Tudo isso fortalece a ideia que os equipamentos possam conversar entre si, e possibilita respostas em menor espaço de tempo, devido a análises e decisões mais rápidas.

Um uso bem comum hoje é sobre o monitoramento remoto. Objetos, por exemplo encomendas, podem ser acompanhados (quase que em tempo real) se usados os devidos equipamentos de rastreamento. Suas informações são enviadas *online* para monitoramento, que pode ser feito em via de mão dupla, tanto quem enviou quanto quem está esperando podem saber da posição e tempo estimado até o destino final.

2.3.6 Ciber Segurança

Ciber segurança é uma técnica constituída de tecnologias que envolvem sistemas, roteadores, redes, entre outros, visando proteger as informações armazenadas de forma digital contra os ataques cibernéticos.

Atualmente algumas empresas usam sistemas de gerenciamento que não são conectados à rede de internet, no entanto, como o uso de sistemas interligados entre si, e uso da internet é proposto pela indústria 4.0, os ataques também vão usar de mais força cibernética para tentar acessar esse sistema. (BCG, 2015).

O uso de meios mais precisos e confiáveis para minimizar erros e invasões cibernéticas devem ser implementados na vivência humana com maior frequência e naturalidade. A biometria e o reconhecimento facial, hoje já usados em *smartphones*, são um modo de ter mais segurança para guardar dados, tanto os que estão dentro da memória do celular ou os que podem ser acessados através da nuvem. O uso de políticas internas de segurança, controle de acesso a informações e dados, uso de conexões de redes isoladas (intranet) e a varredura de vírus constante, são outros meios possíveis de garantir a Ciber segurança. (MACHADO, 2018).

2.3.7 A Nuvem

O uso da memória e armazenamento de dados em servidores, feito de forma interligada através da internet, é o que envolve o pilar chamado Nuvem. Conceitualmente, Nuvem é uma grande rede de fornecimento de serviços de armazenamento, software, bancos de dados entre outros, tendo uma enorme capacidade para guardar dados, a depender da potência do servidor. (OLIVEIRA, 2018).

As empresas já estão usando *software* baseado em nuvem para alguns aplicativos corporativos e de análise, mas com o setor 4.0, mais empreendimentos relacionados à produção exigirão maior compartilhamento de dados entre sites e limites da empresa. (BCG, 2015).

O seu funcionamento vem a partir de um provedor que contém informações em vasta quantidade, consegue fazer uma análise e distribuição e, logo após alguém vai receber e conseguir usar essas informações passadas. Dessa forma facilita a vida de vários usuários que podem acessar uma determinada informação estando em qualquer parte do mundo.

Toda essa facilidade de reunir informações, sem precisar que seja de forma física, e deixar que essa informação seja descentralizada também, vai possibilitar que profissionais, independentemente de onde estejam, em qual unidade da fábrica se encontrem, realizem sua função em uma velocidade maior do que a atual.

Hoje em dia existem muitas plataformas que prometem armazenamento e diferem basicamente na capacidade que tem para suportar esses dados. Isso mudou a limitação que os usuários tinham imposta pelos meios físicos de seus aparelhos, seja celular ou computador.

2.3.8 Fabricação Aditiva (Impressão 3D)

A impressão 3D basicamente diz respeito a construção de um componente, ou de um conjunto, de forma mecanizada, a partir de dados enviados direto do computador para a máquina capaz de materializar o projeto.

Esses dados vêm em um desenho/modelo digital que está devidamente projetado em 3D. A execução final é feita toda em camadas e existe uma variedade de tamanhos que essa tecnologia pode alcançar, seus componentes podem atender tanto a indústria automotiva, aeroespacial ou médica. (SCHWAB, 2016).

“Com a Indústria 4.0, esses métodos de fabricação de aditivos serão amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que oferecem vantagens de construção, como projetos leves e complexos.” (BCG, 2015).

Esse pilar pode ajudar na prototipagem de equipamentos ou componentes, dando a possibilidade de ser visto sua funcionalidade de forma real, ajustar defeitos e modificar imperfeições no projeto.

2.3.9 Realidade Aumentada

A realidade aumentada é uma tecnologia que coloca objetos virtuais no mundo real, de forma devidamente adequada ao ambiente em que o usuário se encontra.

Dentro do ambiente industrial ela tem uma gama de utilizações que podem ser muito bem aproveitadas e, dentre as utilizações pode-se citar a manutenção, treinamento e controle de controle de produção. Santos (ano) afirma que são como “*poka-yokes*¹ digitais”, a ser utilizados em tarefas de trabalho intenso, visando reduzir defeitos, e possíveis retrabalho e inspeção desnecessária.

Uma característica do uso dessa tecnologia é a versatilidade no seu manuseio, indo de uma tarefa mais simples como seleção de objetos em depósitos ou até para passar informações mais complexas, como por exemplo, no setor de manutenção, com a facilidade de poder fazer isso a distância, sendo assim uma vantagem na economia de deslocamento. A exploração dessa tecnologia está ainda no começo, e irá colaborar ainda mais para propagação de conhecimentos ajudando na rápida decisão no trabalho. (BCG, 2015).

Na manutenção por exemplo, o profissional pode optar por acesso a manuais e instruções em tempo real sobre o serviço que ele tem para executar, como também realizar registros em dispositivos móveis, por meio de foto ou gravação, sem a necessidade de preenchimento de formulários.

O treinamento com a Realidade aumentada pode auxiliar na melhor capacitação do funcionário, acarretando assim em menos desperdício ao longo do processo produtivo, e a possibilidade de preparar melhor para possíveis situações pensando na segurança.

¹ *Poka-yoke: Significa à prova de erros. Inventado por Shigeo Shingo, engenheiro da Toyota nos anos 60, para combater as causas de erros, são sistemas que funcionam apenas de uma forma, evitando uso errado.*

3 MÉTODO E RESULTADO

Este trabalho é orientado como estudo teórico em forma de revisão bibliográfica, visando avaliar e mostrar o que está sendo, de forma relevante, publicado sobre o termo Indústria 4.0 em relação ao ensino universitário. Na pesquisa, buscando uma gama relevante e significativa de material para estudo, foi estabelecido um procedimento base até chegar à revisão dos artigos e publicações.

Um passo importante para iniciar a pesquisa é usar mecanismos de busca de real relevância e de confiável procedência em suas publicações e, para este trabalho, foram adotadas as plataformas: *Science Direct*, Periódicos Capes, *Google Acadêmico*.

As palavras-chave pesquisadas foram utilizadas de forma que atendessem ao objetivo da pesquisa e assim fosse possível otimizar o tempo de avaliação dos resultados obtidos pelas plataformas de busca. Além de definir as palavras para direcionar as publicações apresentadas pelo site, houve uma combinação entre elas a fim de potencializar os resultados para que os trabalhos apresentados fossem estreitamente relevantes para o estudo em questão.

As palavras-chave usadas no decorrer da pesquisa foram: *Industry 4.0*, *Fourth Industrial Revolution*, *high education*, *higher education*, *education 4.0*, *teaching 4.0*, *engineer*, *engineering*, *engineer student*. Todas usadas para ter uma relação mais fina entre os artigos encontrados.

Quanto a data de publicação das leituras, já que o tema foi criado apenas em 2011, e visando também trabalhos mais recentes, foram selecionados artigos entre os anos de 2016 e 2019.

Ao final de todas as palavras-chave serem inseridas, um total de 42 publicações foram encontradas. O material foi analisado e foram separados em dois subconjuntos, um subconjunto com treze artigos que atenderam aos critérios: artigos de língua portuguesa ou inglesa, interesse de pesquisa, disponibilidade do texto em sua íntegra, e outro subconjunto com vinte e nove artigos que não atenderam a estes critérios.

Dentre os 29 não selecionados, oito estavam relacionados a perspectiva para o Brasil dessa fase nova da indústria e não relacionava, em momento algum, medidas tomadas para alcançar os conhecimentos necessários. Outros onze estão relacionados com os impactos econômicos, à cerca do seu possível crescimento, e como o emprego vai mudar com a nova fase da indústria, abrindo portas para novos empregos e extinguindo outros. Mais sete deles abordam em relação ao consumidor, do ponto de vista das suas expectativas diante das novas

capacidades de produção que serão de nível mais elevado. Três dessas publicações não usadas, refletiam sobre como a sociedade de forma geral seria impactada.

O segundo subconjunto é composto pelos treze artigos que foram selecionados para a segunda fase. O Quadro 1 apresenta o resultado com os autores selecionados para realizar o trabalho bibliográfico em questão, os respectivos enfoques e ano de suas publicações.

Quadro 1 - Trabalhos selecionados

Ano	Autor	Enfoque
2017	Sackey <i>et al.</i>	Essa pesquisa desenvolveu um conceito didático da fábrica de aprendizado na Indústria 4.0 adaptada à educação e pesquisa da Engenharia Industrial na África do Sul. Identificando as interações entre indústrias 4.0 e a Engenharia Industrial, estuda o estado de fábricas de aprendizado e avalia o status de desenvolvimento delas nas universidades que oferecem a Engenharia Industrial.
2018	Mourtzis <i>et al.</i>	Estudo de caso, em um curso, dividido em etapas, realizado usando o conceito de Indústria 4.0 e Fábrica 4.0. Estudantes foram acompanhados ao longo do programa usando sistemas ciber físicos.
2018	Paravizo <i>et al.</i>	Aborda uso de jogos simuladores para aumentar a proximidade do estudante com a Indústria 4.0 e suas necessidades e desafios, mostrando que é uma nova possibilidade de inovação do ensino, fazendo com que o estudo seja um pouco mais prático do que o comum.
2017	Xing e Marwala	Explora o impacto do Ensino superior na quarta revolução industrial e na missão de uma universidade que está ensinando, pesquisa e inovação, e serviço.

2017	Richert <i>et al.</i>	Estudo de aproximação do estudante de engenharia com a Indústria 4.0 através de ambiente de aprendizado virtual (AVA). Buscando a imersão maior mais capacitada do estudante, podendo fazer uso de vários cenários com situações diferenciadas.
2016	Schuster <i>et al.</i>	Uso de ambientes colaborativos simulados para ajudar a assimilar de forma melhor como é interagir com um ambiente na nova fase industrial.
2018	Clavert	Aborda as habilidades e competências necessárias no profissional do futuro, e estuda meios de implementação de projetos na Universidade, a fim de alcançar esse objetivo.
2017	Karre <i>et al.</i>	Avalia uso de plataformas de treinamento para profissionais e estudantes, para torná-los mais aptos à encarar a realidade nas fábricas da quarta revolução industrial.
2019	Wermann <i>et al.</i>	Demonstra o uso de salas automatizadas para apresentar o estudante à indústria 4.0 e treiná-los buscando maior aproximação com a mesma.
2018	Schallock <i>et al.</i>	Apresenta uma fábrica 4.0 para aprendizagem e descoberta de novas habilidades necessárias nos tempos modernos. Mostra o sucesso da implementação desse conceito em outros países.
2019	Catal e Tekimerdogan	Refere-se ao estudo de caso de projeto e personalização de cursos acadêmicos relacionados à Indústria 4.0.
2018	Grodzki <i>et al.</i>	Implementação de projeto de Ensino usando laboratórios virtuais e remotos visando levar o aluno de engenharia a vivenciar situações complexas, preparando para desafios na quarta revolução industrial.

2018	Tessarini Junior e Sltorato	Mostra uma série de competências via estudo bibliográfico para os profissionais se manterem ativos no mercado de trabalho e a importância de desenvolvê-las. Assim como criação de novos postos de trabalho e fim dos postos antigos.
------	-----------------------------	---

Fonte: O Autor (2019).

Após o fechamento da filtragem pode-se constatar que mais da metade do portfólio adotado na pesquisa é de origem alemã, os demais são de países como Holanda, República Checa, África do Sul, Grécia, Áustria. No Quadro 1 se encontra apenas um autor brasileiro, e isso mostra a existência de uma vasta oportunidade de temas a serem amplamente abordados e publicados.

Outra observação que pode ser feita é a de que não foram encontradas linhas de pesquisa sobre o assunto, ou seja, mais de um trabalho por autor ou grupo de autores.

Uma análise no tópico de referências e citações das publicações selecionadas nota-se que alguns desses autores são citados por outros, mas com referência à trabalhos diferentes que não estão sendo usados neste presente estudo por motivos já anteriormente anunciados. Isso pode ressaltar o fato de o contexto de Indústria 4.0 ser um nicho novo de pesquisa e muito ainda a ser explorado e compreendido.

Foi observada uma visão mais geral do que acontece no mundo, nas regiões que buscam fazer com que o aluno realmente saia preparado e mais adequado ao perfil proposto pelo mercado, algumas vezes atendendo não apenas ao público acadêmico, mas também aos que já haviam concluído o curso. Discussões sobre parte teórica e a prática foram encontradas.

O próximo tópico discute uma reflexão sobre as dificuldades ou facilidades encontradas para fazer com que haja um alinhamento entre o Ensino Superior e a Indústria 4.0, abordagem de possíveis métodos para aprimorar o ensino e a transmissão de conteúdo.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DE CONTEÚDO

Os autores foram separados em blocos, logo após serem destacados pontos em comum que poderiam ser abordados juntos, como sugestão para realizar uma discussão mais organizada nesta monografia. O Quadro 2 apresenta a organização feita após leitura minuciosa das obras que foram utilizadas para realizar este trabalho.

Quadro 2 – Blocos de Discussão

Bloco	Autor Selecionado
Personalização do curso	<ul style="list-style-type: none"> ● Catal e Tekimerdogan (2019)
Habilidades e competências e	<ul style="list-style-type: none"> ● Clavert (2018) ● Karre <i>et al.</i> (2017) ● Tessarini Junior e Saltorato (2019)
Inovação no ensino	<ul style="list-style-type: none"> ● Sackey <i>et al.</i> (2017) ● Mourtzis <i>et al.</i> (2018) ● Paravizo <i>et al.</i> (2018) ● Wermann <i>et al.</i> (2019) ● Schallock <i>et al.</i> (2018)
Uso de ambiente virtual	<ul style="list-style-type: none"> ● Xing e Marwala (2017) ● Grodotzki <i>et al.</i> (2018) ● Richert <i>et al.</i> (2017) ● Schuster <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Adaptado pelo autor (2019).

4.1 PERSONALIZAÇÃO DO CURSO

Mediante os estudos feitos, ressalta-se a importância de aperfeiçoar habilidades e competências em decorrência dos novos postos de trabalho emergentes de uma geração que requer uma qualificação maior.

Catal e Tekimerdogan (2019), após ler e avaliar as diferentes visões e possibilidades que estão sendo usadas no ensino superior para aproximar alunos e indústria, propuseram a

realização de uma sequência de questionamentos relacionados ao contexto atual entre indústria e universidade, antes de tentar adequar o curso ao mercado. O método propõe em detalhes:

- a) Investigar a atual situação do ensino superior, suas habilidades incentivadas e adquiridas dentro do curso;
- b) Listar as habilidades e competências que se encaixam no setor interessado de atuação do curso;
- c) Definir os cursos que serão englobados na indústria 4.0.

Pode-se avaliar também os espaços que precisam de maior proximidade entre as partes e assim pensar em meios de desenvolver melhorias no ensino, executar esse planejamento e manter esse processo sempre em prática buscando o aperfeiçoamento contínuo.

Verifica-se a importância de investigar e identificar a situação atual do ensino superior antes de incentivar qualquer mudança. Essa investigação pode ser feita por abordagens diferentes, sendo diretamente com os alunos e ex-alunos da instituição, ou com a instituição de fato. Também pode ser feita com os dois lados, tanto aluno quanto instituição e cruzar as informações para verificar o alinhamento do que é dito entre ambas as partes, estando assim mais próximo da realidade.

O uso de um questionário faz-se necessário nesta etapa para que respostas a perguntas padronizadas facilite o momento da análise. No trabalho de um dos autores (Clavert, 2018) foi usado um questionário em seus estudos, foi possível ter acesso integralmente ao que foi utilizado.

Após análise, será possível verificar as habilidades e competências que se destacam dentro da pesquisa. Será observado que existe o grupo das que já são estimuladas no atual modelo de ensino, e aquelas que são esperadas pelo mercado de trabalho. Sendo assim mais um ponto importante para tomada de decisão na intervenção de um curso universitário. Vale ressaltar que os resultados podem variar de acordo com algumas variáveis, como por exemplo país, Universidade, setor da indústria com presença mais forte naquela região, entre outros. Mas se faz verdade que esses estudos convergem em seus resultados, como será mostrado no tópico 4.2.

O curso adotado para abordagem nesse trabalho foi o de Engenharia. É essencial ao fazer uma abordagem dessas saber qual curso será afetado pelas mudanças, e também para

afunilar o campo de busca. Dentro da engenharia o trabalho foca em falar do ambiente de fábrica, mas pode ser estendido para qualquer ambiente, sendo assim abrindo para vários tipos de engenharia.

4.2 HABILIDADES, COMPETÊNCIAS

Buscando saber quais são as habilidades e competências que serão mais buscadas na Indústria 4.0, esse tópico apresenta autores do subconjunto de artigos selecionados que fizeram este tipo de estudo.

Clavert (2018) identificou habilidades de engenharia necessárias a indústria 4.0 (Quadro 3), etapa necessária dentro do planejamento proposto por Catal e Tekimerdogan (2019). Para o agrupamento dessas habilidades se fez necessário o uso de um questionário, onde está disponível na íntegra em seu material. De forma geral são as habilidades desenvolvidas com afinidade aos pilares da Quarta Revolução Industrial citadas anteriormente.

Quadro 3 - Habilidades de Engenharia

Habilidades de Engenharia
<i>Big Data Analytics</i> , Interface Homem-Máquina, Impressão 3D, Simulação Virtual, Sistemas de Controle/Gerenciamento, Comunicação de dados e automação de redes e sistemas, Inventário e logística em tempo real e sistemas de otimização, Robótica, Automação, Tecnologia da Informação, Mecatrônica, <i>Ciber Segurança</i> .

Fonte: Clavert (2018), adaptado pelo autor.

Em outra seção o autor nomeia as habilidades que seriam comuns a qualquer área e posição de trabalho e as chama de habilidades transferíveis (Quadro 4).

Quadro 4 - Habilidades Transferíveis

Habilidades Transferíveis
Aprendizado contínuo, pensamento sistemático, pensamento empresarial, alfabetização tecnológica, habilidades pessoais (empatia, inteligência emocional, comunicação, trabalho em equipe), resolução de problemas.

Fonte: Clavert (2018), adaptado pelo autor.

Em estudo também feito visando mostrar e agrupar habilidades, Tessarini Junior e Saltorato (2019) propõem três áreas de competências (Quadro 5), essas por sua vez foram obtidas por outro método diferente de um questionário, neste artigo ele faz a leitura de publicações anteriores, para definir a necessidade na Indústria 4.0.

Quadro 5 - Listagem de Competências

Competências Funcionais	Resolução de problemas complexos
	Conhecimentos avançados em TI, incluindo codificação e programação
	Capacidade de processar, analisar e proteger dados e informações
	Operação e controle de equipamentos e sistemas
	Conhecimento estatístico e matemático
	Alta compreensão dos processo e atividade de manufatura
Competências Comportamentais	Flexibilidade
	Criatividade
	Capacidade de julgar e tomar decisões
	Autogerenciamento de tempo
	Inteligência emocional
	Mentalidade orientada para aprendizagem
Competências Sociasi	Habilidade de trabalhar em equipe
	Habilidade de comunicação
	Liderança
	Capacidade de transferir conhecimento
	Capacidade de persuasão
	Capacidade de comunicar-se em diferentes idiomas

Fonte: Tessarini Junior; Satorato (2019), adaptado pelo autor.

É possível observar que algumas habilidades estão presentes em dois ou mais quadros (Quadros 3, 4 ou 5), reafirmando a sua necessidade. Outras habilidades são similares, mas com princípios semelhantes. Contudo pode-se dizer que para os postos de trabalho do futuro

será necessário que o trabalhador tenha um conhecimento mais abrangente, geral, requerendo que ele seja de certa forma interdisciplinar sobre a abordagem da empresa.

Karre *et al.* (2017) evidencia a dificuldade que as empresas têm ao desenvolver habilidades e competências de seus empregados, dando exemplo de habilidades de resolução de problemas, análise de falhas, capacidade de lidar com mudanças constantes e tarefas completamente novas. A mudança prevista nas habilidades e qualificações exigidas leva à necessidade de mais treinamento em tecnologias modernas para a força de trabalho de hoje e do futuro.

4.3 INOVAÇÃO NO ENSINO

A análise dos artigos selecionados nesse estudo apresenta que a mudança no ensino pode ser efetivada de algumas formas, podendo ser através de uso de sistemas *ciber* físicos, uso de jogos simuladores e salas automatizadas. Tudo isso visando o melhor aprendizado do aluno.

Por meio de pesquisa através de um curto questionário aplicado, Sackey *et al.* (2017) verificaram junto a alunos universitários que estes se sentem mais motivados em ambientes mais dinâmicos com técnicas práticas de ensino, o qual se encaixa no perfil de uma fábrica de aprendizado. O mesmo autor ressalta que essas fábricas de aprendizado, tanto podem ser em ambientes físicos como em ambiente virtual. O investimento nessa área pode ser aberto para parceiros interessados nesse setor a fim de proporcionar o desenvolvimento de um possível colaborador.

Mourtzis *et al.* (2018), ao desenvolver com estudantes universitários a produção de um carro elétrico, destacam as situações que ocorrem no processo que fazem o estudante se aproximar mais das habilidades e competências. Os problemas e desafios impostos pela atividade em ambiente de trabalho simulado foram fatores de motivação e melhoria no aprendizado.

Dentro dessas situações, é possível mensurar, e por vezes é afirmado pelos autores, que eles são chamados a ter senso crítico para detectar falhas, elaborar propostas de chão de fábrica, execução e auto avaliação, interação homem-máquina. Dentro desta avaliação os alunos conseguem sair com um conjunto de habilidades úteis para o mercado da Indústria 4.0.

Além deste modo citado para aperfeiçoar o ensino, Paravizo *et al.* (2018) sugerem facilitar o ensino através do uso de jogos simuladores. O uso de *games*, usualmente chamado

de *gamificação*, permite que as plataformas de jogos, que são usados de forma mais comum para diversão venham a contribuir em cenários que não estejam relacionados ao seu ofício de origem. Paravizo *et al.* (2018) evidencia, no entanto, o número de poucos aplicativos *gameificados* que são voltados para a área de manufatura. Tendo esta dificuldade ele desenvolveu um processo de projeto que pode ser acompanhado no Quadro 6, para tentar viabilizar o desenvolvimento dos games.

Quadro 6 - Estágio desenvolvimento de games

Estágio 0	Definição de conceito e princípio da Indústria 4.0 escolhido.
Estágio 1	Definição de grupo-alvo e objetivos principais e secundários.
Estágio 2	Planejamento do sistema, meio em que será produzido e distribuído os elementos de gamificação.
Estágio 3	Processo iterativo e interativo de desenvolvimento, prototipagem e teste.

Fonte: Paravizo *et al.* (2018), adaptado pelo autor.

Paravizo *et al.* (2018) mostra a questão de que temas como manufatura e Indústria 4.0 são pouco abordados, e para justificar, argumenta o fato de o conceito de Indústria 4.0 ser relativamente novo, mostrando que há um campo grande e bastante desafiador a ser explorado ainda neste campo.

O uso de novos métodos para ensinar conceitos e princípios base da Indústria 4.0 gera um ambiente multidisciplinar, abordado por Wermann *et al.* (2019), trazendo o conceito de Plataforma de Demonstração, chamado também de Sala de Aula Automatizada, que nada mais é do que um meio automatizado (*ciber físico*) que proporciona experiência de imersão em algum conceito e objetivo da Quarta Revolução Industrial, um tipo de laboratório inteligente.

Wermann *et al.* (2019), no entanto, traz à tona a questão do investimento necessário para usar esse tipo de abordagem de ensino, que por usar tecnologias consideradas recentes, além de requisitar uma demanda de espaço físico para comportar o maquinário pertinente, envolve um planejamento prévio para aderir a esse sistema dentro dos centros de ensino.

Schallock *et al.* (2018) justificam o crescimento do uso de fábricas de aprendizagem devido a versatilidade de abordagem, tendo capacidade de variar entre tópicos a serem estudados, tamanho, produtos fabricados, entre outros.

O estudo coloca em ênfase o índice de satisfação entre os participantes e um significativo aumento de absorção do conhecimento transmitido. A real incorporação desses tópicos no dia-a-dia é alta, já que há uma rotina similar a prática em uma fábrica. A qualificação prática dos usuários aumenta ao se depararem constantemente em situações comuns do dia a dia do trabalho dentro de uma empresa.

4.4 USO DE AMBIENTE VIRTUAL

Os tópicos anteriores apresentam o que já foi feito para melhorar o ensino superior em relação ao incentivo de criar ou potencializar competências e habilidades, além disso, é possível tirar resultados que servem para avaliar o desempenho com os alunos, e até mesmo a viabilidade de implementação.

Xing e Marwala (2017) mostram um olhar para o futuro e diz que a tendência é que a universidade seja interdisciplinar, com salas de aula e laboratórios de modo virtual, bibliotecas e até mesmo professores virtuais, completando esse mundo novo de aprendizagem, tudo isso, entretanto, não prejudicará a educação nem a experiência.

Grodotzki *et al.* (2018) destaca a importância de colocar estudantes para formular e executar suas próprias ideias, podendo observar e analisar fenômenos no objeto de estudo. Dentro do campo de ambiente virtual, a capacidade de observação de fenômenos pertencentes ao processo, que ocorrem dentro de máquinas ou locais de não tão fácil acesso humano, permitem um melhor entendimento do observador, o que contaria como mais um ponto positivo para esse artifício de ensino.

Um fato que é deixado bem claro em seu trabalho é que na educação as tecnologias que englobam a Quarta Revolução Industrial devem ser colocadas na rotina dos universitários de forma cada vez mais natural, afim de que conheçam mais cedo os benefícios e até mesmo possíveis limitações, isso sendo feito já durante o período de aprendizagem na Universidade.

Richert *et al.* (2017) mostram como lado positivo do uso de realidade virtual, os casos em que se deve fazer treinamentos em locais de risco, como também quando o uso de equipamentos é de um valor considerado elevado, então o uso de ambientes de realidade virtual entraria como método mais viável. Dentro do estudo realizado por este autor, foi

realizada uma experiência com dois grupos, onde o grupo 1 utilizava óculos de realidade virtual, e o grupo 2 fazia uso de um laptop, ambos realizando a mesma tarefa. Ao final pode-se constatar que o grupo com maior imersão na realidade virtual obteve os melhores resultados comparados ao grupo de menos imersão.

Um possível ponto negativo para a realidade virtual é a configuração do ambiente antes de seu uso. Ambos os grupos desempenharam uma colaboração para a resolução de seus problemas, desenvolveram estratégias para solucionar os problemas propostos. Foi notada uma facilidade inicial maior naqueles participantes que já eram mais familiarizados com jogos online (RICHERT *et al.*, 2017).

Ao estudar a imersão de um grupo de aluno no ambiente colaborativo de meio virtual, Schuster *et al.* (2017) obtiveram dos alunos alguns feedbacks, dentre eles a capacidade de obter retorno de decisões tomadas dentro do processo de forma rápida, o que chama bastante a atenção pois dá oportunidade de tomar decisões rápidas e corrigi-las.

A relação entre aluno e professor parece ser dada de maneira mais próxima dentro deste método de passagem de aprendizado. O treinamento recebeu dos alunos uma resposta de ser muito adaptável, demonstrando versatilidade no seu uso.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado um estudo bibliográfico sobre a Indústria 4.0, iniciando da 1ª revolução industrial, até o momento atual da 4ª revolução industrial que está surgindo, e uma discussão sobre os pilares que compõem, para se fazer entender melhor dentro do desenvolvimento da monografia.

A pesquisa bibliográfica foi feita com 13 artigos devidamente selecionados dentro de um conjunto previamente maior, mas com alguns não usados por terem um direcionamento diferente do buscado na pesquisa, afim de atenderem ao objetivo da pesquisa. Foram devidamente lidos com cuidado para recolher todas as informações que ajudassem no debate proposto pela temática.

Os artigos selecionados evidenciaram as novas tendências de ensino e treinamento dentro da educação universitária, com ambientes virtuais e gameficação, além de habilidades que serão requisitadas nessa fase nova da indústria, modos de elaborar estratégias de intervenção no ensino.

A quarta revolução industrial ou Indústria 4.0 nos remete a um bombardeio de informações e novas tecnologias, marcada também pelas novas formas de como fazemos negócios, de como produzimos e até mesmo como consumimos. Desta forma as profissões como as quais conhecemos atualmente podem sofrer alterações, e os trabalhadores devem seguir a evolução da indústria, adquirindo assim novas habilidade e capacidades para se manterem no mercado.

Estudos abordados nesta monografia apontam caminhos possíveis para pensar em como organizar as tomadas de decisões e como interferir nos modos de ensino atuais, evidenciando assim a importância de planejamento para criar programa favoráveis a este setor. A importância de escutar os alunos e saber o que mais chama a sua atenção e injeta ânimo para o aprendizado também se coloca em evidência.

Os artifícios usados no ambiente real se mostram bastante satisfatórios mediante resultados alcançados e diferem em termos de aceitação por aptidão maior ou menos com as tecnologias, e com os jogos virtuais. Em termos de interação entre alunos e professores, os dois se mostram como pontos positivos. A questão de implementação e valores financeiros não foi abordada pelos autores avaliados nessa pesquisa então não se faz possível um comparativo preciso.

Esses modos diferem uma Universidade para outra, podendo ser moldados com a disponibilidade de espaço e nível de formação virtual e tecnológica. Eles se apresentam eficazes quanto a propagar as ideias da Indústria 4.0 e fazer com que as habilidades e competências aflorem e se desenvolvam nos grupos que passam por esse tipo de treinamento.

Como sugestão para os próximos trabalhos, a aplicação de um questionário, visando avaliar a situação do ensino universitário de engenharia é recomendada, outra possibilidade é de também aplicar algum método inovador de sistemas para ensino como ambientes virtuais.

REFERÊNCIAS

- AIRES, Regina Wundrack do Amaral; MOREIRA, Fernanda Kempner; FREIRE, Patricia de Sá. **Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento**. 2017. 24f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – SUCEG, Santa Catarina, 2017.
- CATAL, Cagatay e TEKIMERDOGAN, Bedir. Alining Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0. *In: WORLD CONFERENCE ON TECHNOLOGY, INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP*, 3., 2019, Wageningen. **Proceedings** [...]. Wageningen: WOCTINE, 2019. p. 1-8.
- CLAVERT, Maria. **Industry 4.0 implications for higher education institutions: state-of-maturity and competence needs**. Universities of the future, 2018. 66 p. Disponível em: https://universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-Maturity_Report.pdf. Acesso em: 20 nov. 2019.
- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI 2016. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf. Acesso em: 19 nov. 2019.
- COSTA, Melina; STEFANO, Fabiane. A era das fábricas inteligentes está começando. **Exame**, 7 ago. 2014. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/a-fabrica-do-futuro/>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- DATHEIN, RICARDO. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. **DECON Textos Didáticos**. v. 2, 2003, p. 1-8. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/artnoveau/docs/revolucao.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- ECOMMERCEBRASIL. **Amazon já tem de mais de 100 mil robôs nos seus centros de distribuição**. ECOMMERCEBRASIL, 2018. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/amazon-ja-passa-de-mais-de-100-mil-robos-no-seu-centro-de-distribuicao-veja-o-video/>. Acesso em: 19 dez. 2019.
- Gerbert, Philipp *et al.* **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. BCG, 2015. Disponível em: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx. Acesso em: 20 nov. 2019.
- GREGO, Maurício. Kiva, os robôs espertos que a Amazon comprou. **Exame**, 2012. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/kiva-os-robos-espertos-que-a-amazon-comprou/>. Acesso em: 19 dez. 2019.

GRODOTZKI, Joshua; ORTELT, Tobias R.; TEKKAYA, A. Erman. Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0. *In: SME*. 46, 2018, Dortmund. **Proceedings** [...]. Dortmund: NAMRC, 2018. p. 1-12.

KARRE, Hugo; HAMMER, Markus; KLEINDIENST, Mario; RAMSAUER, Christian. Transition towards an Industry 4.0 State of the LeanLab at Graz University of Technology. *In: CLF*. 7, 2017, Graz. **Proceedings** [...]. Graz: CLF, 2017. p. 1-8.

KWASNICKA, Eunice Lacava. **Introdução à administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

LANDES, David S. **Prometeu desacorrentado**: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa Ocidental de 1750 até os dias de hoje. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

MACHADO, Walmor. **Cibersegurança**: o que é e qual a relação com a Indústria 4.0. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/ciberseguranca>. Acesso em: 19 dez. 2019.

MOURTZIS, D; VLACHOU, E.; DIMITRAKOPOULOS, G; ZOGOPOULOS, V. Cyber Physical Systems and Education 4.0 - The Teaching Factory 4.0 Concept. *In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES*, 8., 2018, Rio Patras. **Proceedings** [...]. Rio Patras: CLF, 2018. p. 1-6.

OLIVEIRA, José Luiz. **Tecnologias da indústria 4.0** - computação em nuvem. 2018. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/tecnologias-da-ind%C3%BAstria-40-computa%C3%A7%C3%A3o-em-nuvem-jos%C3%A9-luiz-oliveira/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PARAVIZO, Esdras; CHAIM, Omar Cheidde; BRAATZ, Daniel; MUSCHARD, Brend; ROZENFELD, Henrique. Exploring gamification to support manufacturing education on industry 4.0 as an enabler for innovation and sustainability. *In: GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING*, 15., 2018, Berlim. **Proceedings** [...]. Berlim: GCSM, 2018. p. 1-8.

PEDERNEIRAS, Gabriela. **Big data na indústria 4.0**: como transformar dados em lucro. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17534-big-data-na-industria-40-como-transformar-dados-em-lucro>. Acesso em: 19 dez. 2019.

RICHERT, Anja; PLUMANN, Lana; GROSS, Kerstin; SCHUSTER, Katharina; JESCHKE, Sabina. Learning 4.0: Virtual Immersive Engineering Education. *In: DIGITAL UNIVERSITIES*, 1., 2017, Berlim. **Proceedings** [...]. Berlim: IBPA, 2017. p. 51-66.

SACKEY, S. M; BESTER, A.; ADAMS, D. Industry 4.0 Learning Factory Didactic Design Parameters for Industrial Engineering Education In South Africa. **South African Journal of Industrial Engineering**, 28, p. 114-124, 2017.

SALTIEL, Renan Mathias Ferreira. Indústria 4.0: Proposta de mapa conceitual. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 37., 2019, Joinvile. **Anais** [...]. Joinvile: ENEP, 2019. p. 1-16, 2017. Disponível em:

file:///C:/Users/Hugo/Downloads/TN_STO_238_384_31091.pdf. Acesso em: 20 nov. 2019.

SANTOS, Bruno Alves. Qual é o papel do Big Data na Indústria 4.0?. Harbor, 2018. Disponível em: <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2018/08/02/qual-e-o-papel-do-big-data-na-industria-4-0/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SCHALLOCK, Burkhard; RYBSKI, Christoffer; JOCHEM, Roland; KOHL, Holger. Learning Factory for Industry 4.0 To Provide Future Skills Beyond Technical Training. *In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES*, 8., 2018, Berlim. **Proceedings** [...]. Berlim: CLF, 2018. p. 1-6.

SCHUSTER, Katharina; PLUMANN, Lana; GROSS, Kerstin; VOSSSEN, Rene; RICHERT, Anja; JESCHKE, Sabina. SCHUSTER, Katharina. Preparing for Industry 4.0 – Testing Collaborative Virtual Learning Environments With Students And Professional Trainers. *In: RWTH AACHEN UNIVERSITY*, 3., 2017, Aachen. **Proceedings** [...]. Aachen: RWTH, 2017. p. 51-66.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, Dorotéa Bueno; DA SILVA, Ricardo Moreira; GOMES, Maria de Lourdes Barreto. O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 22., 2002, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: ADEPRO, 2002. p. 1-8.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios da administração científica**. São Paulo: Atlas, 1990.

TESSARINI JUNIOR, Gerald; SALTORATO, Patrícia. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, São Paulo, v. 18, p. 1-27, 2019. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967>. Acesso em: 20 nov. 2019.

WERMANN, Jeffrey; COLOMBO, Armando Walter; PECHMANN, Agnes; ZARTE, Maximilian. Using an Interdisciplinary Demonstration Platform For Teaching Industry 4.0. *In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES*, 9., 2019, Emden. **Proceedings** [...]. Emden: CLF, 2019. p.1-7.

XING, Bo e MARWALA, Tshilidzi. Implications of the Fourth Industrial Age on Higher Education. *In: WOCTINE*. 1, 2017, Berlim. **Proceedings** [...]. Berlim: WOCTINE, 2017. p. 1-9.