

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**FELIPE ZELIN VILLALBA**

**INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: QUALIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A NOVA  
REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

**CURITIBA**

**2021**

**FELIPE ZELIN VILLALBA**

**INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: QUALIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A NOVA  
REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

**Industry 4.0 in Brazil: technical qualifications for new industrial revolution**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Organizações e Tecnologia.  
Orientador(a): Prof. Dr. Jurandir Peinado.

**CURITIBA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



FELIPE ZELIN VILLALBA

**INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: QUALIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A NOVA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Organizações E Tecnologia.

Data de aprovação: 31 de Agosto de 2021

Prof Jurandir Peinado, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Francisco Rodrigues Lima Junior, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Jose Roberto Frega, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 02/11/2021.

## RESUMO

O surgimento de novas tecnologias mudou a forma de trabalho das empresas manufatureiras, permitindo que os processos produtivos sejam executados com maior agilidade, flexibilidade e complexidade. Porém, algumas profissões passam por processos de mudanças e, até mesmo extinções, devido ao advento da Indústria 4.0. Estas transformações podem resultar na formação de profissionais carentes de qualificação. Considerando a necessidade de requalificação desses profissionais, os cursos de pós-graduação *lato sensu* visam atender às necessidades do mercado de trabalho, proporcionando conhecimentos e habilidades a esses indivíduos. Portanto, o objetivo deste trabalho é verificar como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil. A metodologia de pesquisa utilizada é qualitativa e de natureza aplicada. Com relação aos objetivos, é utilizada a análise exploratória-descritiva. Os dados tem origem secundária, por meio de documentos da base do governo (e-MEC), vagas de emprego e ementas de cursos de pós-graduação. Estes dados foram tratados mediante a análise de conteúdo, no qual observou-se a grande importância do *Big Data* e dos sistemas integrados nas empresas e, se juntando a eles nos cursos de pós-graduação, a *Internet das Coisas*.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; educação; trabalho; tecnologias da Indústria 4.0.

## ABSTRACT

The emergence of new technologies has changed the way manufacturing companies work, allowing production processes to be executed with greater agility, flexibility and complexity. However, some professions are going through processes of change and even extinction, with the advent of Industry 4.0. These transformations can result in the formation of unqualified professionals. Considering the need for requalification of these professionals, the lato sensu courses aim to meet the needs of the labor market, providing knowledge and skills to these individuals. Therefore, the objective of this work is verify how technical qualifications related to Industry 4.0 are employed to carry out activities in areas of Administration, Production Engineering and Information Technology in Brazil. The research methodology used is qualitative and applied. Regarding the objectives, the exploratory-descriptive analysis is used. Data comes from secondary sources, through documents from government databases (e-MEC), job openings and graduate programs. These data were treated through content analysis, in which the great importance of Big Data and Integrated Systems in companies was observed and, adding to them in graduate studies, the Internet of Things.

**Keywords:** Industry 4.0; education; labor; Industry 4.0 technologies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Linha do tempo das revoluções industriais.....	14
Figura 2 - Esquematização da Revisão Sistemática de Literatura.....	22
Figura 3 - Esquematização do planejamento.....	25
Figura 4 - Esquematização dos critérios de exclusão para a pré-seleção das pesquisas.....	27
Figura 5 - Esquematização dos critérios de exclusão para a leitura e seleção das pesquisas.....	30
Figura 6 - Esquematização da condução.....	33
Figura 7 - Tecnologias da Indústria 4.0 encontradas nos artigos da RSL.....	34
Figura 8 - Fundamentos da Indústria 4.0 encontradas nos artigos da RSL.....	35
Figura 9 - Esquematização da documentação.....	37
Figura 10 - Tecnologias da Indústria 4.0.....	47
Figura 11 - Base de dados e-MEC.....	64
Figura 12 - Filtro de pesquisa no site <i>InfoJobs</i> .....	66
Gráfico 1 - Necessidade de requalificação profissional até 2022.....	16
Gráfico 2 - Tipos de publicação.....	28
Gráfico 3 - Idiomas das publicações.....	28
Gráfico 4 - Áreas do conhecimento.....	29
Gráfico 5 - Artigos com palavras-chave.....	31
Gráfico 6 - Categorias dos artigos selecionados.....	31
Gráfico 7 - Número de artigos com citações nas áreas da educação e do trabalho.....	32
Gráfico 8 - Número de estudantes, em milhares, nos cursos de especialização no Brasil.....	55
Gráfico 9 - Volume de buscas utilizando a palavra pós-graduação e seus derivativos no <i>Google</i> , comparando as médias dos 3 anos anteriores ao COVID-19 e do 1º semestre de 2020.....	56
Quadro 1 - Estudos relacionados à Indústria 4.0, educação e mundo do trabalho.....	36
Quadro 2 - Metodologia de pesquisa.....	61
Quadro 3 - Matriz de amarração.....	62
Quadro 4 - Fundamentos da Indústria 4.0 nos cursos de pós-graduação em Engenharia da Produção.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cursos excluídos para a amostragem.....	65
Tabela 2 - Amostragem dos cursos de pós-graduação.....	65
Tabela 3 - Vagas de empregos excluídas para a amostragem.....	66
Tabela 4 - Amostragem das vagas de emprego.....	67
Tabela 5 - Frequência das unidades de registro.....	70
Tabela 6 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Administração.....	71
Tabela 7 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Administração.....	73
Tabela 8 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Engenharia da Produção.....	74
Tabela 9 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Engenharia da Produção.....	79
Tabela 10 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Tecnologia da Informação.....	79
Tabela 11 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Tecnologia da Informação.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BI	<i>Business Intelligence</i>
CPS	Sistemas ciberfísicos
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
EaD	Ensino à Distância
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IES	Instituições de Ensino Superior
IIC	<i>Industrial Internet Consortium</i>
IoS	Internet dos Serviços
IIoT	Internet Industrial das Coisas
IoT	Internet das Coisas
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
OPC-UA	<i>Open Platform Communications Unified Architecture</i>
PIB	Produto Interno Bruto
RFID	Identificação por radiofrequência
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SOA	Arquitetura orientada a serviços
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Formulação do problema de pesquisa</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos da pesquisa</b> .....	<b>18</b>
1.2.1	Objetivo geral .....	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
<b>1.3</b>	<b>Perguntas da pesquisa</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificativas teórica e prática</b> .....	<b>19</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura da dissertação</b> .....	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Planejamento</b> .....	<b>22</b>
2.1.1	Definir o problema de pesquisa .....	23
2.1.2	Indicar a palavra-chave para o problema de pesquisa .....	23
2.1.3	Delinear o problema de pesquisa .....	24
2.1.4	Critérios de inclusão para a pré-seleção e seleção das pesquisas .....	24
<b>2.2</b>	<b>Condução</b> .....	<b>25</b>
2.2.1	Realizar a procura dos estudos na plataforma de pesquisa .....	26
2.2.2	Critérios de exclusão para a pré-seleção das pesquisas .....	26
2.2.3	Resultados da pré-seleção das pesquisas .....	28
2.2.4	Verificar os artigos relacionados à Indústria 4.0 .....	29
2.2.5	Critérios de exclusão para a leitura dos artigos .....	29
2.2.6	Seleção dos artigos para a RSL .....	30
<b>2.3</b>	<b>Documentação</b> .....	<b>33</b>
2.3.1	Tecnologias .....	34
2.3.2	Fundamentos .....	34
2.3.3	Impactos na educação e no mundo do trabalho .....	35
<b>3</b>	<b>QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Indústria 4.0 no Brasil</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Fundamentos da Indústria 4.0</b> .....	<b>42</b>
3.2.1	Digitalização .....	42
3.2.2	Integração .....	43
3.2.3	Modularização .....	43
3.2.4	Interoperabilidade.....	44
3.2.5	Virtualização.....	44

3.2.6	Capacidade em tempo real.....	45
3.2.7	Descentralização das estruturas de produção .....	45
3.2.8	Reutilização dos equipamentos .....	45
3.2.9	Orientação aos serviços .....	46
3.2.10	Escalabilidade .....	46
<b>3.3</b>	<b>Pilares da Indústria 4.0 .....</b>	<b>47</b>
3.3.1	Sistemas integrados .....	47
3.3.2	<i>Internet</i> das Coisas .....	48
3.3.3	Computação em nuvem .....	49
3.3.4	Manufatura aditiva .....	50
3.3.5	Realidade aumentada .....	51
3.3.6	Segurança da informação .....	51
3.3.7	Simulações.....	52
3.3.8	Robôs autônomos .....	52
3.3.9	<i>Big Data</i> .....	53
<b>3.4</b>	<b>Impactos da Indústria 4.0 na educação e no trabalho .....</b>	<b>54</b>
3.4.1	Pós-graduação <i>lato sensu</i> .....	55
3.4.2	O profissional da área de Administração .....	56
3.4.3	O profissional da área de Engenharia da Produção .....	57
3.4.4	O profissional da área de Tecnologia da Informação.....	58
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Matriz de amarração.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>População e amostragem .....</b>	<b>62</b>
4.2.1	Primeiro recorte.....	63
4.2.2	Segundo recorte.....	65
<b>4.3</b>	<b>Análise de conteúdo .....</b>	<b>67</b>
4.3.1	Pré-análise .....	67
4.3.2	Codificação .....	68
4.3.3	Categorização .....	69
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>71</b>
5.1.1	Administração.....	71
5.1.2	Engenharia da Produção .....	74
5.1.3	Tecnologia da Informação .....	79
5.1.4	Importância da Indústria 4.0 nas empresas e nas especializações .....	84
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
-------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico ocorrido após o final do século XVIII, principalmente nas áreas da Eletromecânica e da Tecnologia da Informação, desencadeou grandes mudanças nas organizações manufatureiras (LASI *et al.*, 2014). Porém, de acordo com Sung (2018), essas transformações não ocorreram somente nas indústrias, mas também na sociedade civil, nas estruturas de governança e na personalidade humana. Segundo Zhou, Liu e Zhou (2015), as mudanças de paradigmas de produção são conhecidas como “revoluções industriais”.

De acordo com Landes (2005), a Primeira Revolução Industrial teve início no final do século XVIII, representada pela tecnologia das máquinas à vapor, o uso do carvão mineral como fonte de energia e a substituição da produção artesanal pela produção em massa a partir de máquinas e ferramentas. Esta nova forma de produção obrigou os artesãos e agricultores a trabalharem para os homens de negócios, surgindo assim a classe proletária (HOBBSAWM, 2015).

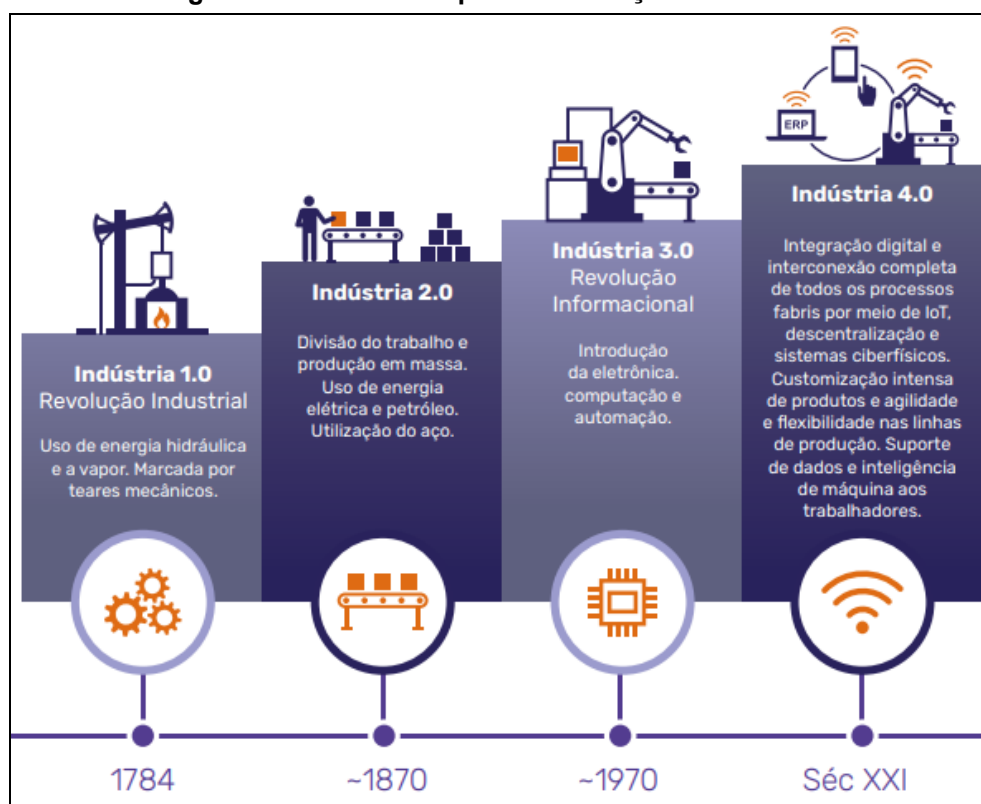
Para Cameron (2000), a Segunda Revolução Industrial ocorreu entre o final do século XIX e a década de 1960, tendo a eletricidade como principal fonte de energia, os derivados do petróleo para o abastecimento dos meios de transporte e a substituição do ferro pelo aço em diversos produtos. Durante este período, os detentores do capital auferiam lucros cada vez maiores, enquanto a classe operária criava sindicatos com o intuito de lutar por melhores condições de vida (POCHMANN, 2015). Esta queda de braços entre trabalho e capital resultou na criação das leis trabalhistas (HENDERSON, 1979).

Segundo Khan (1987), a Terceira Revolução Industrial teve início na década de 1970, com a tecnologia simbolizada pela eletrônica, criação dos semicondutores, uso da informática e automação nas linhas de produção, além da expansão da Internet pelo mundo. O aumento do uso da tecnologia da informação nos processos produtivos foi crucial para o implemento da produção e da redução do tempo de trabalho e dos custos (ROSSATO, 2001).

Atualmente, as empresas são obrigadas a lidar com o rápido desenvolvimento de novos produtos e serviços, com o grande fluxo de dados e informações e com produções industriais flexíveis, que foram alavancados pelos vertiginosos avanços na Tecnologia da Informação (TI) e dos processos de

industrialização (VYATKIN *et al.*, 2017; XU; XU; LI, 2018). Essa tecnologia industrial levou centenas de anos a ser desenvolvida, como mostra a linha do tempo da Figura 1, e ficou conhecido por Indústria 4.0, em alusão à Quarta Revolução Industrial (LU, 2017).

**Figura 1 - Linha do tempo das revoluções industriais.**



Fonte: Distrito e KPMG (2018).

De acordo com Vogel-Heuser e Hess (2016), o termo Indústria 4.0 foi empregado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011. O propósito era destacar a maior flexibilidade, produtividade e qualidade da produção em massa, com o desafio de fabricar produtos customizados e com tempo de entrega reduzido (ZHONG *et al.*, 2017).

Segundo Rojko (2017), a nova revolução industrial é fundamentada na integração dos processos de negócios e de fabricação, além de aproximar ainda mais os fornecedores e clientes da cadeia de valor da empresa. Estes princípios colocam um holofote nos sistemas ciberfísicos (CPS), no qual referem-se a sistemas integrados, com capacidades computacionais e físicas e que podem interagir com humanos (MO; WAGLE; ZUBA, 2014).

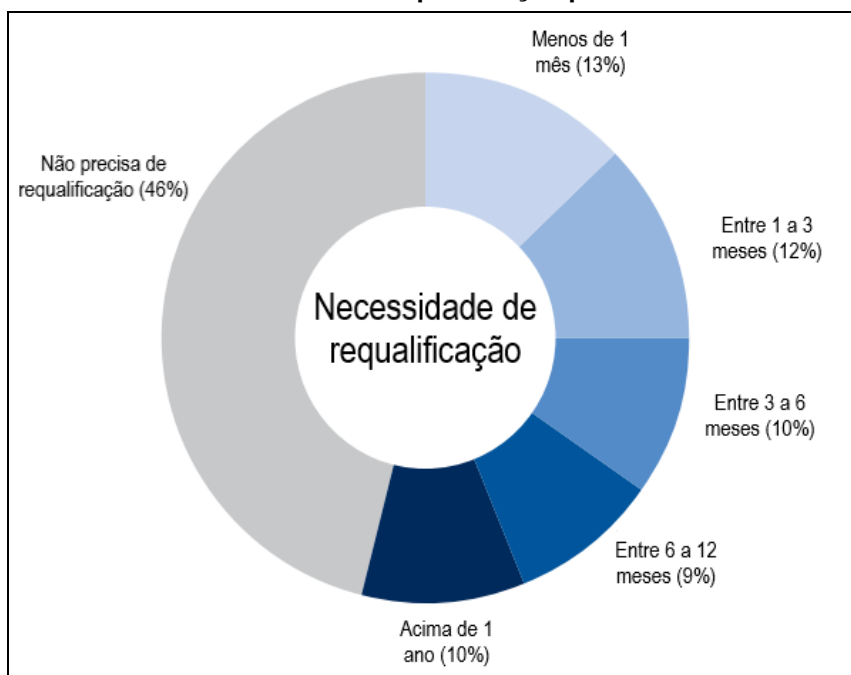
Para Schlechtendahl *et al.* (2014), os participantes desta cadeia de valor estão cada vez mais interconectados, compartilhando informações entre si e obtendo a vantagem de acessar informações rapidamente, com operações em tempo real. Os sistemas e processos de produção inteligentes, assim como métodos e ferramentas de administração e engenharia adequados, passaram a ser fatores-chave para a implementação das novas fábricas inteligentes (SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2015).

Os conceitos da Indústria 4.0 atraem profissionais tanto da academia como das empresas, motivados pelas novas oportunidades e investimentos ligados aos planos nacionais de diversos países (CHIARELLO *et al.*, 2018). No Brasil, tal plano denomina-se por “Câmara Brasileira da Indústria 4.0” e tem como objetivo o desenvolvimento do capital humano e das cadeias produtivas, além de regular e normalizar as crescentes inovações dos processos tecnológicos (ME, 2019).

De acordo com Roblek, Meško e Krapež (2016), a transformação da indústria digital encontra-se em pleno desenvolvimento. Entretanto, Vermulm *et al.* (2018) alertam que as grandes empresas precisam estimular o uso das novas tecnologias, bem como impulsionar as inovações tecnológicas, visando o desenvolvimento da Indústria 4.0 em seus países.

Alguns destes aparatos tecnológicos são utilizados na indústria nacional, como a robotização, a comunicação móvel e os sistemas modernos de produção (TEIXEIRA *et al.*, 2020). Porém, segundo Tropia, Silva e Dias (2017), a indústria brasileira possui um parque industrial com características próprias, provocando uma lenta inserção da Indústria 4.0, agravada pela escassez de mão de obra especializada.

Para Aires, Moreira e Freire (2017) os trabalhadores da indústria precisarão desenvolver rapidamente novas competências para atender aos requisitos exigidos pelas empresas. Consequentemente, é necessário reavaliar a capacitação profissional destes indivíduos para assumir as futuras vagas de emprego, ocupando posições de criatividade e estratégia (HECKLAU *et al.*, 2016). De acordo com o World Economic Forum (2018), 54% da população precisará de requalificação profissional, conforme indicado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 - Necessidade de requalificação profissional até 2022.**

Fonte: adaptado de World Economic Forum (2018, p. 13).

Para Pejic-Bach *et al.* (2019), estas mudanças tecnológicas provocaram uma lacuna entre a capacidade atual dos funcionários e os requisitos necessários para as funções. De acordo com Buhr (2015), certas atividades irão desaparecer devido à digitalização introduzida pela Indústria 4.0. Segundo Grodek-Szostak *et al.* (2020), a nova revolução industrial pode criar novas oportunidades para os funcionários, novos empregos e, ao mesmo tempo, eliminar o trabalho difícil e adverso.

Como consequência da mudança do perfil da mão de obra no mercado de trabalho, as instituições de ensino superior, no âmbito público e particular, desenvolveram ações para qualificar o estudante, por meio de cursos de pós-graduação *lato sensu* (FONSECA; FONSECA, 2016). Saviani (2000) acrescenta que os cursos de especialização *lato sensu* direcionam o ensino do aluno, para aprofundar e aperfeiçoar a formação profissional.

De acordo com o Semesp (2019), o número total de alunos que frequentou cursos de especialização cresceu 74% de 2016 até 2019 e estima-se que 5,7 milhões de pessoas acima de 23 anos concluíram algum curso *lato sensu* no país. Boa parte deste crescimento é relacionado aos lançamentos de pós-graduações na modalidade à distância (EaD) (OLIVEIRA; OESTERREICH; ALMEIDA, 2017). Outro fator para o aumento dos cursos de pós-graduação foi a pandemia do COVID-19, que forçou as instituições a adotarem o ensino remoto como solução para a

continuidade das aulas, devido à imposição do distanciamento físico para preservar a saúde das pessoas (ABMES, 2020; GUSSO; GONÇALVES, 2020).

Segundo Fonseca e Fonseca (2016), as instituições de ensino superior fizeram inúmeros esforços para aperfeiçoar os cursos de especialização. Entretanto, Karawejczyk (2015) questiona a efetividade destes cursos, em relação a compatibilidade entre os conhecimentos teóricos fornecidos por tais cursos versus sua necessidade prática na sociedade.

### **1.1 Formulação do problema de pesquisa**

O tema Indústria 4.0 passou a ser um tema amplamente discutido em conferências, fóruns e exposições nos últimos anos (LIAO *et al.*, 2017). Entretanto, de acordo com Motyl *et al.* (2017), os estudos que abordam a aprendizagem dos conhecimentos necessários e a utilidade destes no mercado de trabalho são escassos. Na busca pela formulação do problema, decidiu-se então, procurar artigos relacionados à Indústria 4.0 nos campos da educação e do mercado de trabalho.

Primeiramente, procurou-se levantar a visão geral dos autores em relação ao tema Indústria 4.0. Portanto, verificou-se as primeiras cem pesquisas no *Google Acadêmico* no mês de março de 2020, relacionadas ao tema Indústria 4.0. Observou-se que a maioria das pesquisas eram relacionadas aos desafios da nova revolução industrial, ao estado da arte e as tecnologias inovadoras, como as pesquisas de Sung (2018), Frank, Dalenogare e Ayala (2019) e Chiarello *et al.* (2018).

Entre as pesquisas relacionadas aos desafios da Indústria 4.0, encontrou-se apenas um trabalho associado ao mercado de trabalho. Trata-se de uma revisão de literatura realizada por Bonekamp e Sure (2015), com o objetivo de analisar as consequências da Indústria 4.0 e dos sistemas ciberfísicos no mundo do trabalho. O resultado indicou o aumento das demissões de trabalhadores em empregos menos qualificados, o fechamento destas vagas de trabalho e a mudança para ocupações que exigem qualificações maiores, focadas em educação contínua.

Após esta primeira verificação de artigos, percebeu-se uma oportuna lacuna de pesquisa, no qual o mercado de trabalho, a educação e a Indústria 4.0 estão envolvidos. Assim, procurou-se descobrir e descrever as qualificações técnicas



relacionadas à Indústria 4.0 mais requisitadas nas empresas e nas pós-graduações *lato sensu*, bem como elas são utilizadas nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.

Portanto, neste contexto provocado pelo advento da indústria 4.0, foi proposto o seguinte problema de pesquisa: como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil?

## 1.2 Objetivos da pesquisa

### 1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como propósito verificar como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os fundamentos e tecnologias a respeito da Indústria 4.0 mais valorizados pelos pesquisadores nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Verificar os fundamentos e tecnologias sobre a Indústria 4.0 mais valorizados pelo ensino nos cursos de pós-graduação *lato sensu*, nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Investigar as principais exigências de capacitação dos colaboradores a respeito da Indústria 4.0 mais valorizadas pelo mercado de trabalho nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Comparar a importância dos conceitos da Indústria 4.0 entre os cursos de pós-graduação e a capacitação prática exigida pelo mercado de trabalho

nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.

### 1.3 Perguntas da pesquisa

- Os fundamentos da Indústria 4.0 encontrados na Revisão Sistemática de Literatura (RSL), preconizados pelos pesquisadores, são ensinados aos alunos das pós-graduações de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil?
- Os planos de aula das disciplinas sobre a Indústria 4.0 nas pós-graduações de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação são condizentes com o atual mercado de trabalho brasileiro?
- As competências e habilidades mais requisitadas nas vagas de emprego para profissionais da Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil, são condizentes com a Indústria 4.0?

### 1.4 Justificativas teórica e prática

A Indústria 4.0 é o próximo passo para a digitalização plena dos processos produtivos das manufaturas, impulsionada pelo aumento gradual de dados, conectividade, recursos de análise e inteligência artificial, realidade aumentada e as interações homem-máquina (SUNG, 2018). Este processo evolutivo transforma drasticamente o mundo do trabalho, permitindo a realização de processos de produção com maior produtividade, qualidade, flexibilidade e de forma sustentável (DALENOGARE *et al.*, 2018; JABBOUR *et al.*, 2018).

De acordo com Lorentz *et al.* (2015), a Indústria 4.0 criou novos empregos, resultantes da maior demanda do mercado e da introdução de novos produtos e serviços. No futuro, isto condicionará a uma mudança significativa nas exigências de qualificação do trabalhador, possibilitando oportunidades de empregos produtivos e de qualidade; em contrapartida há a redução dos empregos com menor qualificação, devido a prática de tarefas automatizadas em substituição as tarefas manuais e repetitivas (MAISIRI; DARWISH; VAN DYK, 2019).

Muitos destes trabalhadores precisarão de requalificação profissional, sendo que os cursos de pós-graduação *lato sensu* são vistos como uma possibilidade para ampliar as chances de um novo emprego (KARAWEJCZYK, 2015). Fonseca e Fonseca (2016) endossam o tema, mencionando que as instituições de ensino superior são influenciadas a promover tais cursos devido ao processo de globalização e da necessidade de capacitação técnica e profissional, com o objetivo de desenvolver atividades de aprendizagem nas mais variadas áreas de conhecimento.

As empresas também olham esta categoria da educação como uma oportunidade de capacitação e atualização dos profissionais (PILATI, 2006). Entretanto, uma das principais dificuldades consiste na lacuna entre o que é esperado por parte das organizações e a real competência do empregado (SHVETSOVA; KUZMINA, 2018).

Em razão a esta dificuldade, esta dissertação tem como contribuições:

- Apresentar as diferenças e semelhanças entre os requisitos das contratações das empresas e o que é ensinado na sala de aula, aos coordenadores e professores dos cursos de pós-graduação *lato sensu* e aos recrutadores das empresas;
- Ajudar a impulsionar uma melhoria de planejamento nos planos de aula e nas requisições dos empregos; e
- Mostrar as áreas mais desenvolvidas no Brasil relacionadas à Indústria 4.0.

### **1.5 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação possui a seguinte organização de capítulos:

- Introdução - Corresponde a fase inicial do trabalho, onde se apresentou um breve conteúdo do tema, o problema de pesquisa, os objetivos, as justificativas teóricas e práticas e a estrutura do trabalho;
- Capítulo 2 - Revisão Sistemática de Literatura: o capítulo tem como objetivo expor os estudos relevantes com base na questão de pesquisa;

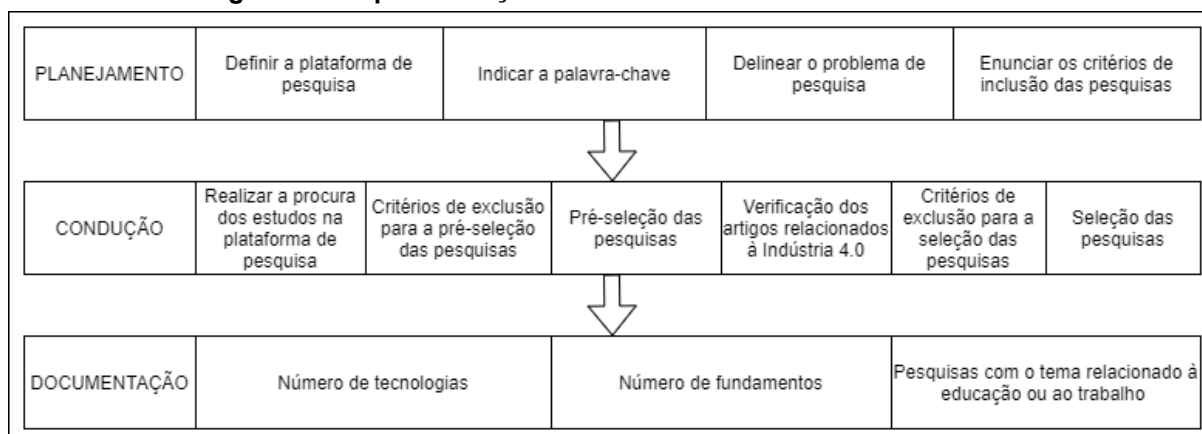
- Capítulo 3 - Quarta Revolução Industrial: com base nos estudos levantados pela RSL, o capítulo aborda a Indústria 4.0, relatando conceitos, tecnologias e consequências da nova transformação industrial;
- Capítulo 4 - Metodologia de pesquisa: apresenta os métodos utilizados, a matriz de amarração, a população e a amostragem, além da análise de conteúdo;
- Capítulo 5 - Resultados e discussões: exhibe os resultados da análise de conteúdo referentes aos cursos de pós-graduação e as vagas de emprego nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Considerações finais - Abrange a fase final do trabalho, no qual confirma se os objetivos foram alcançados e se a metodologia utilizada foi adequada, além de indicar sugestões e recomendações para futuras pesquisas sobre o tema.

## 2 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Este capítulo utilizou a RSL como ferramenta para o levantamento bibliográfico, estabelecendo relações e semelhanças entre os resultados de outras pesquisas com o presente estudo (CRESWELL, 2010). Segundo Galvão e Pereira (2014), a RSL contém critérios de modo que outros pesquisadores possam repetir o processo. Ela também determina os estudos relevantes e informa o estado arte para proporcionar a resposta da pergunta de pesquisa (SONY; NAIK, 2020).

A RSL é abordada em três estágios, conforme ilustra a Figura 2: planejamento, condução e documentação da revisão (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

**Figura 2 - Esquematização da Revisão Sistemática de Literatura.**



Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

### 2.1 Planejamento

Esta etapa envolve o processo da caracterização do problema de pesquisa, utilizando a lógica CIMO: contexto (quais os indivíduos, relacionamentos ou aspectos são de interesse), intervenção (quais os efeitos, ações ou atividades em estudo), mecanismo (quais procedimentos ou organizações evidenciam a relação entre intervenções e resultados) e resultado (efeitos relevantes e medição) (DENYER; TRANFIELD, 2009; BRYMAN; BELL, 2011).

A primeira fase foi dividida em quatro partes:

- Definir a plataforma de pesquisa;
- Indicar a palavra-chave do problema de pesquisa;

- Delinear o problema; e
- Enunciar os critérios de inclusão para a pré-seleção e seleção das pesquisas.

### 2.1.1 Definir o problema de pesquisa

A plataforma utilizada para a RSL foi o *Google Acadêmico*, seguindo a escolha de outros autores na área da Indústria 4.0, como Lu (2017), Zhong *et al.* (2017) e Piccarozzi, Aquilaini e Gatti (2018). De acordo com Mussell e Croft (2013) e Nicholas *et al.* (2017), o *Google Acadêmico* é uma das plataformas mais utilizadas para pesquisar informações científicas. Para Martín-Martín *et al.* (2018), a plataforma analisa toda a rede acadêmica em vez de mostrar apenas algumas fontes específicas.

Ao contrário de outros bancos de dados acadêmicos, o *Google Acadêmico* combina vários componentes com o mecanismo de busca, o que pode expandir a forma como um pesquisador utiliza esta ferramenta para projetar, conduzir e disseminar pesquisas (ZIENTEK *et al.*, 2018). Isto é muito importante para um tema que inclui disciplinas de Administração, Ciência da Computação, Engenharia de Produção e Sistemas de Informação, como é o caso da Indústria 4.0 (LASI *et al.*, 2014).

Todos os argumentos citados justificam o uso do *Google Acadêmico* neste trabalho, buscando melhorar a interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade que o tema demanda.

### 2.1.2 Indicar a palavra-chave para o problema de pesquisa

Em todas as ferramentas de pesquisa, é necessário aplicar palavras-chave com a função de identificar referências capazes de realizar a busca do conteúdo necessário para o estudo (BRYMAN; BELL, 2011). A palavra-chave *Industry 4.0* foi escolhida para auxiliar na elaboração do problema de pesquisa, além do idioma permitir a busca de pesquisas relacionadas ao tema em diversos países.

### 2.1.3 Delinear o problema de pesquisa

De acordo com Tranfield, Denyer e Smart (2003), a RSL começa pelo problema de pesquisa, no qual pode-se expor uma questão definida ou uma discussão conceitual para explorar, descobrir e desenvolver o conteúdo. Então, verificou-se no mês de março de 2020 as primeiras cem pesquisas no *Google Acadêmico*, relacionadas a Indústria 4.0, com o objetivo de descobrir uma lacuna de pesquisa relacionada a este tema.

Observou-se que a maioria das pesquisas era relacionada aos desafios da nova revolução industrial, bem como ao estado da arte e as tecnologias inovadoras. Porém, a busca retornou apenas uma pesquisa de Bonekamp e Sure (2015) relacionada ao mundo do trabalho como tema principal de estudo, no qual é fundamentada em uma revisão de literatura sobre as implicações da Indústria 4.0 e dos sistemas ciberfísicos na organização do trabalho.

A partir da descoberta desta lacuna de pesquisa, relacionando a Indústria 4.0 com o mundo do trabalho e a educação, delineou-se o seguinte problema: como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil?

### 2.1.4 Critérios de inclusão para a pré-seleção e seleção das pesquisas

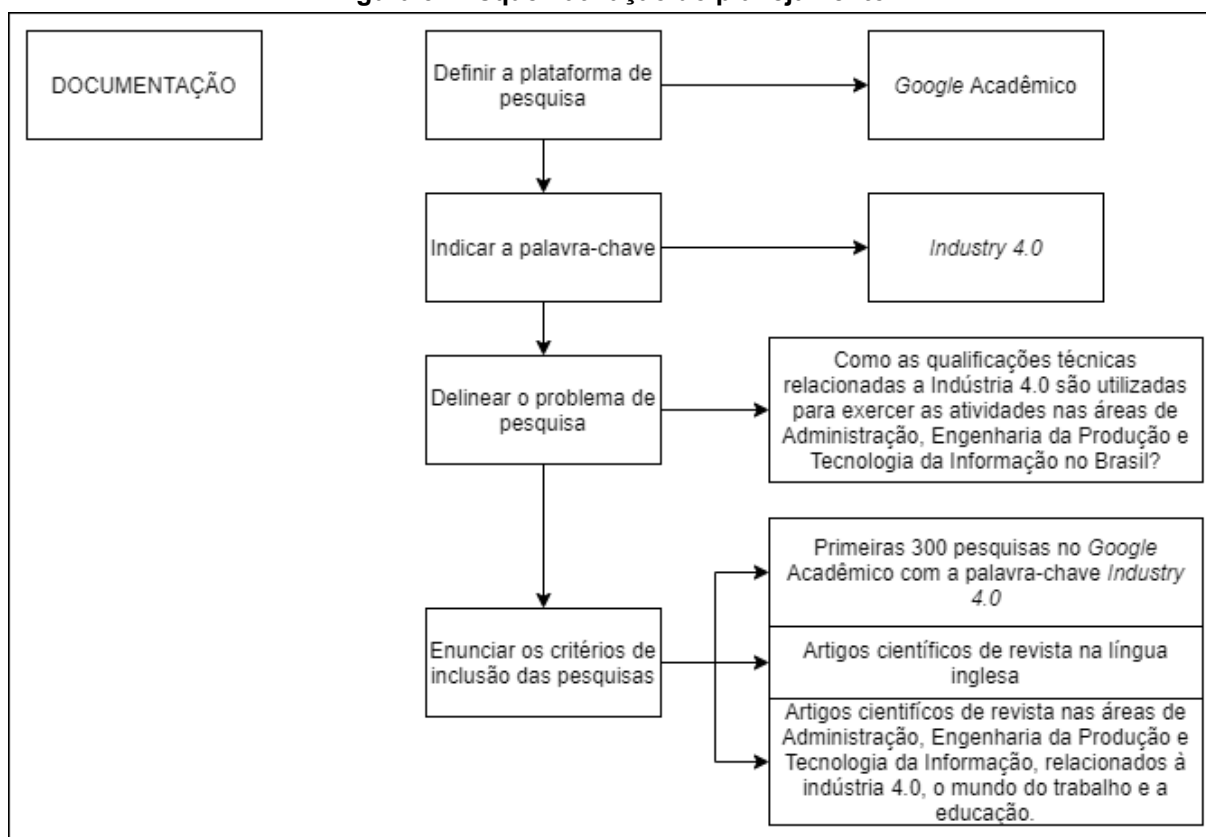
Para a inclusão das pesquisas, definiu-se três critérios:

- Os trezentos primeiros resultados no *Google Acadêmico* com a palavra-chave *Industry 4.0*;
- Trabalhos publicados em periódicos científicos internacionais; e
- Os artigos científicos nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação, relacionados à Indústria 4.0, o mundo do trabalho e a educação.

Para a formação dos critérios, levou-se em consideração a credibilidade e a visibilidade dos periódicos científicos internacionais, bem como o delineamento do problema de pesquisa. Os estudos selecionados na etapa da documentação devem satisfazer os três critérios de inclusão.

Desta forma, chega-se ao final da etapa de planejamento da RSL, conforme a Figura 3.

**Figura 3 - Esquematisação do planejamento.**



Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

## 2.2 Condução

A condução da pesquisa é o segundo passo da RSL (vide Figura 2), tendo em vista a possibilidade de replicar a estratégia de pesquisa e levando em consideração todas as evidências e contribuições (DENYER; TRANFIELD, 2009; BRYMAN; BELL, 2011). Para isso, os estudos devem atender todos os critérios de inclusão e exclusão especificados na etapa de planejamento, sem ressalvas (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

Esta etapa dividiu-se em seis partes:

- Realizar a procura dos estudos na plataforma de pesquisa;
- Atribuir critérios de exclusão para a pré-seleção das pesquisas e obter os resultados;
- Divulgar os resultados da pré-seleção das pesquisas;



- Verificar os artigos relacionados à Indústria 4.0;
- Atribuir critérios de exclusão para a seleção das pesquisas e obter o resultado final; e
- Divulgar os resultados da seleção das pesquisas.

### 2.2.1 Realizar a procura dos estudos na plataforma de pesquisa

Realizou-se a pesquisa durante os meses de março e abril de 2020, no qual a plataforma de pesquisa foi o *Google Acadêmico*. Nas opções de filtragem das pesquisas, marcou-se o item “Em qualquer idioma” e as opções “incluir patentes” e “incluir citações” foram desabilitadas. O restante das opções permaneceu como padrão: “A qualquer momento” e “Classificar por relevância”. De acordo com a BVS (2020), a classificação por relevância da plataforma de pesquisa considera o texto, o autor, a revista e a frequência de citações do artigo.

A plataforma gerou aproximadamente 3.440.000 resultados, nos quais utilizou-se as primeiras trezentas pesquisas no *Google Acadêmico* como base para a RSL.

### 2.2.2 Critérios de exclusão para a pré-seleção das pesquisas

Para a pré-seleção dos artigos, foram definidos três critérios de exclusão:

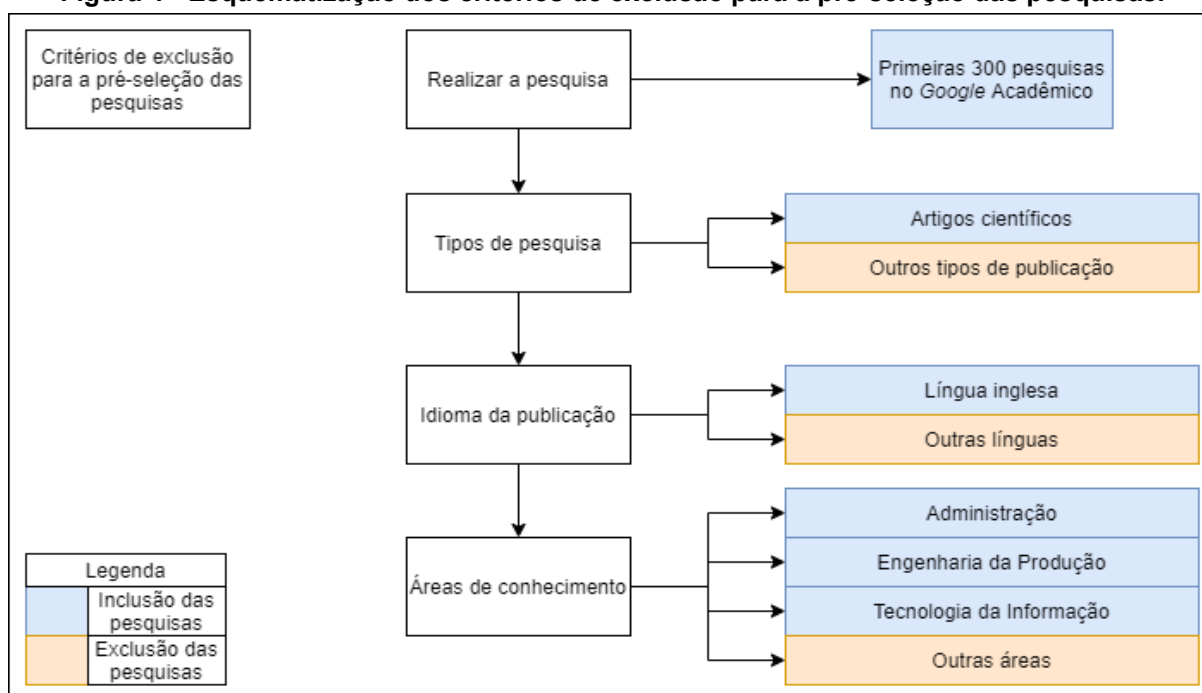
- Publicações que não são periódicos de revista científica;
- Artigos não escritos no idioma inglês;
- Artigos que não fazem parte das áreas de conhecimento da Administração, Engenharia de Produção e Tecnologia da Informação.

Em relação aos tipos de publicação, foram verificadas uma a uma em seus respectivos bancos de dados. A não utilização de artigos de conferências, simpósios, congressos e empresas, livros, capítulos, cartas do leitor, manuscritos e editoriais deve-se ao fato do menor rigor científico destas publicações (PICCAROZZI; AQUILANI; GATTI, 2018). As áreas de conhecimento foram definidas por meio do escopo do artigo, conforme suas atribuições:

- Administração: de acordo com o CFA (2020), é uma área de ciências humanas, no qual é fundamentada em procedimentos de planejamento, organização, direção e controle nos ambientes político e empresarial.
- Engenharia de produção: define-se como a implantação, o projeto, a operação, a manutenção e a melhoria de sistemas de produção, envolvendo tecnologia e seres humanos, além de mensurar os resultados para a sociedade e o meio ambiente utilizando as ciências exatas, humanas e sociais e suas ferramentas de análise e projetos de engenharia (ABEPRO, 2018).
- Tecnologia da Informação: utiliza-se os conceitos de TI, incluindo sistemas de informação, ciência da computação, telecomunicações e uso de hardware e software, com o objetivo de proporcionar conhecimento, dados e informações (WEILL, 1992; LUFTMAN; LEWIS; OLDACH, 1993; BORGES; PARISI; GIL, 2005).

Após passarem pelos critérios de exclusão, os estudos pré-selecionados são caracterizados por artigos de revista científica, escritos em inglês e nas áreas de Administração, Engenharia de Produção e Tecnologia da Informação, conforme a Figura 4.

**Figura 4 - Esquematisação dos critérios de exclusão para a pré-seleção das pesquisas.**

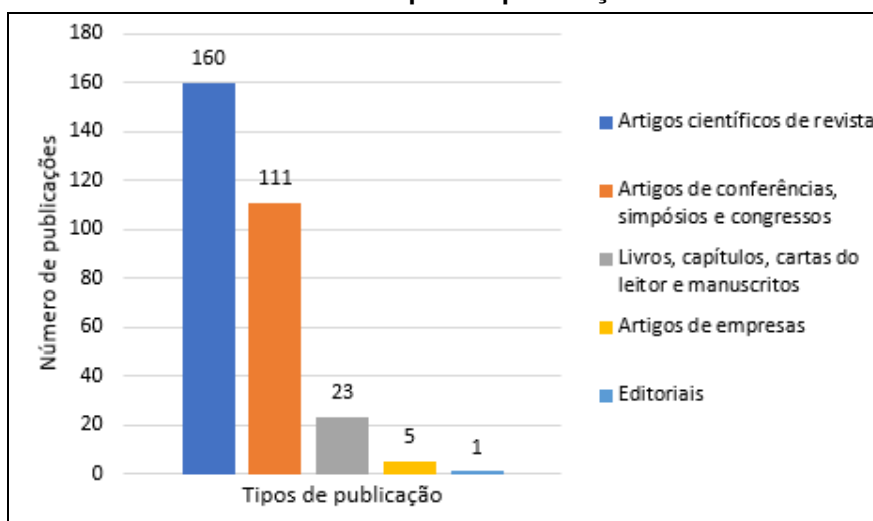


Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

### 2.2.3 Resultados da pré-seleção das pesquisas

O primeiro critério de exclusão resultou em cento e sessenta artigos científicos de revista; cento e onze artigos de conferências, simpósios e congressos; vinte e três livros, capítulos, cartas do leitor e manuscritos; cinco artigos de empresas e um editorial, conforme o Gráfico 2.

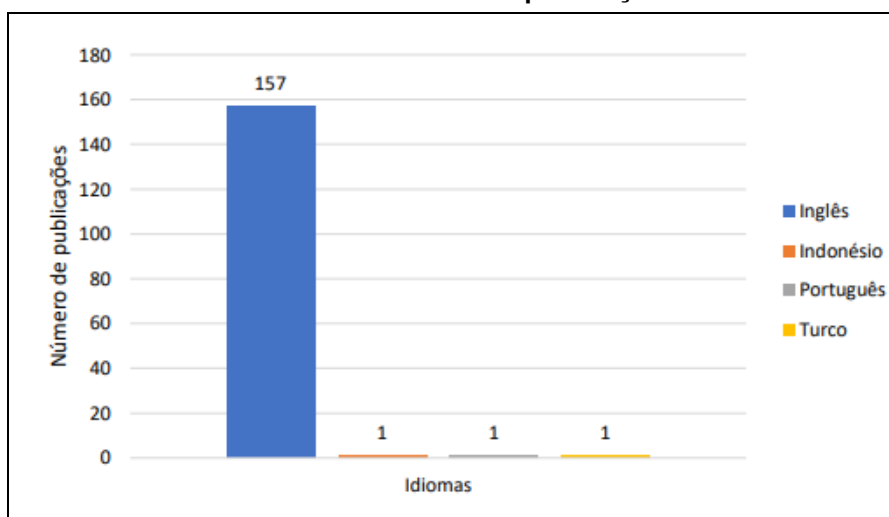
**Gráfico 2 - Tipos de publicação.**



Fonte: autoria própria.

O segundo critério de exclusão descartou mais três artigos de periódicos em outros idiomas, conforme o Gráfico 3, restando cento e cinquenta e sete artigos.

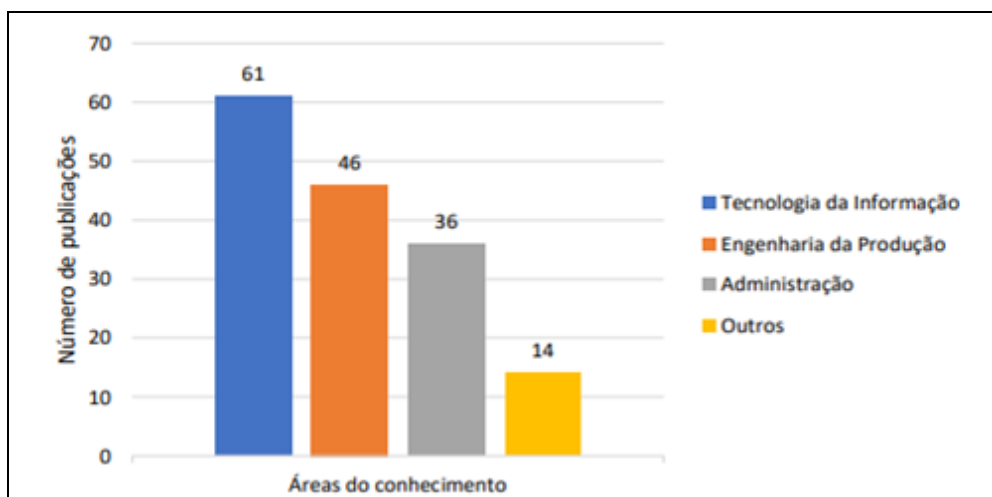
**Gráfico 3 - Idiomas das publicações.**



Fonte: autoria própria.

O terceiro critério de exclusão desmembrou os cento e cinquenta e sete artigos em: sessenta e um artigos de Tecnologia da Informação, quarenta e seis artigos de Engenharia de Produção, trinta e seis de Administração e quatorze artigos que não eram relacionados as áreas anteriores, conforme o Gráfico 4.

**Gráfico 4 - Áreas do conhecimento.**



Fonte: autoria própria.

#### 2.2.4 Verificar os artigos relacionados à Indústria 4.0

Para a verificação dos cento e quarenta e três artigos científicos, analisou-se as palavras-chave e o conteúdo de cada artigo. Todos os artigos possuem citações relacionadas à Indústria 4.0. Entretanto, para aprofundar o tema, necessitou-se da criação de critérios de exclusão para a leitura dos artigos, com o intuito de delimitar a seleção final.

#### 2.2.5 Critérios de exclusão para a leitura dos artigos

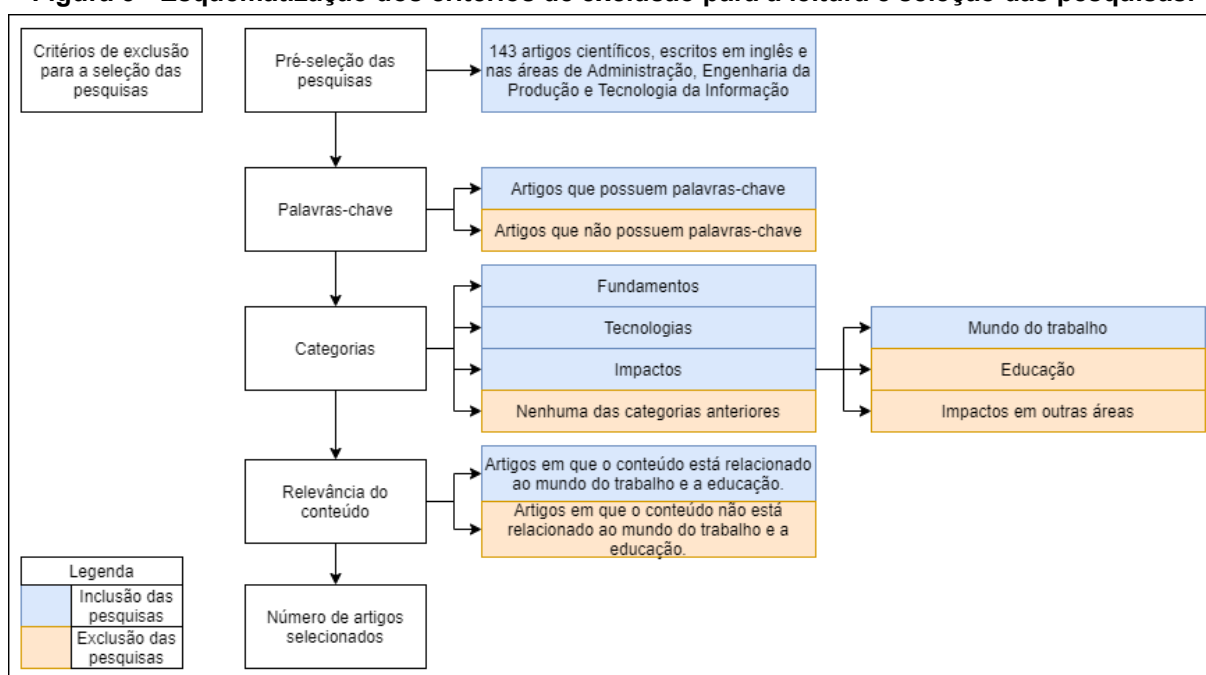
Para a seleção dos artigos da RSL, utilizou-se quatro critérios de exclusão:

- Artigos que não possuem palavras-chave;
- Artigos que não possuem as categorias fundamentos, tecnologias ou impactos da Indústria 4.0;
- Artigos que citam o conteúdo das três categorias, mas não é a parte principal do estudo; e

- Artigos selecionados na categoria impactos que não possuem escopo a respeito do mundo do trabalho e da educação.

As palavras-chave servem para mapear os conceitos, visando um sentido para a RSL (ALIAS; SURADI, 2008) e identificar termos adicionais (ROWLEY; SLACK, 2004). Artigos que não possuem palavras-chave foram excluídos porque dificultam a procura dos estudos necessários para a RSL. Em relação aos artigos sem as categorias, tem como motivação a descoberta de novos elementos para enriquecer a teoria do estudo realizado. Todos os critérios estão esquematizados conforme a Figura 5.

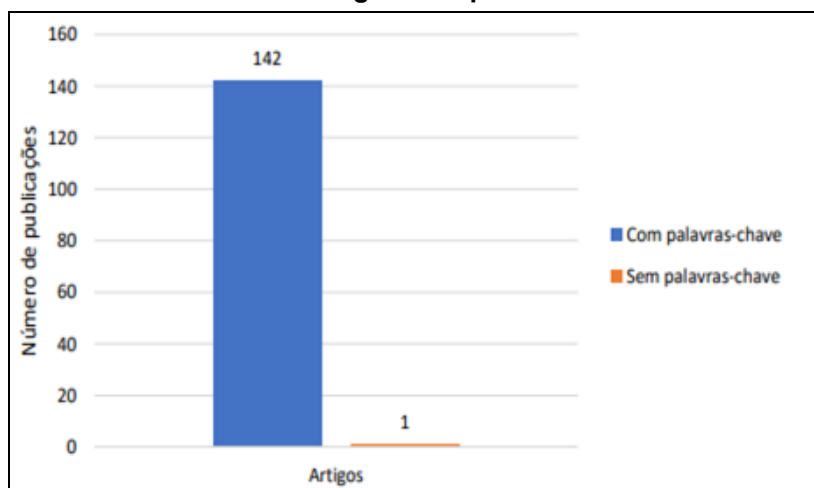
**Figura 5 - Esquematização dos critérios de exclusão para a leitura e seleção das pesquisas.**



Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

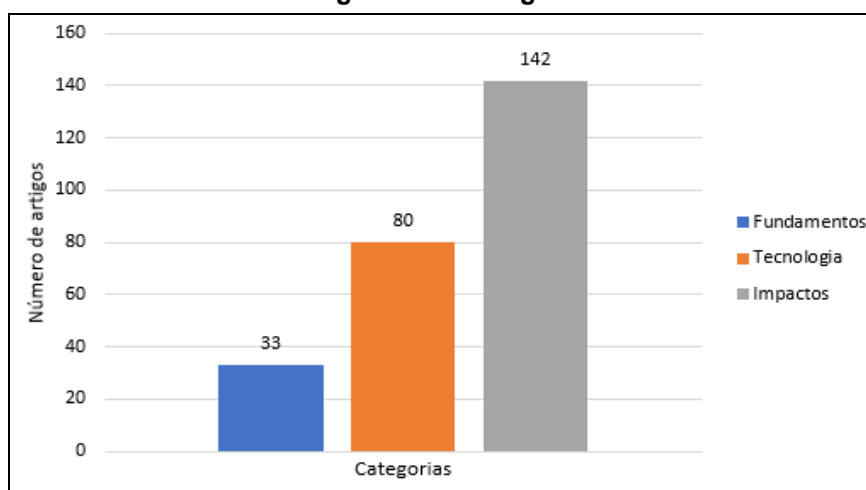
### 2.2.6 Seleção dos artigos para a RSL

O primeiro critério verificou os cento e quarenta e três artigos selecionados e excluiu-se um devido à falta de palavras-chave na composição da pesquisa, conforme o Gráfico 5.

**Gráfico 5 - Artigos com palavras-chave.**

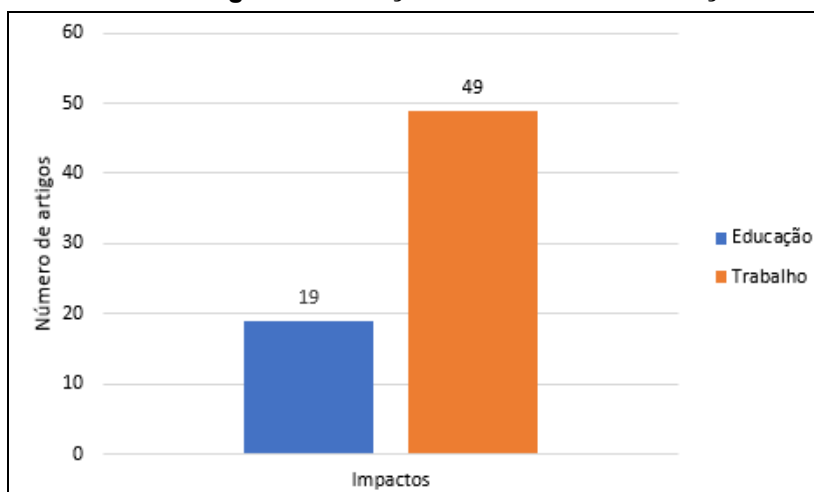
Fonte: autoria própria.

O segundo e o terceiro critérios foram utilizados simultaneamente, devido ao número de artigos selecionados até a presente etapa. A separação em categorias visou o processo de escrita da teoria relacionada à Indústria 4.0. Os cento e quarenta e dois artigos foram lidos na íntegra e separados em três categorias, conforme o Gráfico 6.

**Gráfico 6 - Categorias dos artigos selecionados.**

Fonte: autoria própria.

Nos artigos selecionados, descobriu-se dez fundamentos e nove tecnologias da Indústria 4.0. Estes estudos serão mencionados no item documentação. Além disso, dos cento e quarenta e dois artigos relacionados à categoria impactos, quarenta e nove citavam itens da área do trabalho e dezenove eram referentes à área da educação, conforme o Gráfico 7.

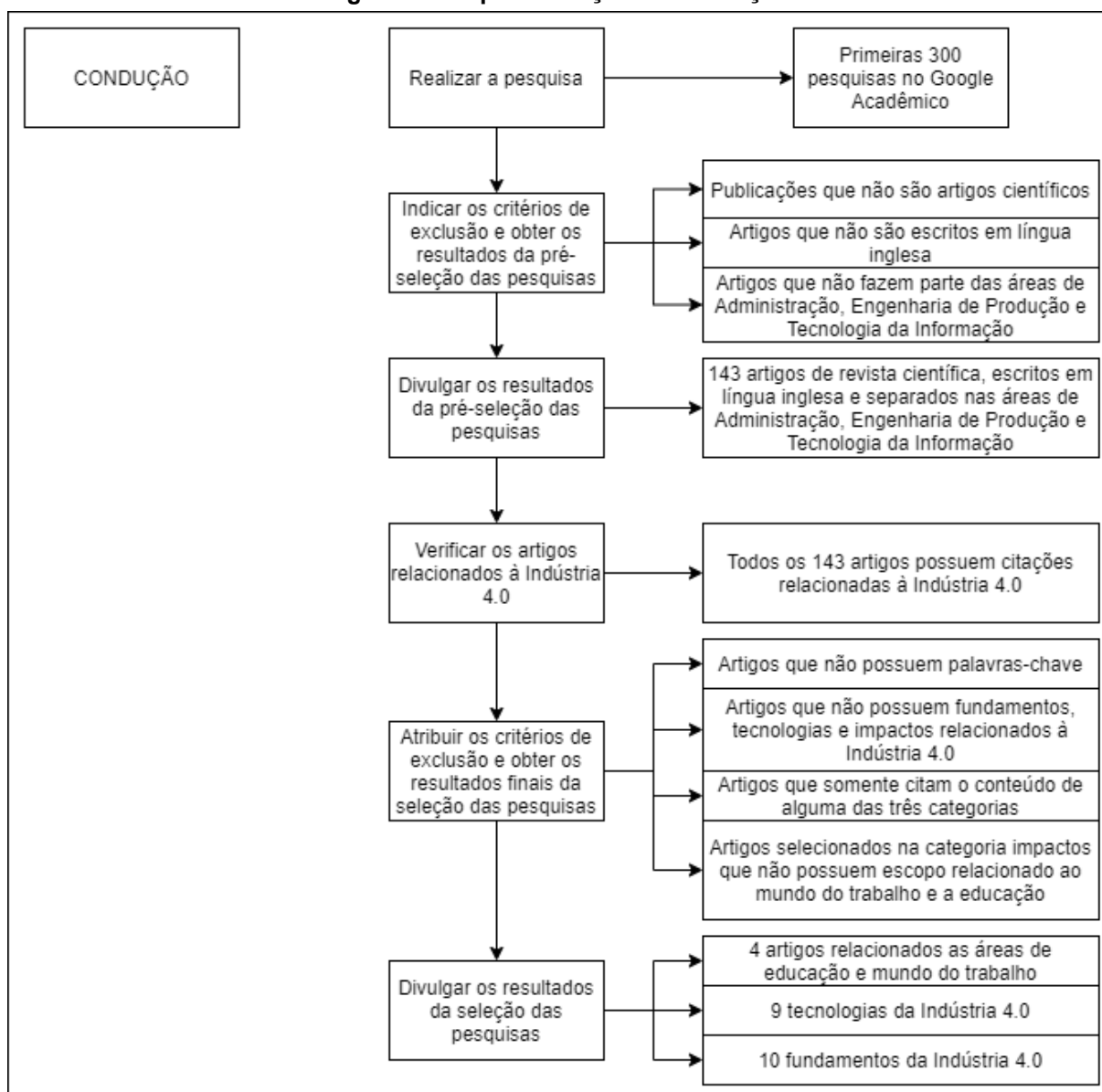
**Gráfico 7 - Número de artigos com citações nas áreas da educação e do trabalho.**

Fonte: autoria própria.

Entretanto, somente quatro artigos englobam o mundo do trabalho ou a educação como tema principal dos estudos. Retirou-se informações acerca dos impactos destas implementações tecnológicas e a demanda por novas habilidades. Estes estudos são citados adiante no item documentação.

Portanto, a etapa da condução na RSL foi finalizada, conforme a Figura 6.

**Figura 6 - Esquemática da condução.**



Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

### 2.3 Documentação

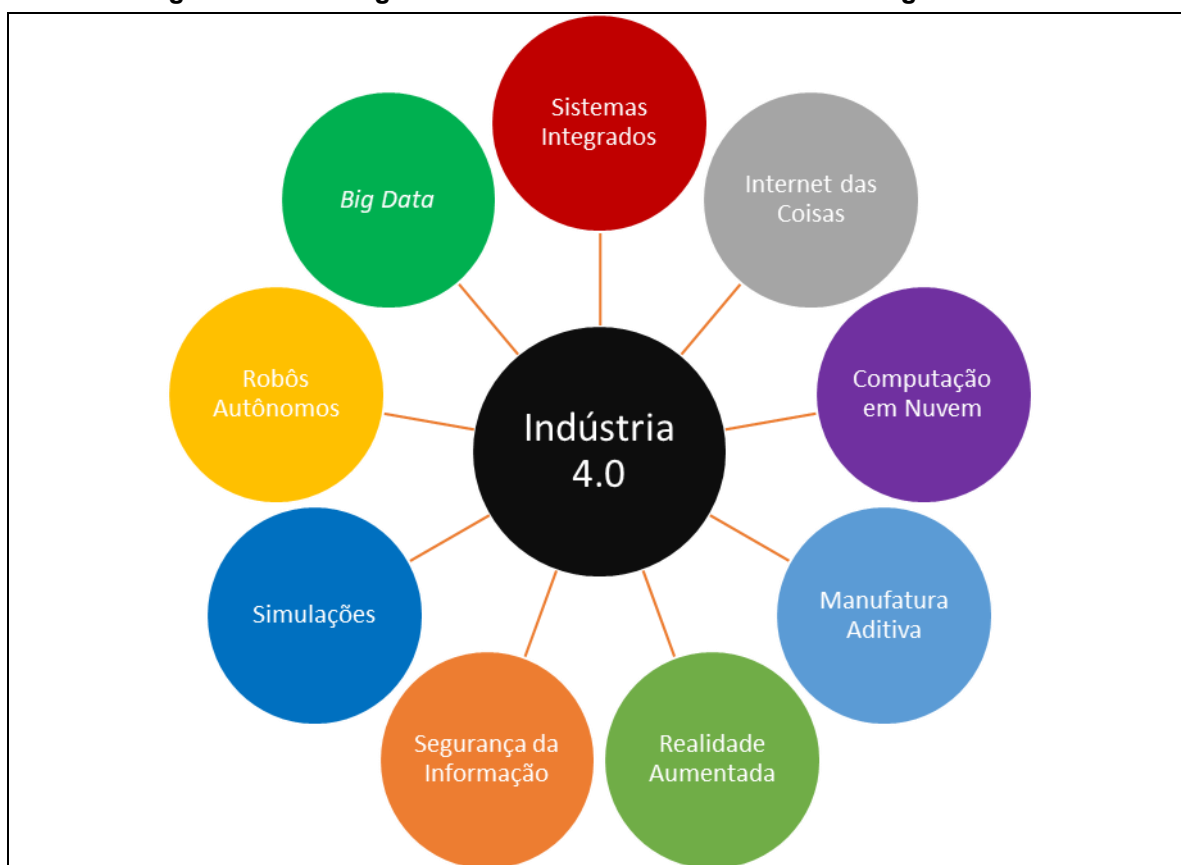
A documentação da RSL usou as referências bibliográficas com o objetivo de ampliar a informação e os pensamentos coletivos sobre o tema (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Para isso, os fundamentos e as tecnologias oferecem a sustentação necessária para o embasamento teórico relacionado à Indústria 4.0. Além disso, utilizou-se os impactos relacionados à Quarta Revolução Industrial nas áreas da educação e do trabalho, com o objetivo de verificar estudos similares ao que foi proposto no problema de pesquisa.



### 2.3.1 Tecnologias

Durante a etapa da condução, observou-se que oitenta artigos citavam, pelo menos, uma tecnologia relacionada à Quarta Revolução Industrial. Estas tecnologias foram utilizadas como base para a verificação de conteúdos nos planos de aula, bem como as vagas de emprego relacionadas à Indústria 4.0. Entre essas pesquisas, descobriu-se nove tecnologias diferentes, conforme a Figura 7.

**Figura 7 - Tecnologias da Indústria 4.0 encontradas nos artigos da RSL.**



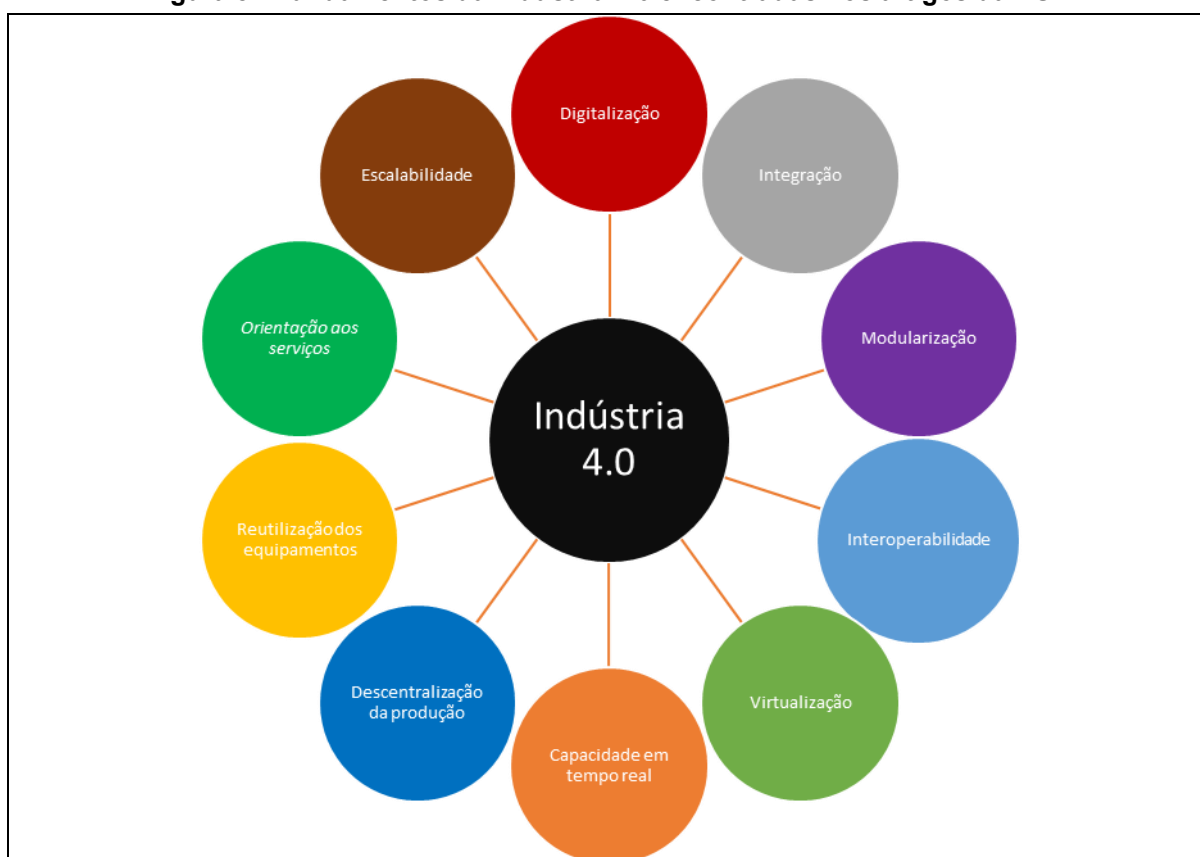
**Fonte: autoria própria.**

### 2.3.2 Fundamentos

Na RSL também foram levantados os fundamentos da Indústria 4.0, para, mais adiante, poder verificar se estas constam nos planos de aula das pós-graduações, juntamente com as tecnologias. Em trinta e três periódicos verificou-se, pelo menos, um fundamento relacionado à Indústria 4.0 e entre essas pesquisas,

encontrou-se dez fundamentos diferentes e relacionados à Indústria 4.0, conforme a Figura 8.

**Figura 8 - Fundamentos da Indústria 4.0 encontradas nos artigos da RSL.**



**Fonte: autoria própria.**

### 2.3.3 Impactos na educação e no mundo do trabalho

Em relação aos impactos da Indústria 4.0 na educação e no mundo do trabalho, foram encontrados poucos trabalhos revelando as consequências do advento da Indústria 4.0 na educação e no trabalho. Somente quatro artigos apresentaram temas da nova revolução industrial e a relação dos impactos na educação ou no trabalho, conforme o Quadro 1.

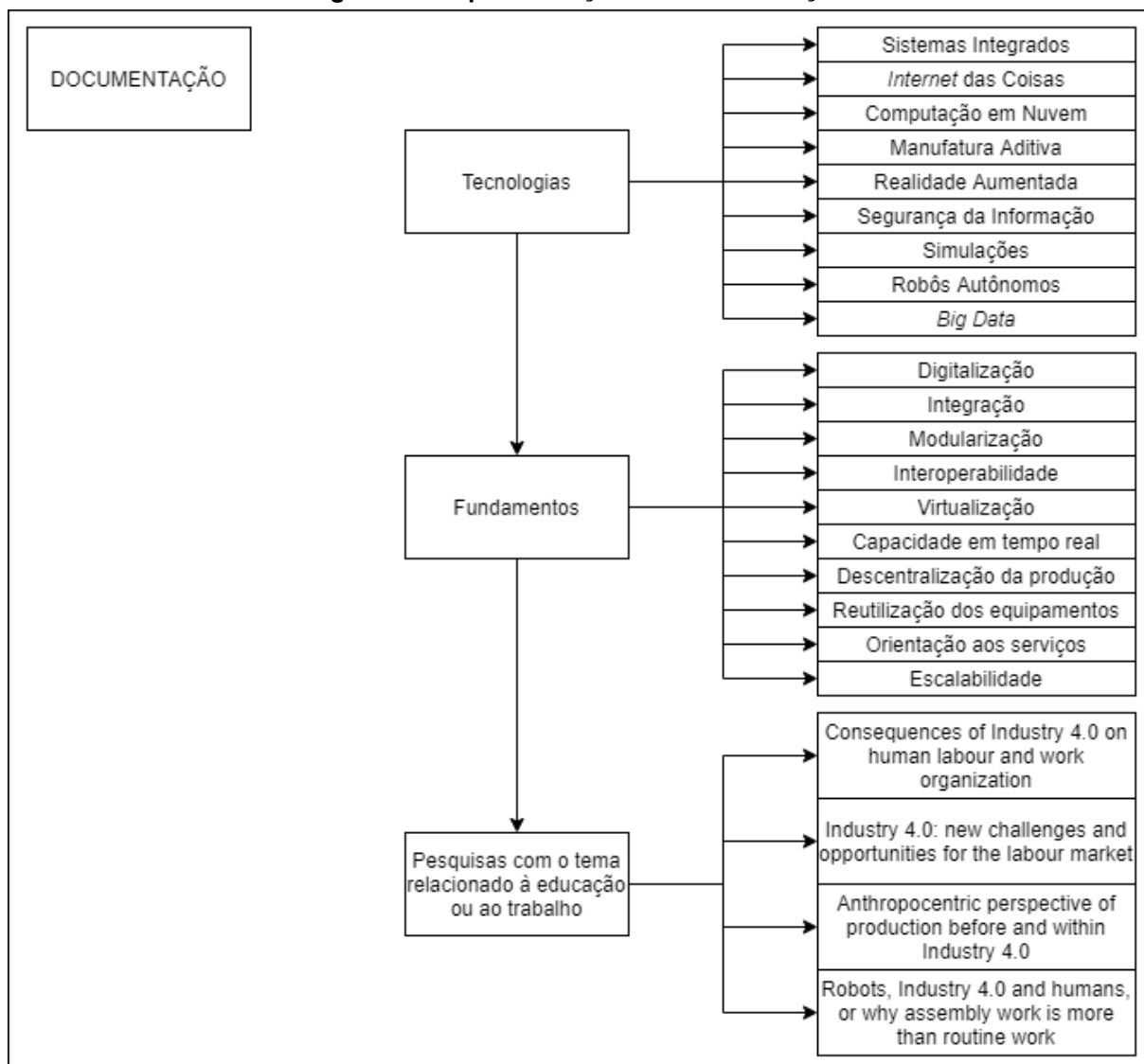
**Quadro 1 - Estudos relacionados à Indústria 4.0, educação e mundo do trabalho.**

<b>Título</b>	<b>Autor(es) e ano</b>	<b>Palavras-chave</b>	<b>Tema</b>
<i>Consequences of Industry 4.0 on human labor and work organization.</i>	Bonekamp e Sure (2015).	Indústria 4.0, sistemas ciberfísicos, <i>Internet das Coisas</i> , digitalização, mudança de gestão, cooperação entre empresas e perfis profissionais.	O artigo fundamenta-se em uma revisão de literatura sobre as implicações da Indústria 4.0 e dos sistemas ciberfísicos na organização do trabalho.
<i>Industry 4.0: new challenges and opportunities for the labor market.</i>	Kergroach (2017).	Nova revolução da produção, mercado de trabalho, demanda por habilidades, automação da produção e implicações sociais.	O artigo exibe uma visão geral da Quarta Revolução Industrial, os seus impactos sobre as mudanças do mercado de trabalho, a demanda por habilidades relacionadas as novas tecnologias e os desafios políticos.
<i>Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0.</i>	Rauch, Linder e Dallasega (2020).	Produção antropocêntrica, Indústria 4.0, sistemas de produção ciberfísicos, operador 4.0, Revisão Sistemática da Literatura e produção centrada no ser humano.	Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura da perspectiva antropocêntrica da produção antes e depois da chegada da Indústria 4.0. Além disso, os autores fazem previsões do futuro papel do operador na nova revolução industrial, bem como as capacidades conhecimentos necessários e os suportes recebidos pela tecnologia.
<i>Robots, Industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work</i>	Pfeiffer (2016).	Trabalho de montagem, capacidade de trabalho, conhecimento tácito, automatização, Indústria 4.0 e robótica.	Este artigo resume as principais conclusões dos estudos qualitativos sobre o trabalho de montagem na Indústria 4.0. Além disso, há a discussão das implementações tecnológicas, a possível resistência do trabalhador e os efeitos sobre os empregos.

**Fonte: autoria própria.**

Portanto, chega-se ao final da RSL, que explorou as teorias da Indústria 4.0 e identificou nove tecnologias, dez fundamentos e quatro artigos científicos relacionados à educação e ao mundo do trabalho, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Esquematização da documentação.



Fonte: autoria própria, com base em Tranfield, Denyer e Smart (2003).

### 3 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, Manufatura Inteligente, Internet Industrial ou Indústria Integrada, passou a ser um tema muito discutido atualmente porque pode causar grandes impactos nas indústrias ao transformar o modo como os produtos são projetados, fabricados, entregues e pagos (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Isso evidencia a evolução da tecnologia dos sistemas embarcados para os sistemas ciberfísicos (MACDOUGALL, 2018), originando mudanças nas cadeias de produção e nos modelos de negócios (SCHMIDT *et al.*, 2015).

Para Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) e Thames e Schaefer (2016), a Indústria 4.0 vai em direção à automação e à transferência de dados em tecnologias de fabricação, criando uma infraestrutura que permita volume e qualidade na comunicação e aumento de produção personalizada e flexível, focando em eficiência operacional e no alto nível de mecanização. As máquinas poderão operar com independência utilizando auto personalização e autoconhecimento, podendo coletar, analisar e orientar os dados, e os fabricantes poderão comunicar-se com os equipamentos em vez de apenas operá-los (SUNG, 2018).

O conceito Indústria 4.0 nasceu na Alemanha em 2011, país que sede algumas das manufaturas mais competitivas do mundo (ROJKO, 2017). Em 2013, com o objetivo de assumir o pioneirismo manufatureiro nas indústrias do país (SUNG, 2018), o governo alemão apresentou um plano de ação estratégica na área de tecnologia para 2020 contendo dez projetos, no qual a indústria 4.0 é um deles e é considerado muito importante para a Alemanha tornar-se líder da Indústria Integrada (XU; XU; LI, 2018).

Os Estados Unidos também contribuem em relação a Quarta Revolução Industrial, investindo em pesquisa e desenvolvimento de programas para a manufatura com o objetivo de expandir o poder na fabricação, conhecido por *Smart Manufacturing* (KANG *et al.*, 2016). Esse programa é focado em análise de dados, sistemas ciberfísicos e principalmente, na *Internet* Industrial das Coisas (IIoT) (POSADA *et al.*, 2015).

De acordo com Zhong *et al.* (2017), a *Internet* Industrial foi criada em 2012 pela *General Electric*, com a intenção de conectar pessoas, máquinas inteligentes e pesquisas avançadas, tornando as tomadas de decisão mais ágeis na manufatura.

Além disso, a IIoT possui outras vantagens como a otimização e manutenção da rede e a análise avançada de informações para contribuir com a aprendizagem orientada a dados e usufruir do poder da computação a um custo baixo (EVANS; ANNUNZIATA, 2012). A principal organização da IIoT é a *Industrial Internet Consortium* (IIC), fundada em 2014, com o propósito de fornecer recursos, ideias e projetos sobre a tecnologia (IIC, 2014).

Em 2014, a China apresentou seu plano nacional denominado de *Made-In-China 2025*, com o intuito de transformar-se em uma potência manufatureira (XU; XU; LI, 2018). A iniciativa visa aumentar a inovação tecnológica na fabricação local, estimular a qualidade e ampliar a internacionalização das marcas chinesas, além de promover a sustentabilidade (ZHONG *et al.*, 2017).

Os chineses priorizam o desenvolvimento de robôs industriais colaborativos, aumentando a produtividade, flexibilidade e segurança, a *Internet Plus*, visando a integração entre a *Internet* e as indústrias através de plataformas online e TI e a fabricação aditiva, direcionada a produção de peças de reposição (WANG *et al.*, 2016; JIANG; KLEER; PILLER, 2017; LI, 2018).

Dos quatro maiores PIB do mundo, o Japão foi o país entrou mais tarde na corrida pela Indústria 4.0 e, devido a este atraso, a sua estratégia nacional para o desenvolvimento da nova revolução industrial é baseada em outros países (LOBOVA *et al.*, 2018). Entretanto, de acordo Nafchi e Mohelská (2018), o país tem todas as condições de ser uma potência na Indústria 4.0, devido à ciência, tecnologias e trabalhadores qualificados necessários, bem como um orçamento alto e melhores relações internacionais.

Segundo Fujino e Konno (2016), o país trabalha com o desenvolvimento das novas tecnologias à longo prazo, focado principalmente nas estratégias de cadeia de valor e de serviços. Para isso, o Japão criou o *Society 5.0*, plano estratégico centrado no uso de ferramentas e tecnologias desenvolvidas pela Indústria 4.0, com o objetivo de beneficiar a humanidade (PEREIRA; LIMA; CHARRUA-SANTOS, 2020).

### 3.1 Indústria 4.0 no Brasil

O Brasil faz parte do grupo dos dez países com as maiores somas de bens e serviços finais produzidos (BANCO MUNDIAL, 2019). Entretanto, de acordo com IBGE (2019), o setor industrial correspondeu a aproximadamente 20% do PIB, ou seja, o menor índice da série histórica, iniciada em 1940. Este setor tem uma grande importância para a economia brasileira, gerando empregos e riqueza, mas exige investimento e inovação (TEIXEIRA *et al.*, 2020).

De acordo com Vincenzi e Cunha (2020), as economias emergentes, como é o caso do Brasil, precisam investir e desenvolver inovações para melhorar a perspectiva de riqueza, competitividade e crescimento no longo prazo. A inovação nestes países normalmente ocorre por meio de absorção, adaptação e dominação de tecnologias já existentes em países desenvolvidos (GOEDHUYS; VEUGELERS, 2012).

Nos últimos vinte anos, o Brasil ampliou o investimento em pesquisa e desenvolvimento, aumentou o número de patentes (OLAVARRIETA; VILLENA, 2014), expandiu o uso das tecnologias de inovação e comunicação no país, qualificando a mão de obra e exigindo novos ambientes de negócios (CORTIMIGLIA; FRANK; MIORANDO, 2012), melhorou o desempenho das instituições brasileiras de ciência e tecnologia, cresceu o número de artigos científicos (HELENE; RIBEIRO, 2011) e recebeu um maior apoio governamental em relação as políticas de inovação (MELO; FUCIDJI; POSSAS, 2015).

Entretanto, a aplicação da inovação pode oferecer obstáculos para as nações em desenvolvimento (HALL; MAFFIOLI, 2008), principalmente em investimento financeiro (CRISÓSTOMO; LÓPEZ-ITURRIAGA; VALLELADO, 2011; FRANK *et al.*, 2016) e na geração de novas tecnologias no país (COSTA; QUEIROZ, 2002). Estas dificuldades fazem com que o Brasil apareça na 62ª posição no Índice Global de Inovação, atrás de outros países da América Latina, como Chile (54°), México (55°) e Costa Rica (56°) (WIPO, 2020).

Para aumentar a inovação e gerar novas tecnologias no país, um dos caminhos foi a criação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0, no qual o governo brasileiro teve como objetivo aumentar a produtividade e a competitividade das empresas nacionais, inserindo o país nas cadeias globais de valores (BRASIL,

2020). Segundo Velho e Barbalho (2019), a iniciativa contém quatro grupos de trabalho, separados em:

- Desenvolvimento tecnológico e inovação;
- Capital humano;
- Cadeiras produtivas; e
- Desenvolvimento de fornecedores e regulação, normalização técnica, infraestrutura e investimentos.

Para Castellacci (2008), o sucesso dos programas nacionais relacionados à Quarta Revolução Industrial depende da realização de mudanças estruturais nas indústrias manufatureiras e em serviços tradicionais, visando as tecnologias de uso geral e intensificar ligações entre os diferentes grupos setoriais na economia. Para isso, convém aos governos, profissionais da indústria, acadêmicos e outras partes interessadas atuarem em conjunto para estudar as diversas perspectivas e oportunidades, de modo a criar estratégias para a adaptação destes novos paradigmas produtivos (SANTOS *et al.*, 2020).

De acordo com Pereira e Simonetto (2018), apesar do atraso em relação a outros países, o Brasil possui o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a Indústria 4.0. Entretanto, muitas empresas brasileiras se dedicam para a implantação de tecnologias da nova revolução industrial, mas na verdade, interligam sistemas com dispositivos físicos e desenvolvem equipamentos industriais com maior modularidade e conectividade a partir de arquiteturas de rede relacionadas à Indústria 3.0, por exemplo (NAKAYAMA, 2017).

Segundo Santos, Manhães e Lima (2018), o país tem condições para a transformação digital, mas precisa arriscar mais para dar um salto tecnológico como este. Entre os desafios relacionados à implantação, estão: a obtenção de políticas estratégicas inteligentes; incentivos por parte do governo; reunir gestores da indústria com visão e coragem; e dispor de desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais qualificados por parte das instituições acadêmicas e de pesquisa (FIRJAN, 2016).

Para a CNI (2016), se o Brasil inserir a Indústria 4.0 em seu parque tecnológico, as possíveis consequências serão:

- Cooperação entre agentes econômicos;



- Apoio na competitividade entre sistemas produtivos (incluindo ambiente, empresas, fornecedores e clientes);
- Desenvolvimento da cadeia de negócios;
- Ganhos de produtividade com a adoção de novas tecnologias;
- Implantação de novos modelos de negócios; e
- Nascimento de novas atividades e profissões.

Portanto, a Indústria 4.0 traz grandes ganhos econômicos as indústrias do país, bem como a estabilidade que as novas tecnologias trazem na cadeia de produção (SILVA; VASCONCELOS; CAMPOS, 2019). Porém, os desafios também são notáveis, principalmente nos âmbitos da educação, do trabalho e da inovação (SOUZA; VIEIRA, 2020).

### **3.2 Fundamentos da Indústria 4.0**

A Indústria 4.0 está no estágio inicial de implementação, no qual as empresas, universidades e instituições de pesquisa desenvolvem fábricas digitalizadas e conectadas (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016). Para isso, estas fábricas possuem fundamentos que não estão relacionados somente com a tecnologia, mas também estão associados a agregação de valor e geração de conhecimento (LU, 2017).

De acordo com Colombo, Schleuter e Kircher (2015), Posada *et al.* (2015), Shafiq *et al.* (2016), Roblek, Meško e Krapež (2016) e Vogel-Heuser e Hess (2016), os fundamentos da Indústria 4.0 são: digitalização; integração; modularização; interoperabilidade; virtualização; capacidade em tempo real; descentralização; reutilização; orientação aos serviços e escalabilidade.

#### **3.2.1 Digitalização**

A digitalização está relacionada com o nível de maturidade digital que a empresa tem, ou seja, a combinação entre o nível de investimento tecnológico e a intensidade no gerenciamento da transformação, criando uma transformação digital dentro da instituição (WESTERMAN *et al.*, 2012). Ela origina novas oportunidades no design e no suporte de processos (STRAUSS *et al.*, 2018), apresentando uma

resposta a custos mais altos na produção, ciclos de inovação mais curtos e produtos mais complexos e individualizados (ARMENGAUD *et al.*, 2017).

### 3.2.2 Integração

A integração é um fundamento muito importante para a Indústria 4.0 porque as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e os sistemas ciberfísicos constituem-se aos processos de controle e produção, possibilitando a reutilização de metodologias, modelos e ferramentas existentes (SALDIVAR *et al.*, 2015). Ela possui três tipos: horizontal, vertical e de ponta a ponta (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

- Integração horizontal: é a união de empresas diferentes com vários sistemas de TI nos processos de fabricação e planejamento de negócios, direcionando a uma padronização e colaboração de todas as partes (KUSIAK, 2017; LIAO *et al.*, 2017);
- Integração vertical: remete-se aos sistemas de fabricação em rede e linhas de montagem dentro das fábricas inteligentes, com associação nos diferentes níveis (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015); e
- Integração de ponta a ponta: oferece uma engenharia integrada com métodos de comunicação e virtualização avançados ao longo de toda a cadeia de valor (BRETTEL *et al.*, 2014).

Para Xu, Xu e Li (2018), a Indústria 4.0 precisa atingir as três integrações relacionadas aos processos de produção e não somente as integrações relacionadas a computação (*hardware*, *software* e dados).

### 3.2.3 Modularização

A modularização é um mecanismo separado em subsistemas com pouca correlação na arquitetura, usado para aumentar a variedade e a economia de escala do produto (BRETTEL *et al.*, 2014). Segundo Prause (2019), as fábricas inteligentes administram o obstáculo da complexidade por meio da modularização de seus componentes e da mecânica autorreguladora através de programas compatíveis ao processo. Com a flexibilidade do sistema modular, os fabricantes podem adicionar

ou reduzir a capacidade da linha de produção (GUPTA, 2018) e gerar menos resíduos no processo de fabricação (YAMADA *et al.*, 2018).

#### 3.2.4 Interoperabilidade

O desenvolvimento da interoperabilidade é essencial para que as empresas atinjam seus objetivos de negócios e capturem novas oportunidades de mercado, permitindo que elas troquem e utilizem informações para alcançar seus objetivos comuns (LEAL; GUÉDRIA; PANETTO, 2019). Portanto, a interoperabilidade é o potencial de dois ou mais sistemas compreenderem e usarem a funcionalidade uns dos outros (CHEN; DOUMEINGTS; VERNADAT, 2008), viabilizando a troca de dados e o compartilhamento de informações, sendo significativas quando satisfazem todos os níveis da empresa (BERRE *et al.*, 2007; KUSIAK, 2017).

Segundo Naudet *et al.* (2010), estes sistemas dependem das interações entre seus componentes e também da flexibilidade com outros sistemas. Porém, quando não ocorrem estes requisitos, os sistemas interoperáveis são fatores limitantes na adoção de novas tecnologias e no desenvolvimento da Indústria 4.0 devido à complexidade de padronizar sistemas, ambientes de ferramentas e componentes inteligentes (NILSSON; SANDIN, 2018).

#### 3.2.5 Virtualização

A virtualização é um dos principais instrumentos para a introdução do CPS na Indústria 4.0 (MARTINS; COSTELHA; NEVES, 2019). Ele compreende desde uma abordagem mais simples, como a coleta e disponibilidade de dados, até uma abordagem mais completa como uma cópia digital de um dispositivo físico (*digital twin*) (TAO; ZHANG, 2017). Além disso, os sistemas virtualizados podem proporcionar a redução de tempo na realização de mudanças, motivada pelos arranjos fictícios no chão de fábrica, além de programar o tempo de manutenção (STRAUSS *et al.*, 2018).

### 3.2.6 Capacidade em tempo real

A capacidade em tempo real tem como objetivo atuar na manufatura orientada e potencializar o arranjo de produção com base nos sistemas ciberfísicos (NEUGEBAUER *et al.*, 2016). Dentro do CPS, *hardwares* e *softwares* estão interligados por meio de sensores e microprocessadores, sendo utilizados para coleta, processamento e transmissão de informações, além de permitir a interconectividade em tempo real entre produtos, instalações de produção e pessoas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Isto permite o fornecimento de informações, no qual são integradas ao fluxo de trabalho em tempo real e que podem ser aplicadas a qualquer dispositivo, em qualquer lugar, a qualquer hora, para as tomadas de decisão (KOCSI *et al.*, 2020).

### 3.2.7 Descentralização das estruturas de produção

A descentralização das estruturas de produção é a capacidade de sistemas industriais desempenharem procedimentos de tomada de decisões por conta própria (COLOMBO; SCHLEUTER; KIRCHER, 2015), ou seja, as máquinas podem tomar decisões sem o auxílio de uma unidade de controle, reduzindo os esforços computacionais (WINDT; HÜLSMANN, 2007). Para isso, os elementos processam as informações e executam decisões de forma autônoma (MEISSNER; ILSEN; AURICH, 2017). Além disso, os componentes do sistema descentralizado comunicam-se uns aos outros, garantindo confiabilidade e segurança (POONPAKDEE; KOIWANIT; YUANGYAI, 2017).

### 3.2.8 Reutilização dos equipamentos

A Indústria 4.0 traz um novo período produtivo, no qual as empresas que não possuem seus maquinários atualizados e compatíveis com a manufatura avançada terão dificuldades para sobreviver (ARJONI *et al.*, 2017). No entanto, as pequenas e médias empresas ainda têm muitas preocupações sobre esta nova revolução industrial e seus benefícios, devido aos custos elevados de investimento e conversão dos equipamentos (NSIAH *et al.*, 2018).

Portanto, a reutilização dos equipamentos é vista como uma possibilidade de integração da Indústria 4.0, abrindo caminho para investimentos conforme a capacidade da empresa (GARCÍA; CANO; CONTRERAS, 2020). Isso possibilita a inserção de tecnologias mais baratas nas plantas industriais no menor tempo possível (GUERREIRO *et al.*, 2018), resultando na diminuição do custo de produção e no aumento da eficiência dos equipamentos (LINS *et al.*, 2017).

### 3.2.9 Orientação aos serviços

O conceito de arquitetura orientada aos serviços (SOA) foi pensado para conciliar os requisitos dos negócios de uma empresa com os serviços de TI, através da utilização de uma plataforma que faça a integração dos serviços e assegure a todas as partes interessadas o acesso a estas aplicações (SBAGLIA; GIBERTI; SILVESTRI, 2018). Assim, o SOA apresenta o funcionamento dos processos de fabricação como um conjunto de serviços disponíveis por meio da *Internet* dos Serviços (IoS), no qual torna o processo inteligente devido à coleta dados das atividades efetuadas por essas aplicações (AL-JAROUDI; MOHAMED; JAWHAR, 2018).

### 3.2.10 Escalabilidade

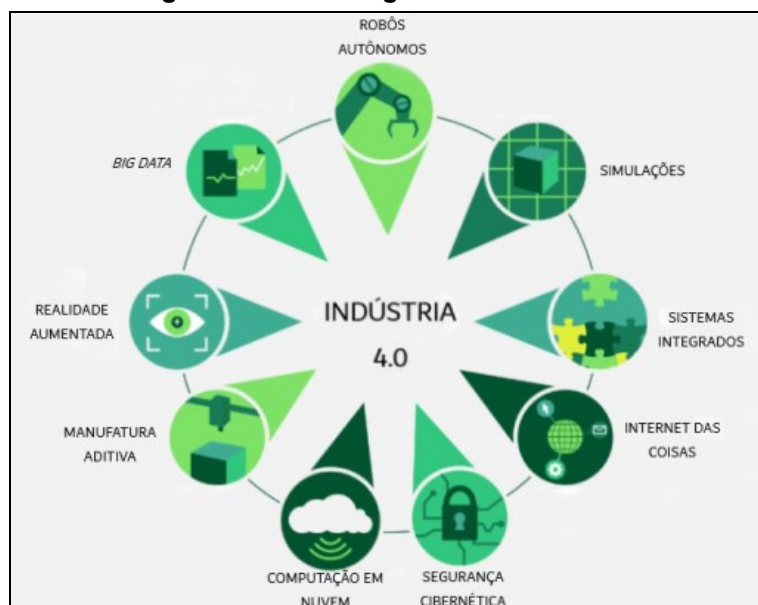
A escalabilidade é a capacidade de um sistema de produção em ajustar a capacidade da manufatura, no qual adiciona ou remove máquinas devido ao reflexo da mudança na demanda do mercado (ACCORSI *et al.*, 2021). Ela é essencial para projetar sistemas reconfiguráveis de produção que permitam atualizações na capacidade, de maneira econômica e rápida (KOREN; HU; WEBER, 1998). Além disso, é um fundamento que permite a utilização da concorrência econômica, criando um valor comercial para as empresas manufatureiras (KOREN; WANG; GU, 2016).

### 3.3 Pilares da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 transformará empresas, deixando-as mais conectadas e permitirá alcançar níveis jamais vistos de produtividade e eficiência operacional, mas os desafios de complexidade e gerenciamento precisam ser confrontados para maximizar as oportunidades que os modelos e arquiteturas oferecem (THAMES; SCHAEFER, 2016; KHAN; KHAN, 2018). Estas mudanças envolvem a digitalização e a integração de todas as atividades realizadas pela organização (GHOBAKHLOO, 2020).

Portanto, a Quarta Revolução Industrial apresenta diversas tecnologias, também tidas como seus pilares, com o intuito de implementar o seu conceito (CHENG *et al.*, 2016; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; OLIVEIRA; ÁLVARES, 2016), conforme a Figura 10.

**Figura 10 - Tecnologias da Indústria 4.0.**



**Fonte: adaptado de BCG (2016).**

#### 3.3.1 Sistemas integrados

A integração é o primeiro passo para a realização da Indústria 4.0 (SCHLECHTENDAHL *et al.*, 2014). Ela apresenta mudanças estruturais na organização e no gerenciamento de objetos físicos (HOGREBE; KRUSE, 2015; REISCHAUER; SCHOBER, 2015; PRAUSE; WEIGAND, 2016), além de utilizar a

automação e o fluxo de informações para criar a possibilidade de cooperação e entre a engenharia, a produção, os fornecedores, o marketing e a cadeia de suprimentos (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018).

Para ocorrer a integração, é necessário o uso de tecnologias físicas e computacionais, que podem interagir com os humanos e que realizam a função de gerenciar conjuntos interconectados, chamados de sistemas ciberfísicos (BAHETI; GILL, 2011). Segundo Xu, Xu e Li (2018), o CPS simboliza uma mudança de paradigma em relação aos modelos de negócios conhecidos hoje, pois a cada nova aplicação que aparece, serviços e cadeias de valor inovadoras tornam-se disponíveis. De acordo com Lee *et al.* (2013) e Lee (2008), os sistemas ciberfísicos tem grandes potenciais econômicos e sociais, além de receber grandes investimentos pelo mundo.

A combinação da integração completa e a automação digital requer uma automatização da comunicação e cooperação, principalmente ao longo do processo padronizado, motivando um aumento da responsabilidade dos trabalhadores em entender processos, fluxos de informações e possíveis paradas e soluções (EROL *et al.*, 2016). Porém, a integração não atingirá somente as indústrias, mas sim o nosso estilo de vida, visualizando o funcionamento global do sistema (DAVIS *et al.*, 2012; RADZIWON *et al.*, 2014; FOIDL; FELDERER, 2016).

### 3.3.2 *Internet* das Coisas

A *Internet* das Coisas (IoT) popularizou-se no final da última década, marcando o início da Indústria 4.0 (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Ashton (2009) mencionou o termo *Internet* das Coisas pela primeira vez, apresentando uma ideia de gerenciamento da cadeia de suprimentos com a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID). Hoje, a IoT é uma infraestrutura, no qual os objetos são integrados por sistemas embarcados (sensores e atuadores) e conectados em rede, com os intuitos de compartilhar dados e comunicar entre objetos (XIA *et al.*, 2012).

Com o avançar do tempo, as tecnologias serão envolvidas com a *Internet* das Coisas, ocasionando um impacto nas Tecnologias da Informação e Comunicação e nos sistemas ciberfísicos (XU; XU; LI, 2018). Porém, os principais

efeitos estão na vida cotidiana das pessoas e no comportamento dos usuários (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). De acordo com Nolin e Olson (2016), a IoT deseja uma sociedade com acesso à *Internet*, com diversas tecnologias de autoconfiguração e autogerenciamento a qualquer hora e lugar.

Inúmeras indústrias aplicam a *Internet* das Coisas para desenvolver a produção, o transporte de produtos e a manutenção (TAO *et al.*, 2016). Países como China, França e Índia trabalham de forma colaborativa para desenvolver a tecnologia, aplicando-a em questões globais como cidades inteligentes, manufatura e assistência médica (ZHONG *et al.*, 2017).

### 3.3.3 Computação em nuvem

A computação em nuvem modificou o pensamento das instituições, oferecendo novos serviços e oportunidades de negócios através de instrumentos escalonáveis e virtualizados (XU, 2012), possibilitando o aumento da capacidade com um custo mínimo de implantação (ZHENG *et al.*, 2014; SAXENA; PUSHKAR, 2016).

De acordo com Xu, Xu e Li (2018), a virtualização permite a distribuição de recursos e alocação dinâmica, contribuindo para que um número grande de dados possa ser carregado em uma nuvem de armazenamento, facilitando a produção. Também evita a antecipação de provisionamentos por parte dos usuários, permitindo que as empresas façam novos investimentos somente em casos em que houver uma demanda extra de serviços (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010).

O principal objetivo da computação em nuvem é usar os recursos da computação para oferecer aos aplicativos de *Big Data* um refinamento em seus serviços (CHEN; MAO; LIU, 2014). Porém, as empresas demandavam muitos recursos de computação, como servidores para banco de dados e unidades para tomada de decisões, forçando envios de dados ineficientes, reduções na produção e limitações nos processos de fabricação (XU; XU; LI, 2018).

Para solucionar esses desafios, criou-se a manufatura baseada em nuvem, permitindo a modularização e a orientação de serviços na manufatura, no qual o arranjo de sistemas e a distribuição de serviços e componentes são importantes



(MOGHADDAM; NOF, 2018). Para Thames e Schaefer (2016), a tecnologia da manufatura em nuvem pode contribuir consideravelmente com a Indústria 4.0.

A tecnologia da computação em nuvem carrega vários benefícios, mas também guia para alguns desafios (TAN; AI, 2011). Para Chaves *et al.* (2011), Banyal, Jain e Jain (2013) e Hajivali *et al.* (2013), há inúmeros estudos para detectar problemas na computação em nuvem, sendo que a principal dificuldade é relacionada a segurança de dados. Há outros obstáculos que podem comprometer o desenvolvimento como alocação de recursos (MAGULURI; SRIKANT; YING, 2012), migração e compatibilidade entre nuvens (KHAJEH-HOSSEINI; GREENWOOD; SOMMERVILLE, 2010) e a comunicação entre nuvens (PETCU, 2011).

### 3.3.4 Manufatura aditiva

De acordo com a norma americana ASTM número F2792 - 12a, a manufatura aditiva, também denominada como fabricação aditiva e fabricação em camadas, é o processo de ligar materiais em camadas, com a finalidade de criar objetos fundamentados em informações de modelos 3D. Ela tem a capacidade de transformar a forma de fabricação e a logística dos produtos, permitindo que a fabricação seja distribuída e a construção de peças ocorra somente sob demanda, resultando em um menor impacto ambiental (FRAZIER, 2014).

Atualmente, a manufatura aditiva é uma tecnologia determinante para aplicações com alta personalização e baixo volume de produção, obtendo vantagens como a eliminação de moldes e ferramentas, menor desperdício de material e a redução do estoque de matéria-prima (EYERS; DOTCHEV, 2010). Porém, ela também apresenta desvantagens como a variedade de material restrita, o limite de tamanho das peças, a velocidade da produção baixa e o custo alto das máquinas e dos materiais (AHUJA; KARG; SCHMIDT, 2015).

De acordo com Thompson *et al.* (2016), a manufatura aditiva encontra-se estabelecida em diversos segmentos como: energia, transporte, arquitetura, educação, aeroespacial, médico e militar. Porém, é necessário um desenvolvimento futuro nas indústrias de manufatura aditiva para que elas produzam produtos de alto valor e gerem novas oportunidades de negócios (MELLOR; HAO; ZHANG, 2014).

### 3.3.5 Realidade aumentada

A realidade aumentada é uma das tecnologias usadas para facilitar a interação do usuário com a informação (FERNÁNDEZ-CARAMÉS *et al.*, 2018). De acordo com Fraga-Lamas *et al.* (2018), ela contém diversos instrumentos para visualizar diretamente ou indiretamente o mundo real associado a elementos visuais. Os principais elementos são: câmera, sistema de rastreamento, interface do usuário e tecnologia de visualização (MASOOD; EGGER, 2019).

Hoje, a realidade aumentada é utilizada em áreas como *marketing*, turismo e na indústria dos games, mas é pouco usada no ambiente fabril (DONATO *et al.*, 2015). Normalmente, os equipamentos precisam de rede sem fio para proporcionar a utilização em tempo real, mas os ambientes industriais são locais com difícil comunicação por radiofrequência, devido a presença de objetos metálicos que bloqueiam a propagação do sinal (WONG; ZHENG, 2013).

Em locais industriais em que é possível a utilização da realidade aumentada, os operadores têm a vantagem da informação exibida no campo de visão, paralelamente ao serviço a ser realizado, contribuindo para a diminuição do tempo necessário na atividade (REIF *et al.*, 2009). Além disso, a tecnologia reconhece e diminui os erros manuais durante a operação (KHUONG *et al.*, 2014).

### 3.3.6 Segurança da informação

Na Indústria 4.0, a segurança da informação lidera as ações na prevenção de perdas de competitividade das empresas, pois os equipamentos são vulneráveis a ataques cibernéticos, afetando todo o modelo de negócios (LEZZI; LAZOLI; CORALLO, 2018). O cenário é caracterizado por ataques volumosos, rápidos e sofisticados de cibercriminosos (ANUAR *et al.*, 2010). Esses criminosos descobrem novas maneiras de usar a *Internet* das Coisas, a nuvem e os sistemas ciberfísicos, funcionando como porta de entrada para atacar outras tecnologias conectadas (BENIAS; MARKOPOULOS, 2017).

Segundo Thames e Schaefer (2017) e Kang *et al.* (2016), a detecção dos ataques requer algoritmos de análise em camadas, pois obterão a varredura total do sistema com vistas à defesa e a identificação dos acessos, mas sem comprometer a

funcionalidade do sistema. Porém, a proteção envolvendo esses algoritmos não é simples, sendo necessário um processamento de *hardware* personalizado (ASTARLOA *et al.*, 2016). Então, mesmo que os custos das soluções contra os ataques cibernéticos sejam expressivos, eles representam um custo menor em relação aos possíveis danos sem a tecnologia de segurança (CHO; WOO, 2017).

### 3.3.7 Simulações

Nas últimas décadas, a simulação por computador tornou-se indispensável para os sistemas de negócios, principalmente nos usos operacional e estratégico (RODIČ, 2017). Ela tem a função de mapear variáveis de decisão e desempenho em função do tempo, fundamentais para a verificação do comportamento de um sistema, e tem a pretensão de solucionar e evitar gargalos na produção (HOSSEINPOUR; HAJIHOSSEINI, 2009; SMITH, 2003).

O uso das simulações em processos de produção colabora nas reduções de falhas e de tempo inativo nas linhas (SIMONS; ABÉ; NESER, 2017), além de melhorar rapidamente a qualidade da tomada de decisão nas fábricas (SCHUH *et al.*, 2014). Com isto, as simulações testam a eficácia das mudanças e verificam a previsão do valor agregado final para os usuários, sem que elas sejam realizadas fisicamente (MONOSTORI, 2014; MORENO *et al.*, 2016).

### 3.3.8 Robôs autônomos

As empresas utilizam robôs desde a Terceira Revolução Industrial, mas atualmente atendem tarefas muito mais complexas, tornando-se autônomos, cooperativos e flexíveis (RÜSSMANN *et al.*, 2015). De acordo com Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), os robôs autônomos são usados para trabalhos de precisão nas linhas de produção e em locais restritos aos trabalhadores humanos. Além disso, podem executar tarefas dentro do tempo determinado (BAHRIN *et al.*, 2016), focando na customização em massa (PAWAR; LAW; MAPLE, 2016).

Os robôs podem oferecer sugestões de *design*, desempenho operacional, eficiência energética e manutenção para que ocorra alterações e melhorias de flexibilidade e funcionalidade (LEE; KAO; YANG, 2014). Além disso, a necessidade

de estabelecer protocolos de segurança é primordial aos robôs autônomos, pois ajudam os humanos a desenvolver suas atividades (DOPICO *et al.*, 2016). Eles devem aprender de forma independente, adaptando-se nos ambientes em que estão, com a finalidade de auxiliar os seres humanos (BLOEM *et al.*, 2014). Assim, eles fazem o seu papel na indústria e tornam-se adequados para a maioria dos setores (BECHTOLD *et al.*, 2014).

### 3.3.9 *Big Data*

Devido a modernização, a disponibilidade e a acessibilidade de sensores, de máquinas e da *Internet*, o mercado obriga as empresas a implementarem metodologias de alta tecnologia dentro das fábricas (LEE; BAGHERI; KAO, 2015). Logo, o uso dessas tecnologias torna-se cada vez mais acessível em inúmeros setores, resultando em dados de grande volume, conhecidos como *Big Data* (SHI *et al.*, 2011; LEE *et al.*, 2013).

De acordo com Gerhardt, Griffin e Klemann (2012) e Katal, Wazid e Goudar (2013), o *Big Data* é caracterizado por alguns componentes: variedade, volume, velocidade, variabilidade, complexidade e valor. Porém, estes atributos serão potencializados se a empresa identificar e analisar oportunidades para o uso dos dados, a integração sistemas, a criação bancos de dados sólidos e a administração de estruturas de *software* (INTEL IT CENTER, 2015).

Para Manyika *et al.* (2011), os dados estão presentes em todas as funções dos negócios e são muito importantes na produção, juntamente com o trabalho e o capital. Portanto, o *Big Data* resolverá vários problemas em que a tecnologia atual não permite, sendo o aumento da produtividade e a redução do desperdício os mais beneficiados (SALIM, 2012).

O *Big Data* lida com alguns desafios, como: dificuldades na captura, armazenamento, compartilhamento, análise e visualização de dados, além do poder limitado do hardware (CHEN; ZHANG, 2014). Entretanto, muitas organizações nas áreas de inteligência nacional, segurança cibernética, detecção de fraudes, *marketing* e informática médica poderão resolver essas dificuldades (NAJAFABADI *et al.*, 2015).

### 3.4 Impactos da Indústria 4.0 na educação e no trabalho

Os fundamentos e tecnologias da Indústria 4.0 influenciarão a fabricação dos produtos (JABBOUR *et al.*, 2018). Entretanto, a Quarta Revolução Industrial não modificará somente os sistemas de produção, mas também o sistema de trabalho, substituindo a mão de obra tradicional pelas máquinas de alta tecnologia e, assim, afetando os trabalhadores (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018). Esta mudança permitirá novas interações entre funcionários e máquinas, com o intuito de aumentar a produção (ROMERO *et al.*, 2017).

De acordo com Dombrowski e Wagner (2014), as tarefas de produção executiva e de trabalho geral diminuíram, enquanto as tarefas de melhorias de falhas e solução de problemas e a contribuição interdisciplinar aumentaram, estabelecendo um trabalhador multitarefas e solucionador de problemas. Para Kazancoglu e Ozkan-Ozen (2018), a auto-organização, a habilidade de resolver problemas complexos e o pensamento sobre processos sobrepostos também serão importantes para o trabalhador.

Segundo Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016), os sistemas ciberfísicos diminuirão as tarefas rotineiras dos trabalhadores e ajudarão a focar em atividades diversificadas de trabalho e aprendizagem, principalmente em funções monótonas e não qualificadas e levarão a uma mudança da natureza do trabalho. De acordo com Hofmann e Rüsç (2017), o CPS poderá substituir o trabalho humano nos processos de fabricação e alguns produtos deixarão de ser produzidos em países subdesenvolvidos, de modo que as cadeias de suprimentos poderão ser transformadas devido a mudanças geográficas e afetarão os níveis operacional e estratégico das empresas.

Em relação a perspectiva relacionada as vagas de emprego na Indústria 4.0, há o pensamento otimista, no qual visa o aumento das condições de emprego e trabalho, e a visão pessimista, presumindo a diminuição do número de empregos em virtude da substituição de pessoas por robôs (PEJIC-BACH *et al.*, 2020). Em países desenvolvidos, como na Alemanha, os empregos de montagem e produção diminuirão na faixa dos 610 mil, mas serão compensados pela criação de 960 mil postos de trabalho totais, sendo 210 mil nas áreas de TI, análise de dados e pesquisa e desenvolvimento (LORENZ *et al.*, 2015).

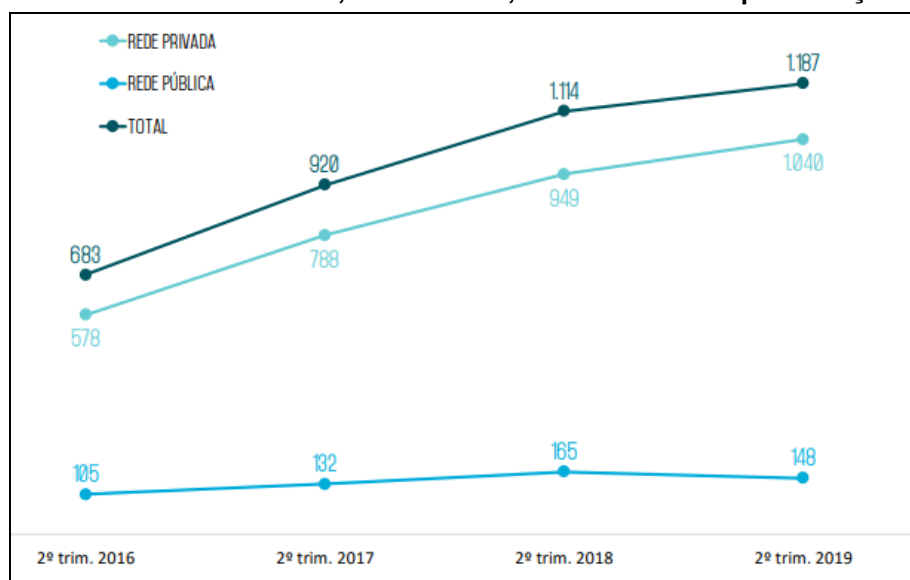
Entretanto, Erol *et al.* (2016), Shamim *et al.* (2016) e Kiel, Arnold e Voigt (2017) afirmam que um dos principais desafios da inserção da Indústria 4.0 é a falta de mão de obra qualificada, havendo a necessidade de treinamento para atender as circunstâncias. Neste sentido, as pós-graduações trazem possibilidades de treinamento e capacitação dos alunos para o mercado de trabalho (PAIVA *et al.*, 2017).

### 3.4.1 Pós-graduação *lato sensu*

A pós-graduação *lato sensu* foi criada com o objetivo de especializar os profissionais, tendo em vista a preparação dos alunos sobre determinada área de forma específica (TAURI; MAINARDES, 2015). De acordo com Pilati (2006), a versatilidade e a agilidade nas respostas a exigências específicas do mercado de trabalho, permitem que os cursos de pós graduação *lato sensu* sejam notados como mecanismos de disseminação do conhecimento por organizações, estudiosos e profissionais.

Segundo o Semesp (2019), 4,1% da população brasileira acima de 23 anos possui, pelo menos, um diploma nos mais de 73 mil cursos de pós-graduação *lato sensu* e mais de um milhão de alunos se matricularam em alguma especialização em 2019, conforme o Gráfico 8.

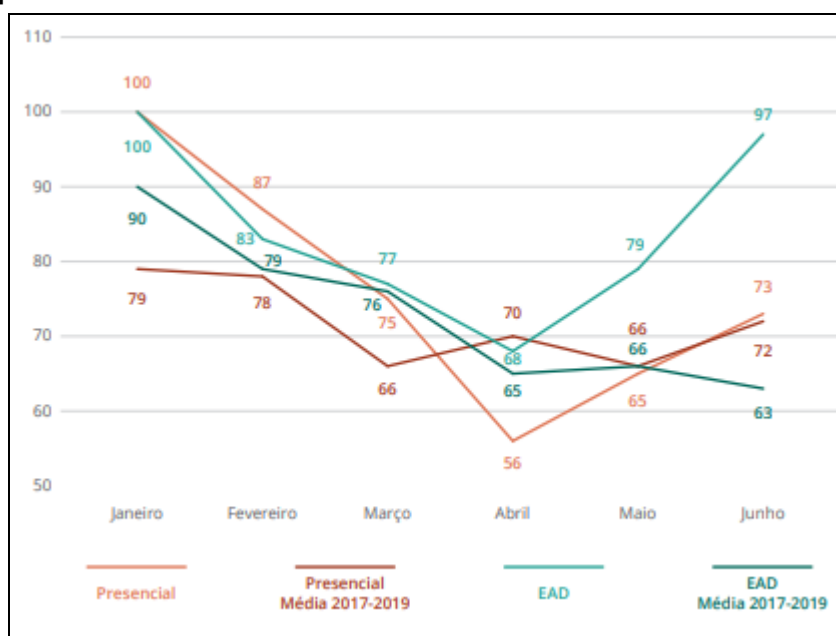
**Gráfico 8 - Número de estudantes, em milhares, nos cursos de especialização no Brasil.**



Fonte: Semesp (2019).

Porém, a pandemia do COVID-19 forçou a suspensão das aulas presenciais e a adoção do Ensino a Distância como modalidade para o seguimento dos cursos (SANTANA; SALES, 2020). De acordo com o estudo realizado pela Expertise Educação (2020), a procura pela palavra pós-graduação em EaD no *Google* aumentou após o mês de março de 2020 (mês do primeiro caso de COVID-19 no Brasil), conforme o Gráfico 9.

**Gráfico 9 - Volume de buscas utilizando a palavra pós-graduação e seus derivativos no *Google*, comparando as médias dos 3 anos anteriores ao COVID-19 e do 1º semestre de 2020.**



Fonte: Expertise Educação (2020).

Mesmo com estes números, o número de programas educacionais interdisciplinares, no qual utilizam a Indústria 4.0 como base, é menor do que o necessário (LORENZ *et al.*, 2015). Isso faz com que o desenvolvimento da Indústria 4.0 seja mais acelerado em relação ao volume de treinamento e capacitação dos estudantes (BENEŠOVÁ; TUPA 2017), principalmente nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.

#### 3.4.2 O profissional da área de Administração

Segundo Ramos (2018), a área da Administração desempenha um papel primordial nas organizações, devido aos conceitos e técnicas empregadas para gerenciar, supervisionar, planejar e executar as diversas atividades. Para Lemos e

Pinto (2008), o campo gerencial foi um dos mais afetados pelas implicações do mundo atual, razão pela qual a formação profissional do administrador é debatida nas instituições de ensino.

O administrador necessita de uma visão sistêmica da organização, tanto interno quanto externo, para definir estratégias, efetuar diagnósticos de situações, mensurar recursos e planejar suas aplicações, gerar inovação e solucionar problemas (GORGES; PASSOS; WOLLINGER, 2018). Além disso, as empresas estão em constantes mudanças para atender as exigências do mercado e se manterem competitivas (DUQUE; DIAS; FERREIRA, 2018).

Portanto, os administradores precisam de competências para responder as diversas situações imprevistas e lidar com as novas necessidades impostas, no qual são atribuídas ao longo do tempo, perante treinamentos e capacitações profissionais (RESENDE, 2000). Segundo Fleury e Jacobsohn (2003), essas aptidões inseridas no ambiente de trabalho criam vantagens competitivas para a empresa, através de novas inferências nas atividades destes profissionais.

#### 3.4.3 O profissional da área de Engenharia da Produção

De acordo com Cunha (2002), o profissional da área de Engenharia da Produção tem uma formação profissional e científica de base sólida, com capacidade de identificar, elaborar e resolver problemas de projetos, operações e sistemas de produção, visando suas características humanas, sociais, ambientais e econômicas, sendo ético e humanístico em benefício das necessidades da sociedade. A demanda principal destes profissionais vem das indústrias, com o intuito de atender à necessidade de prover produtos e serviços que combinem alta confiabilidade, inovação, preços competitivos e processos de fabricação e de distribuição sustentáveis (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A importância dos profissionais relacionados à Engenharia, principalmente com o intuito de desenvolver economicamente o país, é largamente debatida e aceita (AZEVEDO; GONTIJO, 2017). Segundo Silva *et al.* (2018), a correção de possíveis lacunas na formação do profissional em Engenharia da Produção é possível, porém é necessário ouvir o mercado e verificar quais são competências e habilidades exigidas. Isso é primordial em países como o Brasil, que visa melhorar a



tecnologia dentro de seu parque fabril e estabelecer um desenvolvimento econômico sustentado (SALERNO *et al.*, 2013).

A consequência natural é a atualização dos conteúdos ministrados nos cursos de graduação e de pós-graduação em Engenharia da Produção, de modo a preservar a concordância perante às necessidades mercadológicas das empresas (BORCHARDT *et al.*, 2009). Estes locais buscam profissionais qualificados para operar em ambientes complexos, caracterizados por problemas pouco definidos e por processos abstratos, dinâmicos e integrados (WESTERA, 2001).

#### 3.4.4 O profissional da área de Tecnologia da Informação

A Tecnologia da Informação está cada vez mais atuante nas atividades operacionais, de gestão e de planejamento das empresas, devido ao domínio e conhecimento de ferramentas que facilitam a circulação de informações e de conhecimento na empresa e, assim, contribuindo para os processos de tomada de decisão. (PAIVA; FERREIRA, 2013). Logo, o profissional de TI é um diferencial nas organizações, desde que as suas competências sejam desenvolvidas e aproveitadas adequadamente e em consonância com as expectativas da organização (CORREIA; JOIA, 2014).

Conforme a Resolução número 5 do Ministério da Educação, atribuída em 16 de novembro de 2016, verificou-se as áreas citadas abaixo tem diversos elementos igualitários. Com isso, unificou-se as áreas da Ciência da Computação, da Engenharia da Computação e de Sistemas de Informação para formar a área da Tecnologia da Informação, devido a sinergia que existem entre eles.

- Ciência da Computação: o profissional da Ciência da Computação atua para resolver problemas computacionais, propondo soluções através de ferramentas de software e sistemas de computação, administra a infraestrutura computacional e de sistemas embarcados, desenvolve estudos com o objetivo de desenvolver cientificamente e tecnologicamente a computação, além de criar de soluções computacionais inovadoras em qualquer domínio de conhecimento (CALSAVARA *et al.*, 2017).

- Engenharia da Computação: é um profissional que emprega teorias da Engenharia Eletrônica e da Ciência da Computação para o desenvolvimento de sistemas formados por *hardware* e *software*, aplicadas a áreas como a segurança cibernética, comunicação, automação industrial e comercial, inteligência artificial, biomedicina, entre outras (MIGUEL *et al.*, 2017).
- Sistemas de Informação: o profissional desta área realiza diagnósticos da empresa nas perspectivas da estratégia, dos processos e das estruturas, no qual avalia a qualidade da informação gerencial, estratégica e operacional que flui em cada caso e, em caso de problemas, desenvolve e executa uma solução, a qual pode ou não passar por *hardware* e *software* (FERREIRA; SILVA; NETO, 2000).

#### 4 METODOLOGIA DE PESQUISA

De acordo com Minayo (2007), a metodologia de pesquisa é o trajeto do pensamento, constituído principalmente pelos conceitos teóricos da abordagem selecionada e pela prática exercida na realidade, através do conjunto de técnicas. Para isso, usou-se a pesquisa qualitativa, no qual enfatiza a estratégia indutivista, construcionista e interpretativista das palavras (BRYMAN; BELL, 2011).

Uma das razões para a condução de um estudo qualitativo é a exploração do tema pelo autor, mediante ao pouco conteúdo sobre o assunto e o pesquisador desenvolve um entendimento baseado nas informações coletadas (CRESWELL, 2010). Isso foi evidenciado na RSL, no qual somente quatro periódicos científicos eram relacionados a Indústria 4.0 e possuíam temas relacionados à educação ou ao trabalho. Além disso, a pesquisa exploratória é comprovada quando há busca pela teoria da Indústria 4.0, bem como suas tecnologias e fundamentos.

Porém, esta pesquisa também tem como propósitos a verificação da existência de associações entre as variáveis e a determinação da natureza destas ligações (GIL, 2017). Esta relação é feita entre a Indústria 4.0, as tecnologias e os fundamentos, e a descrição é observada a partir das tecnologias e fundamentos da nova revolução industrial. Portanto, o presente trabalho tem como propósito a pesquisa exploratória-descritiva.

Para levantar informações acerca dos cursos e vagas de emprego, utilizou-se a base oficial dos cursos e Instituições de Ensino Superior (e-MEC), os portais das universidades públicas e particulares e os sites de empresas especializadas em recursos humanos. Este tipo de pesquisa é caracterizado como documental, no qual é coletado dados primários, através de documentos escritos ou não, e que podem ser feitas tanto no momento em que ocorre a situação, como depois (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Quando as pesquisas são relacionadas a documentos escritos, o método analítico mais utilizado é a análise de conteúdo (GIL, 2017). Este método é um conjunto de técnicas de análise que consistem em explicar e sistematizar o conteúdo das mensagens, através de deduções lógicas e justificadas (BARDIN, 2016). Segundo Vergara (2005), a análise de conteúdo é uma técnica para identificar o que está sendo dito a respeito sobre determinado tema. Considerando isso, a utilização

deste procedimento é para verificar como as qualificações técnicas são utilizadas para exercer as atividades relacionadas a Indústria 4.0 nas três áreas selecionadas.

Devido à utilização dos resultados e à finalidade do estudo, essa pesquisa é classificada como aplicada porque tem como objetivo principal levantar e verificar quais as qualificações técnicas necessárias aos trabalhadores das áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação para o exercício das atividades da Indústria 4.0 no Brasil. Segundo Gil (2017), a pesquisa aplicada compreende diversos estudos com a finalidade de resolver problemas identificados na sociedade em que o pesquisador vive, além de ser um estudo direcionado à obtenção de conhecimentos com propósitos à aplicação numa situação específica.

Para facilitar a compreensão, o Quadro 2 apresenta as etapas da metodologia de pesquisa.

**Quadro 2 - Metodologia de pesquisa.**

<b>Tipos de classificação</b>	<b>Classificação</b>
Problema	Qualitativo
Natureza	Aplicada
Objetivos	Exploratória-descritiva
Objeto	Documental
Procedimentos	Análise de conteúdo

**Fonte: autoria própria.**

#### **4.1 Matriz de amarração**

Em uma pesquisa acadêmica, o planejamento das etapas é mais longo que a execução, devido a formação das hipóteses de pesquisa com base na fundamentação teórica e a verificação do uso de técnicas adequadas com o objetivo de diminuir erros e readequações (MAZZON, 2018). Para isso, a matriz de amarração é oportuna porque oferece uma abordagem sistêmica para a ligação entre o modelo utilizado, os objetivos a serem atingidos, as hipóteses elaboradas e os tratamentos de dados qualitativos (TELLES, 2001).

O Quadro 3 apresenta a matriz de amarração do presente estudo:

**Quadro 3 - Matriz de amarração.**

Objetivo geral	Objetivos específicos	Conceitos chave a partir do referencial teórico	Coleta e análise de dados
<p>Verificar como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação no Brasil.</p>	<p>Levantar os fundamentos e tecnologias a respeito da Indústria 4.0 mais valorizados pelos pesquisadores nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;</p>	<p>Indústria 4.0, fundamentos da Indústria 4.0, pilares da Indústria 4.0 e os impactos da Indústria 4.0 na educação e no trabalho.</p>	<p>Revisão de literatura</p>
	<p>Verificar os fundamentos e tecnologias sobre a Indústria 4.0 mais valorizados pelo ensino nos cursos de pós-graduação <i>lato sensu</i>, nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;</p>		<p>Análise de conteúdo</p>
	<p>Investigar as principais exigências de capacitação dos colaboradores a respeito da Indústria 4.0 mais valorizadas pelo mercado de trabalho nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;</p>		
	<p>Comparar a importância dos conceitos da Indústria 4.0 entre os cursos de pós-graduação e a capacitação prática exigida pelo mercado de trabalho nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.</p>		

Fonte: autoria própria, com base em Telles (2001).

## 4.2 População e amostragem

Neste estudo, utilizou-se três tipos de fontes de informação:

- A base oficial dos cursos e Instituições de Ensino Superior (e-MEC) para a verificação dos cursos de pós-graduação, relacionados a Indústria 4.0 nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Os portais das Instituições de Ensino Superior públicas e particulares, com o objetivo de retirar dados qualitativos relacionados as disciplinas dos cursos de especialização; e
- Os sites de empresas especializadas em anúncios de emprego, com o propósito de obter dados qualitativos relacionados as vagas de emprego nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.

A coleta das informações ocorreu entre março e julho de 2021, caracterizando um projeto de pesquisa transversal. Segundo Bryman e Bell (2011), os recortes transversais envolvem a coleta de dados em mais de um caso e em um único período de tempo, a fim de coletar um conjunto de dados qualitativos em duas ou mais variáveis, no qual são frequentemente examinadas nas análises de conteúdo para detectar associações padronizadas.

#### 4.2.1 Primeiro recorte

Para verificar a quantidade de cursos total, utilizou-se o e-MEC como fonte de informação dos cursos de pós-graduação relacionados à Indústria 4.0. Esta base de dados dá informações relativas às IES subordinadas ao Sistema Federal de Ensino, ou seja, os cursos de graduação e pós-graduação ministrados no país (BRASIL, 2020).

Na base de dados, conforme a Figura 11, utilizou a Consulta Avançada como aba de pesquisa e as especificações: Buscar por: Curso de Especialização; e Curso: Indústria 4.0. As outras especificações não foram utilizadas.

**Figura 11 - Base de dados e-MEC.**

**Fonte: e-MEC (2020).**

No total, foram verificados oitenta e dois resultados de cursos de pós-graduação relacionados à Indústria 4.0, caracterizando a população do primeiro recorte. Após a consulta no portal oficial do governo brasileiro, usou-se as listas de cursos fornecidas para pesquisar os planos de aula de cada especialização. Neste processo, verificou-se um a um os sites das IES, com o objetivo de averiguar e selecionar as informações necessárias para a futura análise de conteúdo.

Para isso, utilizou-se alguns critérios de exclusão:

- Inatividade dos cursos, segundo os dados do e-MEC;
- Cursos fora das áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação, segundo os dados do e-MEC;
- Cursos que estão na base de dados, mas não estão no site da instituição de ensino; e
- Cursos que possuem a matriz curricular, mas não possuem os conteúdos ministrados.

Após essa separação, cinquenta e oito cursos de pós-graduação foram excluídos, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Cursos excluídos para a amostragem.**

<b>Critérios de exclusão</b>	<b>Cursos de pós-graduação</b>
Cursos inativos	2
Cursos fora das áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação	0
Cursos que fazem parte da base de dados, mas não estão no site da instituição de ensino	14
Cursos que não possuem a ementa relacionada	42
<b>Total de cursos excluídos</b>	<b>58</b>

**Fonte: autoria própria.**

O restante dos cursos de pós-graduação é a amostragem utilizada na análise de conteúdo, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 - Amostragem dos cursos de pós-graduação.**

<b>Áreas</b>	<b>Número de cursos de pós-graduação</b>	
	Presencial	EaD
Administração	2	2
Engenharia da Produção	6	12
Tecnologia da Informação	1	1
<b>Amostragem</b>	<b>24</b>	

**Fonte: autoria própria.**

#### 4.2.2 Segundo recorte

No segundo recorte, para a seleção da documentação relacionada as vagas de emprego, utilizou-se dois sites:

- *Indeed*;
- *InfoJobs*;

Nestes dois sites empregou-se a palavra-chave Indústria 4.0 como filtro de pesquisa, conforme a Figura 12.



**Figura 12 - Filtro de pesquisa no site InfoJobs.**



Fonte: InfoJobs (2021).

No total, foram verificados noventa e sete resultados de vagas de emprego relacionados à Indústria 4.0, caracterizando a população do segundo recorte. Após a consulta nos dois portais de emprego, usou-se as informações para gerar uma amostragem relacionada as vagas de trabalho.

Para isso, utilizou-se alguns critérios de exclusão:

- Vagas de emprego fora das áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação;
- Vagas duplicadas nos sites de classificados de emprego;
- Vagas relacionadas a estágio.

Após estes critérios de seleção, quarenta vagas de emprego foram excluídas, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Vagas de empregos excluídas para a amostragem.**

<b>Critérios de exclusão</b>	<b>Empregos</b>
Vagas relacionadas a estágio	3
Vagas de empregos fora das áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação	35
Vagas de emprego repetidas	3
<b>Total de cursos excluídos</b>	<b>41</b>

Fonte: autoria própria.

O restante das vagas de emprego é a amostragem utilizada na análise de conteúdo, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4 - Amostragem das vagas de emprego.**

<b>Áreas</b>	<b>Número de vagas de emprego</b>
Administração	11
Engenharia da Produção	13
Tecnologia da Informação	32
<b>Amostragem</b>	<b>56</b>

Fonte: autoria própria.

### 4.3 Análise de conteúdo

O método qualitativo utilizado para explorar os dados existentes na documentação foi a análise de conteúdo. De acordo com Bardin (2016), a análise de conteúdo é dividida em três etapas:

- Pré-análise;
- Exploração do material; e
- Tratamento, inferência e interpretação dos resultados.

#### 4.3.1 Pré-análise

A pré-análise é a seleção do material e a definição dos procedimentos a serem implementados ao decorrer da pesquisa (VERGARA, 2005). Segundo Bardin (2016), esta etapa tem o objetivo de conduzir a um plano de desenvolvimento das operações, através das escolhas dos documentos e das informações para a interpretação final.

Com isso, utilizou-se a primeira etapa para realizar a coleta e a leitura flutuante da documentação, no qual selecionou oitenta e dois documentos relacionados aos cursos de pós-graduação e noventa e sete documentos relacionados às vagas de emprego. A escolha dos documentos foi determinada *a priori*, com o objetivo de identificar elementos em comum.

Após a demarcação do conjunto de documentos, foi necessário delimitar um *corpus* do trabalho. Para Bardin (2016), o *corpus* é o conjunto de documentos a serem analisados, por meio de quatro regras:

- Exaustividade: todos os documentos foram verificados, conforme a etapa da população e amostragem;
- Representatividade: as amostras selecionadas representam o tema Indústria 4.0;
- Homogeneidade: todos os dados referem-se ao mesmo tema, ou seja, a Indústria 4.0 e foram selecionadas por uma mesma técnica;
- Pertinência: os documentos foram adequados para corresponder o objetivo da análise.

Portanto, nesta passagem determinou-se a preparação do material, através de:

- Vinte e quatro cursos de pós-graduação ativos, nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação, com ementas e relacionados a Indústria 4.0; e
- Cinquenta e seis vagas de emprego, nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação e relacionados a Indústria 4.0.

#### 4.3.2 Codificação

A etapa da codificação consiste na exploração do material selecionado, bem como a escolha das categorias. Segundo Bardin (2016), nesta etapa há uma transformação de dados brutos, por meio de regras, no qual permite a classificação do texto. Neste momento, define-se as unidades de registro e de contexto.

Para Bardin (2016), as unidades de registro correspondem à palavra ou segmento de conteúdo apontado como unidade base para a pesquisa. Ela possui algumas classificações, como tema, palavra e personagem. Utilizou-se a análise temática, nos quais as tecnologias da Indústria 4.0 fazem parte das unidades de registro.

Em relação às unidades de contexto, Bardin (2016) classifica como uma excelente unidade para ajudar a compreender os significados das unidades de

registro, devido à sua dimensão ser maior. Para Franco (2005), ela é considerada como pano de fundo para as unidades de registro. Portanto, utilizou-se conteúdos referentes ao contexto das tecnologias da Indústria 4.0, por meio das ementas dos cursos de pós-graduação e das descrições dos cargos encontrados no *corpus* do trabalho, como unidades de contexto.

#### 4.3.3 Categorização

De acordo com Bardin (2016), a categorização é uma forma de classificar elementos constitutivos de um conjunto por distinção e, após isso, a junção destes componentes de acordo com o seu gênero, seguindo regras previamente definidas, tais como:

- Exclusão mútua: o elemento só poderá existir em uma categoria;
- Homogeneidade: em um conjunto, haverá apenas um registro com uma dimensão de análise;
- Pertinência: as categorias a serem analisadas deverão estar em sincronia com os objetivos do trabalho;
- Objetividade e fidelidade: não haverá distorções relacionadas à subjetividade dos codificadores devido a clareza nas escolhas das categorias;
- Produtividade: as categorias são produtivas se os resultados são férteis em índices de inferências, em hipóteses novas e em dados exatos.

Segundo Franco (2005), existem quatro tipos de categorização: semântico, léxico, sintático e expressivo. Neste trabalho, utilizou-se a categorização lexical, com o intuito de classificar as palavras, de acordo com os sentidos e sinônimos. Após a escolha da caracterização lexical, verificou-se as categorias de contexto e de análise.

Estas categorias foram definidas com base nos objetivos geral e específicos da pesquisa e embasadas pelo conhecimento adquirido na revisão sistemática de literatura. Então, definiu-se a Indústria 4.0 como categoria de contexto e todas as tecnologias da nova revolução industrial como categorias de análise do estudo.

Portanto, a Tabela 5 apresenta três elementos constituintes da análise de conteúdo (unidades de registro, categoria de contexto e categorias de análise), bem

como a frequência das unidades de registro, separados em cursos de pós-graduação e vagas de emprego.

**Tabela 5 - Frequência das unidades de registro.**

Categoria de contexto	Categoria de análise	Unidades de registro	Frequência das unidades de registro			
			Cursos de pós-graduação		Vagas de emprego	
			Números	%	Números	%
Indústria 4.0	Tecnologias	Sistemas integrados	26	12,94	24	35,82
		<i>Internet</i> das Coisas	29	14,43	3	4,48
		Computação em nuvem	9	4,48	1	1,49
		Manufatura aditiva	15	7,46	0	0,00
		Realidade aumentada	7	3,48	0	0,00
		Segurança da informação	23	11,44	0	0,00
		Simulações	17	8,46	0	0,00
		Robôs autônomos	16	7,96	0	0,00
		<i>Big Data</i>	59	29,35	39	58,21
<b>Total</b>			201	100,00	67	100,00

Fonte: autoria própria.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Indústria 4.0 desafia o mundo do trabalho com mudanças rápidas e marcantes, principalmente relacionadas a questão das competências e perfis de trabalho (FARERI et al., 2020). Segundo Grzelczak, Kosacka e Werner-Lewandowska (2017), isto provoca muitas lacunas nos estudos, devido a implantação de novos conceitos relacionados as tecnologias, além de mudanças nas aptidões necessárias para o desenvolvimento das indústrias e dos funcionários.

Portanto, após a realização da análise de conteúdo, com intuito de atender aos objetivos geral e específicos, apresenta-se os resultados necessários para a relação das qualificações técnicas com a Indústria 4.0, nas áreas de Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação.

### 5.1.1 Administração

No que diz respeito aos cursos de pós-graduação em Administração, as Instituições de Ensino Superior focam nas áreas de recursos humanos, logística, manufatura e *marketing* para implementar os conceitos relacionados as tecnologias da Indústria 4.0. Estes cursos apresentaram sete tecnologias, conforme a Tabela 6.

**Tabela 6 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Administração.**  
(Continua)

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Sistemas integrados	Interfaces homem-máquina; CRM; ERP; SAP; integração da cadeia de valor; logística integrada; integração horizontal e vertical dos processos e sistemas; integração digital de clientes e fornecedores; integração e segurança; e integração entre dados, clientes e soluções inteligentes.	13	33,33

**Tabela 6 – Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Administração. (Conclusão)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	<i>Internet das Coisas</i>	Elementos da <i>IloT</i> ; <i>Internet</i> dos Serviços; e sensoriamento industrial	5	12,82
	Realidade aumentada	Aplicações de realidade aumentada e virtual	1	2,56
	Manufatura aditiva	Manufatura aditiva e prototipação rápida	1	2,56
	Simulações	Prototipagem física e virtual; simulação e escalonamento; e manufatura virtual	3	7,69
	Robôs autônomos	Sistemas autônomos; e robótica colaborativa e autônoma	2	5,13
	<i>Big Data</i>	Ferramentas <i>BI</i> ; <i>opendata</i> ; algoritmos de aprendizagem; arquitetura informacional; <i>design thinking</i> ; modelagem estatística; inteligência artificial; testes de <i>turing</i> ; <i>data mining</i> ; e <i>machine learning</i>	14	35,90
<b>Total</b>			39	100,00

**Fonte: autoria própria.**

O *Big Data* foi a tecnologia mais vista na análise de conteúdo relacionada à Administração, devido ao número de matérias relacionadas ao *marketing*. Dos quatro cursos analisados, três possuíam matérias relacionadas a este tema. Segundo Rivera (2015), o *Big Data* ganhou força nesta área devido ao grande volume de dados utilizados para estimular o relacionamento com o cliente, a melhoria dos resultados de marketing e a medição da confiabilidade interna das empresas.

Outra tecnologia a ser destacada são os sistemas integrados. Os quatro cursos oferecem matérias relacionadas a esta tecnologia, diversificadas nas áreas de logística, manufatura e recursos humanos. Segundo Filho *et al.* (2014) e Silva e

Galegare (2020), sistemas como o ERP (*Enterprise Resource Planning*) e o CRM (*Customer Relationship Management*) são extremamente importantes para a integração de diversos processos, devido à consolidação de informações em diversas áreas da empresa e à manutenção de relacionamentos rentáveis com os clientes a partir do uso da tecnologia.

Além do *Big Data* e dos sistemas integrados, as tecnologias *Internet* das Coisas, realidade aumentada, manufatura aditiva, simulações e robôs autônomos foram mencionadas indiretamente em matérias relacionadas a manufatura, tais como: elementos da *Internet* Industrial das Coisas, sensoriamento industrial, aplicações de realidade aumentada e virtual, prototipagem física e virtual, sistemas autônomos e robótica.

Observa-se também o fundamento da integração com grande destaque, principalmente nas áreas da manufatura e logística, através dos ensinamentos sobre a cadeia de valor e as integrações com os clientes e fornecedores e a integração horizontal e vertical de sistemas. Estes conceitos são utilizados para evidenciar como os produtos, processos, dados e sistemas de produção e gestão se interagem na Indústria 4.0 (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Em relação às vagas de emprego, sete publicações citam a Indústria 4.0 no geral, porém não especificam o uso da tecnologia. Estas empresas somente especificam que o candidato necessita de conhecimentos relacionados a Indústria 4.0. Enquanto que duas empresas citam o ERP da marca SAP como qualificação necessária para o preenchimento da vaga e outra empresa menciona o MES (Manufacturing Execution System), conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Administração.**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Sistemas integrados	SAP e MES	3	100,00
<b>Total</b>			3	100,00

Fonte: autoria própria.



### 5.1.2 Engenharia da Produção

Diferentemente da Administração, as especializações relacionadas à Engenharia da Produção não possuem enfoque nas áreas relativas ao curso. Todos os cursos possuem como título Indústria 4.0 ou similares. Estes cursos apresentam as nove tecnologias, conforme a Tabela 8.

**Tabela 8 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Engenharia da Produção. (Continua)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Sistemas integrados	<i>Machine-to-machine</i> ; integração da manufatura digital com tecnologias da Indústria 4.0, sistemas de automação e MES; sistemas integrados de gestão e ERP; e integração de processos de negócios	11	14,47
	<i>Internet das Coisas</i>	Infraestrutura de IoT; redes de sensores sem fio; padrões de comunicação sem fio aplicados a IoT; protocolos de comunicação para IoT; e plataformas de integração de dados para IoT	7	9,21
	Computação em nuvem	Arquitetura, segurança e infraestrutura para computação em nuvem	1	1,32
	<i>Big Data</i>	Mineração de processos; logs de eventos, modelos <i>WF-Net</i> ; redes causais, <i>data mining</i> ; mineração organizacional; linguagem R; fundamentos de <i>data cleaning</i> ; <i>design thinking</i> ; compreensão dos princípios da geração, armazenamento, extração e análise de dados; manipulação de dados e estudo de suas categorias ( <i>social data</i> , <i>enterprise data</i> e <i>personal data</i> ); e redes neurais	21	27,63

**Tabela 8 – Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Engenharia da Produção. (Continuação)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Manufatura aditiva	Princípios de manufatura aditiva; fabricação por adição de camadas; classificação das tecnologias de manufatura aditiva; otimização do planejamento de processos em manufatura aditiva; e sistemas de modelagem geométrica direcionados a manufatura aditiva	5	6,58
	Segurança da Informação	Melhores práticas na segurança da informação; normas para a segurança de sistemas automatizados; visão geral da segurança da informação; mecanismos de autenticação; segurança física e lógica; controle de acesso; protocolos de aplicação usados para transmissão segura de dados e plataformas; e metodologias de auditoria e segurança	10	13,16
	Robôs autônomos	Características construtivas de robôs e aplicações industriais; componentes de um robô; <i>hardware</i> e programação de robôs industriais; robôs autônomos e técnicas de inteligência artificial; e modelagem dinâmica de um robô de cadeia aberta	6	7,89
	Realidade aumentada	Definição de realidade aumentada e virtual; e ferramentas e técnicas de iteração para desenvolvimento de realidade aumentada e virtual	2	2,63

**Tabela 8 – Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Engenharia da Produção. (Conclusão)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Simulações	Simulação como pilar da Indústria 4.0; teoria das filas; modelagem e análise de sistemas a eventos discretos; ciclo de desenvolvimento de projeto de simulação; uso de simulação computacional como ferramenta para tomada de decisão e avaliação de impactos de mudanças relacionadas a implantação da Indústria 4.0; melhorias de <i>layout</i> na fábrica; formação de famílias de produtos e redução de estoques; classificação dos modelos de simulação; descrição de uma metodologia para o desenvolvimento de projetos de simulação; definição conceitual de processos estocásticos; conceito de variável aleatória discreta e de variável aleatória contínua e suas respectivas distribuições de probabilidades associadas à simulação; e métodos para a geração de números aleatórios e sua importância para o desenvolvimento da área de simulação	13	17,11
<b>Total</b>			76	100,00

**Fonte: autoria própria.**

Conforme visto nos cursos relacionados à Administração, os sistemas integrados como o MES e o ERP, são ferramentas essenciais para a união de diversos processos dentro da empresa. Portanto, os cursos de pós-graduação em Engenharia da Produção ensinam estas ferramentas, além da integração da

manufatura digital com tecnologias da Indústria 4.0. Isto permite um sistema de fabricação flexível e reconfigurável, por meio de máquinas inteligentes, no qual formam um sistema auto-organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos (ALBERTIN *et al.*, 2017).

Já a aprendizagem do *Big Data* na Engenharia da Produção possui um foco diferenciado. Nesta área, o *Big Data* é predominantemente utilizado para tomadas de decisão, no qual utilizam ferramentas como as redes neurais, a programação em linguagem R e a mineração de processos e dados para complementar os processos. De acordo com Habitzreiter e Bamberg (2015), o *Big Data* pode facilitar no *layout* e nos indicadores de processos, na gestão da manutenção, na alteração e melhoria de produtos e na prestação de serviços.

Com relação à *Internet* das Coisas, as especializações concentraram as atenções na infraestrutura (sensores) e protocolos de comunicação para IoT, além de plataformas de integração de dados. Esta tecnologia utiliza a coleta, o processamento e a análise de dados gerados por sensores IoT, no qual são integrados através de sistemas flexíveis e utilizados para rastrear processos e produtos, além de agilizar as tomadas de decisão (ROUTRAY *et al.*, 2020).

Na simulação, a aprendizagem é baseada em modelagens e análise de sistemas com variáveis aleatórias e discretas e ferramentas para tomada de decisão e avaliação de impactos de mudanças relacionadas à implantação da Indústria 4.0. Para isso, são utilizados modelos reais ou imaginários para compreender o comportamento de um processo de manufatura, no qual podem reproduzir uma estrutura básica do modelo fabril, trazendo informações como *layout*, recursos e estrutura física, assim como detalhamentos dos processos, volumes e tempo de produção (MOURTZIS *et al.*, 2019).

Outro foco de ensino nas especializações relacionadas à Engenharia de Produção é a segurança da informação. De acordo com Ianani *et al.* (2021), as instalações industriais são vulneráveis devido ao nível alto de automação e conexão com redes externas. Então, estes cursos contribuem para a aprendizagem de normas para a segurança de sistemas automatizados, mecanismos de autenticação, segurança física e lógica, protocolos de aplicação usados para transmissão segura de dados e plataformas e metodologias de auditoria e segurança.

Além destas tecnologias, as demais apareceram nas ementas dos cursos de pós-graduação, por meio da arquitetura e infraestrutura da computação em nuvem,

princípios e classificações da manufatura aditiva, definições, ferramentas e técnicas da realidade aumentada e características construtivas e aplicações de robôs autônomos.

Os cursos de pós-graduação em Engenharia da Produção também ensinam os fundamentos relacionados a Indústria 4.0. Dez dos dezoito cursos citam características relacionadas a digitalização, interoperabilidade, integração e capacidade em tempo real, conforme o Quadro 4.

**Quadro 4 - Fundamentos da Indústria 4.0 nos cursos de pós-graduação em Engenharia da Produção.**

<b>Fundamentos</b>	<b>Características</b>
Digitalização	Levantamentos e decisões de projeto necessárias para a implantação da Indústria 4.0; análise da base industrial instalada; modelos conceituais de inovação; avaliação de maturidade; diagnóstico de projetos industriais; e ecossistemas para o desenvolvimento da Indústria 4.0
Interoperabilidade	Interoperabilidade de sistemas
Integração	Sistemas de informação industriais; integração de sistemas e planejamento do ciclo de vida do produto; e integração, compartilhamento e segurança de informações de manufatura.
Capacidade em tempo real	Visão integrada da função planejamento dentro das organizações, desde a gestão de demanda até o processo de suprimento; processo de planejamento de distribuição; e produção de materiais sob o ponto de vista de ferramentas e modelo de gestão e métricas.

**Fonte: autoria própria.**

No que diz respeito aos empregos na área de Engenharia da Produção, as empresas procuram pessoas capacitadas em programação, análise de dados, sistemas integrados de gestão e conhecimentos de sistemas de automação, conforme a Tabela 9.

**Tabela 9 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Engenharia da Produção.**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	<i>Big Data</i>	C#; MSSQL; <i>data analytics</i> ; <i>Tableau</i> ; <i>Power Bi</i> ; interfaces entre banco de dados e dashboards; <i>Qlik Sense</i> ; <i>Minitab</i> ; coleta e aquisição de dados; JSON; e XML.	7	29,17
Tecnologias	Sistemas integrados	MES; mapeamento do processo e fluxos de trabalho; integração com equipamentos e periféricos industriais; ERP; conhecimento de arquitetura de sistemas industriais com harmonização aos sistemas corporativos; e conhecimentos de integração com a camada de automação	17	70,83
<b>Total</b>			24	100,00

Fonte: autoria própria.

### 5.1.3 Tecnologia da Informação

Por último, os cursos de pós-graduação relacionados a Tecnologia da Informação fornecem todo o suporte necessário para o aprimoramento de processos e operações dentro da Indústria 4.0, tanto no físico como no virtual. Para isso, os dois cursos apresentam as nove tecnologias, conforme a Tabela 10.

**Tabela 10 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Tecnologia da Informação. (Continua)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Sistemas integrados	Fundamentos de sistemas ciberfísicos	2	2,33

**Tabela 10 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Tecnologia da Informação. (Continuação)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Realidade aumentada	Conceitos e fundamentos da realidade virtual e realidade aumentada; e gestão de ativos com realidade virtual e aumentada	4	4,65
	<i>Internet das Coisas</i>	Definição e fundamentos de IoT; conceito de computação ubíqua; RSSF (redes de sensores sem fio); <i>digital twin</i> ; sensores e coleta de dados; plataformas de desenvolvimento de IoT; modelo de camadas OSI; e protocolos combinados (SOAP, MQTT e OPC-UA)	17	19,77
	Computação em nuvem	Análises financeira e de risco para migração para nuvem; avaliações objetivas para definição de novas implantações em nuvem; requisitos do <i>cloud council</i> ; 5Rs do <i>Gartner</i> ; e impactos nos processos de negócio e de TI (ITIL, COBIT, ISO 27001) com a transição para a nuvem	8	9,30
	Robôs autônomos	Princípios de robótica e de sistemas autônomos; aplicações em robótica; VANTs (drones); e inspeção robotizada, exoesqueletos e veículos autônomos	8	9,30
	Simulações	Otimização na produção por meio de simulação	1	1,16

**Tabela 10 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Tecnologia da Informação. (Continuação)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Manufatura aditiva	Fundamentos de ciências dos materiais na indústria; materiais modernos na Indústria 4.0; materiais compósitos; impressão 3D e prototipagem rápida; tipos de tecnologias de prototipagem rápida; aplicação de manufatura aditiva na indústria (produção, manutenção e distribuição); e customização em massa	9	10,47
	Big Data	Inteligência artificial; <i>design thinking</i> ; definição e fundamentos de BI; análise de dados estruturados e não estruturados; processos de ETL ( <i>extract, transform and load</i> ); modelagem estatística; <i>data mining</i> ; <i>data lake</i> ; <i>data warehouse</i> ; OLAP ( <i>online analytical processing</i> ); ferramentas para construção de dashboards; ciência de dados; <i>data analytics</i> ; redes neurais artificiais <i>feedforward</i> ; redes neurais artificiais convolucionais e recorrentes; <i>Python</i> (variáveis, tipo de dados, funções, condições, iteração) e bibliotecas Python ( <i>NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn, PyTorch, TensorFlow</i> )	24	27,91



**Tabela 10 - Resultado da análise de conteúdo das pós-graduações em Tecnologia da Informação. (Conclusão)**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	Números
	Segurança da Informação	Fundamentos e aplicações de <i>Blockchain</i> ; criptografia; assinaturas digitais; nós e carteiras; transações e estrutura dos blocos; mineração; fundamentos de segurança cibernética; análise de risco e políticas de segurança; avaliação de sistemas de segurança existente; técnicas e soluções de apoio à segurança e segurança em sistemas de supervisão; e segurança de portas de acesso	13	15,12
	<b>Total</b>		86	100,00

**Fonte: autoria própria.**

Nas matérias relacionadas a *Internet* das Coisas, os protocolos de comunicação entre máquinas, como o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), SOAP (*Simple Object Access Protocol*) e OPC-UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*), a infraestrutura de redes e sensores e o *digital twin* são as principais características. Estes atributos levam a uma infraestrutura de rede baseada em protocolos de comunicação que atribui interface inteligente aos instrumentos físicos e virtuais, integrando-as perfeitamente a redes de informações (VERMESAN; FRIESS, 2011).

Com relação à computação em nuvem, as especializações destacam as implicações financeira, tecnológica e de risco para a migração de dados. Segundo Picoto, Crespo e Carvalho (2021), os fornecedores estão mais preocupados com o poder computacional e as reduções de custos, enquanto que os profissionais de TI estão receosos com a compatibilidade da nuvem em aos sistemas de informação e as necessidades nas empresas, além de não ter a certeza sobre a segurança e padronização que os serviços de nuvem podem oferecer.

Na manufatura aditiva, os fundamentos e características dos materiais, os tipos de tecnologia para a prototipagem e a aplicação na indústria são os principais aspectos relacionados a esta tecnologia. Para a produção de protótipos por meios convencionais, emprega-se diversos processos e maquinários, enquanto que uma impressora 3D produz em poucas etapas a mesma peça e com a vantagem de não desperdiçar material (RODRIGUES *et al.*, 2016).

A segurança da informação é observada nas ementas, por meio do *Blockchain*, da criptografia e das políticas de segurança cibernética. Entre as tecnologias da Indústria 4.0, a segurança da informação é um dos principais desafios enfrentados pelas corporações, devido aos avanços das tecnologias que conectam os equipamentos por meio de redes computacionais internas e externas a empresa e também pela evolução das ameaças cibernéticas (AZAMBUJA; ALMEIDA, 2021).

Os robôs autônomos também se destacam, por meio das aplicações e princípios em robótica, principalmente em drones e veículos autônomos. De acordo com Amoretti e Reggiani (2010), o desenvolvimento tecnológico da pesquisa em robótica levará à comercialização de robôs que podem desempenhar um papel fundamental no apoio às pessoas, principalmente em suas tarefas diárias.

Quanto ao *Big Data* dentro dos cursos de Tecnologia da Informação, as ferramentas de BI (*Business Intelligence*), a análise de dados estruturados e não estruturados, *data analytics*, as redes neurais e a programação em *Python* dominam a frequência de visualização. Esta tecnologia traz grandes oportunidades para vários setores, mas também apresenta desafios sem precedentes para o aproveitamento de volumes cada vez maiores de dados, no qual a análise de dados avançada é essencial para entender as relações entre os recursos e informações (OUSSOUS *et al.*, 2018).

Nos fundamentos, a integração aparece em um dos cursos da pós-graduação em TI, através da integração da cadeia de suprimentos e de sistemas de manufatura. Devido ao aumento de serviços ao cliente, a gestão da cadeia de suprimentos requer a integração de processos, além da excelência operacional das corporações (HILSDORF; ROTONDARO, PIRES, 2009).

As vagas de emprego focam nas tecnologias do *Big Data*, da *Internet das Coisas*, da computação em nuvem e dos sistemas integrados, especialmente em *softwares*, conforme a Tabela 11.

**Tabela 11 - Resultado da análise de conteúdo das vagas de emprego em Tecnologia da Informação.**

Categoria de análise	Unidades de registro	Unidades de contexto	Frequência das unidades de registro	
			Números	%
Tecnologias	Sistemas integrados	Integração de sistemas; MES; CRM; ERP; <i>Jira</i> ; e MRP	14	35,00
	Internet das Coisas	Redes LPWAN e SOA	3	7,50
	<i>Big Data</i>	MySQL; <i>Java</i> ; <i>Python</i> ; CSS; HTML; experiência com ferramentas de visualização de dados; <i>Power BI</i> ; extração, transformação e carga de dados; banco de dados <i>Oracle</i> ; <i>C#</i> ; <i>devops</i> ; e <i>PostgreeSQL</i>	22	55,00
	Computação em nuvem	Experiência com o <i>Amazon Web Services</i>	1	2,50
<b>Total</b>			24	100,00

Fonte: autoria própria.

#### 5.1.4 Importância da Indústria 4.0 nas empresas e nas especializações

Com as novas exigências técnicas vinculadas às mudanças no mundo do trabalho, houve a necessidade da adaptação do trabalhador ao novo cenário da Indústria 4.0 (GREŇČÍKOVÁ; VOJTOVIČ, 2017). Esta adequação é importante para a consolidação do trabalhador no mercado de trabalho, através dos conhecimentos requisitados pelas empresas (LEOPOLDO *et al.*, 2019).

De acordo com as vagas de emprego selecionadas, as organizações procuram profissionais com experiências atreladas ao *Big Data* e aos sistemas integrados, devido ao grande número de informações que circulam nestes locais. Entretanto, estes conhecimentos estão atrelados ao uso de *softwares* fundamentados nestas tecnologias, ou seja, as empresas estão interessadas na possibilidade do candidato em saber manipular determinado programa.

Outra característica comum nas empresas foi a falta da especificação nas vagas de emprego em relação as tecnologias da Indústria 4.0. Isto mostra que as

empresas conhecem a nova revolução industrial, mas de modo superficial. Portanto, vai de encontro com a teoria, no qual cita as faltas de conhecimento e capacitação como um dos problemas a serem resolvidos na Indústria 4.0.

Com relação aos cursos de pós-graduação, a abordagem de ensino também aponta para as tecnologias citadas anteriormente (*Big Data* e sistemas integrados). Entretanto, a *Internet das Coisas* aparece em diversas ementas, principalmente relacionados aos fundamentos da IoT, protocolos de comunicação e sensores. A respeito do *Big Data*, as especializações fundamentam suas ementas em ferramentas de BI, análise de dados estruturados e não estruturados, *data analytics*, redes neurais e programação em *Python* e R. Nos sistemas integrados, as características aparecem com o ensino de sistemas de gestão e manufatura integrados. Em relação as outras tecnologias, elas são ensinadas, mas em uma escala menor, devido a escassez destas tecnologias no país.

Por fim, os fundamentos são identificados com maior frequência nas especializações em Engenharia da Produção, devido a importância que eles têm nas tomadas de decisão. Além disso, os três cursos mostram a importância da integração na Indústria 4.0, por meio de processos e sistemas de gestão.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo identificou na Revisão Sistemática de Literatura as publicações relacionadas à Indústria 4.0 nas áreas do trabalho e da educação, para verificar a lacuna existente neste campo. Identificou-se quatro artigos relacionados ao mundo do trabalho e nenhum relacionado à educação. Além disso, a RSL também identificou nove tecnologias e dez fundamentos relacionados à Quarta Revolução Industrial.

As tecnologias e os fundamentos foram apresentados no terceiro capítulo, bem como a situação evolutiva da Indústria 4.0 em alguns países desenvolvidos e também no Brasil. Nos últimos vinte anos, o país aumentou o investimento em pesquisa e desenvolvimento e melhorou o posicionamento no *ranking* de inovação. Porém, o estudo identificou a lentidão da disseminação da Indústria 4.0 no Brasil, através da teoria e na relação das vagas de emprego.

Uma das possibilidades de difundir a Indústria 4.0 é pela educação. Portanto, utilizou-se as pós-graduações *lato sensu* no estudo, devido a elevada possibilidade de capacitação e treinamento desta categoria de ensino. A pós-graduação tem o objetivo de especializar o profissional, tendo em vista a preparação do aluno sobre determinada área de forma específica.

Neste trabalho, foram selecionadas as áreas da Administração, Engenharia da Produção e Tecnologia da Informação, com o intuito de verificar como as qualificações técnicas relacionadas a Indústria 4.0 são utilizadas para exercer as atividades no Brasil. Deste modo, identificou o desenvolvimento nas tecnologias do *Big Data*, *Internet* das Coisas e sistemas integrados, mas as outras tecnologias carecem de desenvolvimento no país.

Com a identificação das competências técnicas dos trabalhadores na Indústria 4.0, os resultados deste estudo podem auxiliar as empresas no processo de contratação de funcionários e na descrição do trabalho. O setor de recursos humanos pode desenvolver treinamentos para a capacitação destas competências, de acordo com as exigências de cada empresa.

Estas informações também são proveitosas para as instituições de ensino, com o intuito de estreitar a relação entre empresa e universidade. Isto pode auxiliar no desenvolvimento das competências técnicas necessárias na Indústria 4.0, além

de orientar para possíveis mudanças nos planos de ensino pedagógico dos cursos de especialização.

As limitações deste estudo estão relacionadas ao acesso das ementas por parte das instituições de ensino superior, devido à falta de informações nos portais. Outra limitação está relacionada a restrição do número de vagas de emprego devido ao foco de três áreas para a amostragem. Para estudos futuros, sugere-se o aumento da população, tanto de vagas de emprego, como de cursos de pós-graduação. Além disso, a utilização de cursos de graduação e de cursos focados nas nove tecnologias citadas no estudo também é recomendada.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção). **A Profissão**. Rio de Janeiro: ABEPRO, c2018. Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/a-profissao/>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- ABMES (Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior); EDUCAINSIGHTS. **COVID-19 vs. educação superior: o que pensam os alunos e como sua IES deve se preparar?** [S. l.]: Educalnsights, 2020. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/pesquisas/pesquisaabmeseduca05052020.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2020.
- ACCORSI, R.; BORTOLINI, M.; GALIZIA, F.; GUALANO, F.; OLIANI, M. Scalability analysis in Industry 4.0 manufacturing. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE DESIGN AND MANUFACTURING*, 7., 2020, [s. l.]. **Sustainable [...]**. Cingapura: Springer, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8131-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8131-1_15). Acesso em: 15 jul. 2021.
- AHUJA, B.; KARG, M.; SCHMIDT, M. Additive manufacturing in production: challenges and opportunities. *In: SPIE LASE*, 11., 2015, San Francisco. **Proceedings [...]**. Bellingham: SPIE, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.2082521>. Acesso em: 12 maio. 2020.
- AIRES, R.; MOREIRA, F.; FREIRE, P. Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da Quarta Revolução Industrial. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO*, 1., 2017, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. Disponível em: <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/314>. Acesso em: 5 jun. 2020.
- ALBERTIN, M.; ELIENESIO, M.; AIRES, A.; PONTES, H.; JUNIOR, D. Principais inovações tecnológicas da Indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 29., 2017, Bauru. **Anais [...]**. [S. l.]: UFC, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/60805?locale=em>. Acesso em: 14 jul. 2021.
- AL-JAROUDI, J.; MOHAMED, N.; JAWHAR, I. A service-oriented middleware framework for manufacturing Industry 4.0. **ACM SIGBED Review**, [s. l.] v. 15, p. 29-36, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3292384.3292389>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- ALIAS, M. SURADI, Z. Concept mapping: a tool for creating a literature review. *In: CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING*. 3., 2008, Tallinn & Helsinki. **Proceedings [...]**. [S. l.]: CMC, 2008. Disponível em: <https://cmc.ihmc.us/cmc-proceedings/>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM F2792-12a: Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies: Additive Manufacturing Process Categories**. West Conshohocken, p. 2. 2015
- ANUAR, N.; PAPADAKI, M.; FURNELL, S.; CLARKE, N. An investigation and survey of response options for Intrusion Response Systems (IRSs). *In: INFORMATION*

SECURITY FOR SOUTH AFRICA, 9., 2010, Joanesburgo. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ISSA.2010.5588654>. Acesso em: 14 abr. 2020.

AMORETTI, M.; REGGIANI, M. Architectural paradigms for robotics applications. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 24, p. 4-13, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2009.08.004>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ARJONI, D.; MADANI, F.; IKEDA, G.; CARVALHO, G.; COBIANCHI, L.; FERREIRA, L.; VILLANI, E. Manufacture equipment retrofit to allow usage in the Industry 4.0. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBERNETICS, ROBOTICS AND CONTROL (CRC), 2., 2017, Chengdu. **2017 2<sup>nd</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CRC.2017.46>. Acesso em: 02 out. 2021.

ARMENGAUD, E.; SAMS, C.; FALCK, G.; LIST, G.; KREINER, C.; RIEL, A. Industry 4.0 as digitalization over the entire product lifecycle: opportunities in the automotive domain. *In*: EUROPEAN CONFERENCE ON SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT, 24., 2017, Ostrava. **EuroSPI [...]**. [S. l.], Springer, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64218-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64218-5_28). Acesso em: 06 jul. 2020.

ASHTON, K. That "Internet of Things" thing. **RFID Journal**, [s. l.], v. 22, p. 97-114, 2009. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>. Acesso em: 03 mar. 2020.

ASTARLOA, A.; BIDARTE, U.; JIMÉNEZ, J.; ZULOAGA, A.; LÁZARO, J. Intelligent gateway for Industry 4.0-compliant production. *In*: ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 42., 2016, Florença. **Conference [...]**. Piscataway: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7793890>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, [s. l.], v. 54, p. 2787-2805, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Acesso em: 08 abr. 2020.

AZAMBUJA, A.; ALMEIDA, V.; Um estudo bibliométrico das publicações sobre segurança cibernética na Indústria 4.0. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, p. 1-26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.12937>. Acesso em: 19 jul. 2021.

AZEVEDO, A.; GONTIJO, T. Habilidades, competências e o perfil do profissional de Engenharia de Produção no sudeste brasileiro. **Formação Docente**, Belo Horizonte, v. 9, p. 96-109 Disponível em: <https://doi.org/10.15601/1332>. Acesso em: 16 jul. 2021.

BAHETI, R.; GILL, H. Cyber-physical systems. **The Impact of Control Technology**, [s. l.], v. 12, p. 161-166, 2011. Disponível em: <http://ieeecss.org/impact-control-technology-1st-edition>. Acesso em: 17 abr. 2020.

BAHRIN, M.; OTHMAN, M.; AZLI, N.; TALIB, M. Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic. **Jurnal Teknologi**, [s. l.], v. 78, p. 137-143, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>. Acesso em: 05 jun. 2020.



BANYAL, R.; JAIN, P.; JAIN, V. Multi-factor authentication framework for cloud computing. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, MODELLING AND SIMULATION*, 5., 2013, Seul. **Conference [...]**. Piscataway: IEEE, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CIMSim.2013.25>. Acesso em: 02 abr. 2020.

BANCO MUNDIAL. **DataBank - World Development Indicators**. Washington: Banco Mundial, c2020. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=NY.GDP.MKTP.CD>. Acesso em: 23 jul. 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016. 279 p.

BCG (Boston Consulting Group). **Embracing Industry 4.0 and rediscovering growth**. Boston: BCG, c[2016?]. Disponível em: <https://www.bcg.com/ptbr/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>. Acesso em: 20 jun. 2020.

BECHTOLD, J.; KERN, A.; LAUENSTEIN, C.; BERNHOFER, L. **Industry 4.0 - The Capgemini Consulting view**. Paris: Capgemini Consulting, 2014. Disponível em: [https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2017/07/capgemini-consulting-industrie-4.0\\_0\\_0.pdf](https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2017/07/capgemini-consulting-industrie-4.0_0_0.pdf). Acesso em: 04 maio 2020.

BENEŠOVÁ, A.; TUPA, J. Requirements for education and qualification of people in Industry 4.0. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FLEXIBLE AUTOMATION AND INTELLIGENT MANUFACTURING*, 27., 2017, Modena. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>. Acesso em: 02 maio 2021.

BENIAS, N.; MARKOPOULOS, A. A review on the readiness level and cybersecurity challenges in Industry 4.0. *In: SOUTH EASTERN EUROPEAN DESIGN AUTOMATION, COMPUTER ENGINEERING, COMPUTER NETWORKS AND SOCIAL MEDIA CONFERENCE (SEEDA-CECNSM)*, 2., 2017, Kastoria. **2017 South [...]**. Piscataway: IEEE, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/SEEDA-CECNSM.2017.8088234>. Acesso em: 30 maio 2020.

BERRE, A.; ELVESÆTER, B.; FIGAY, N.; GUGLIELMINA, C.; JOHNSEN, S.; KARLSEN, D.; KNOTHE, T.; LIPPE, S. The ATHENA interoperability framework. *In: ENTERPRISE INTEROPERABILITY II*, 2., 2007, Londres. **Enterprise [...]**. Londres: Springer, 2007. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-858-6\\_62](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-858-6_62). Acesso em: 12 abr. 2020.

BLOEM, J.; DOORN, M.; DUIVESTIEN, S.; EXCOFFIER, D.; MAAS, R.; OMMEREN, E. **The Fourth Industrial Revolution: things to tighten the link between IT and OT**. Paris: Sogeti, 2014. Disponível em: <https://www.sogeti.com/globalassets/global/special/sogeti-things3en.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2020.

BONEKAMP, L.; SURE, M. Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organization. **Journal of Business and Media Psychology**, Köln, v. 6, p. 33-40, 2015. Disponível em: <https://journal-bmp.de/auswirkungen-von-industrie-4-0-aufmenschliche-arbeit-und-arbeitsorganisation/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BORCHARDT, M.; VACCARO, G.; AZEVEDO, D.; JUNIOR, J. O perfil do engenheiro de produção: a visão de empresas da região metropolitana de Porto Alegre.

**Production**, São Paulo, v. 19, p. 230-248, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200002>. Acesso em: 04 ago. 2021.

BORGES, T.; PARISI, C.; GIL, A. O Controller como gestor da Tecnologia da Informação: realidade ou ficção? **Revista de Administração Contemporânea**, [s.

l.], v. 9, p. 119-140, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/S1415-](https://doi.org/10.1590/S1415-65552005000400007)

[65552005000400007](https://doi.org/10.1590/S1415-65552005000400007). Acesso em: 11 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Câmara Brasileira da Indústria 4.0**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020.

Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-industria)

[mcti/transformacaodigital/camara-industria](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-industria). Acesso em: 15 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. **Governo lança Câmara Brasileira da Indústria 4.0**. Brasília: Ministério da Economia, 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2019/04/governo-lanca-camara-brasileira-da-industria-4.0>. Acesso em: 25 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior (e-MEC)**. Brasília: Ministério da Educação, 2020. Disponível

em: <https://emec.mec.gov.br/>.

BRASIL. **Resolução n. 5, de 16 de novembro de 2016**. Institui as diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação na área da Computação, abrangendo os cursos de bacharelado em Ciência da Computação, em Sistemas de Informação, em Engenharia de Computação, em Engenharia de Software e de Licenciatura em Computação, e dá outras providências. Brasília: Ministério da Educação, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2016-pdf/52101-rces005-16-pdf/file>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an Industry 4.0 perspective. **International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering**, v. 8, p. 37-44, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.1336426>. Acesso em: 19 mar. 2020.

BRYMAN, A.; BELL, E. **Business research methods**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2011. 765 p.

BUHR, D. **Social innovation policy for Industry 4.0**. 1. ed. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015. 24 p.

BVS (Biblioteca Virtual em Saúde). **Métricas em pesquisa - Google Scholar**. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, 2020. Disponível em:

<https://ses.sp.bvs.br/vhl/metricas/google-scholar/>. Acesso em: 30 nov. 2020.

CALSAVARA, A.; SERRA, A.; ZAMPIROLI, F.; CARVALHO, L.; JONATHAN, M.; CORREIA, R. Bacharelado em Ciência da Computação. *In*: ZORZO, A.; NUNES, D.; MATOS, E.; STEINMACHER, I.; LEITE, J.; ARAUJO, R.; CORREIA, R.; MARTINS, S. **Referenciais de formação para os cursos de graduação em Computação 2017**. 153 p. [S. l.]: SBC, 2017. p. 9-39. Disponível em:

<https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/summary/127-educacao/1155-referenciais-de-formacao-para-cursos-de-graduacao-em-computacao-outubro-2017>. Acesso em: 14 abr. 2021.

CAMERON, R. **História econômica do mundo**: de uma forma concisa, de há 30000 anos até ao presente. 1. ed. Sintra: Publicações Europa-América, 2000. 495 p.

CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regimes and trajectories: manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. **Research Policy**, [s. l.], v. 37, p. 978-994, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.03.011>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CFA (Conselho Federal de Administração). **Administração**. Brasília: CFA, c[2019?]. Disponível em: <http://cfa.org.br/administracao-administracao/#:~:text=Administra%C3%A7%C3%A3o%20%E2%80%93%20CFA&text=A%20Administra%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20uma%20ci%C3%Aancia,esfera%20p%C3%ABblica%20quanto%20na%20privada>. Acesso em: 02 ago. 2020.

CHAVES, S.; WESTPHALL, C.; WESTPHALL, C.; GERÔNIMO, G. Customer security concerns in cloud computing. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKS (ICN), 10., 2011, Barcelona. **The Tenth International [...]**. [S. l.]: IARIA, 2011. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.364.1373&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

CHEN, C; ZHANG, C. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: a survey on Big Data. **Information Sciences**, [s. l.], v. 275, p. 314-347, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.01.015>. Acesso em: 12 jun. 2020.

CHEN, D.; DOUMEINGTS, G.; VERNADAT, F. Architectures for enterprise integration and interoperability: past, present and future. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 59, p. 647-659, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.12.016>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CHEN, M.; MAO, S.; LIU, Y. Big Data: a survey. **Mobile Networks and Applications**, [s. l.], v. 19, p. 171-209, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>. Acesso em: 19 abr. 2020.

CHENG, F.; TIENG, H.; YANG, H.; HUNG, M.; LIN, Y.; WEI, C.; SHIEH, Z. Industry 4.1 for wheel machining automation. **IEEE Robotics and Automation Letters**, [s. l.], v. 1, p. 332-339, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LRA.2016.2517208>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CHIARELLO, F.; TRIVELLI, L.; BONACCORSI, A.; FANTONI, G. Extracting and mapping Industry 4.0 technologies using Wikipedia. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 100, p. 244-257, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.006>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CHO, H.; WOO, T. Cyber security in nuclear industry - Analytic study from the terror incident in nuclear power plants (NPPs). **Annals of Nuclear Energy**, [s. l.], v. 99, p.

47-53, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2016.09.024>. Acesso em: 15 ago. 2020.

CNI (Confederação Nacional da Indústria). **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

COLOMBO, A.; SCHLEUTER, D.; KIRCHER, M. An approach to qualify human resources supporting the migration of SMEs into an Industrie 4.0 - compliant company infrastructure. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY*, 41., 2015, Yokohama. **IECON 2015 [...]**. Piscataway: IEEE, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IECON.2015.7392687>. Acesso em: 21 jul. 2020.

CORREIA, J.; JOIA, L. CIO competencies: a social representation analysis. *In: Americas Conference on Information Systems*, 20., 2014, Savannah. **20<sup>th</sup> Americas [...]**. [S. l.]: Scopus, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/25559>. Acesso em: 14 abr. 2021.

CORTIMIGLIA, M.; FRANK, A.; MIORANDO, R. ICT trends in Brazil. **IT Professional**, Piscataway, v. 14, p. 31-38, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MITP.2012.70> Acesso em: 07 maio 2020.

COSTA, I.; QUEIROZ, S. Foreign direct investment and technological capabilities in brazilian industry. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, p. 1431-1443, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00073-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00073-2). Acesso em: 15 ago. 2020.

CRESWELL, J. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 296 p.

CRISÓSTOMO, V.; LÓPEZ-ITURRIAGA, F.; VALLELADO, E. Financial constraints for innovation in Brazil. **Latin American Business Review**, [s. l.], v. 12, p. 165-185, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10978526.2011.592797>. Acesso em: 15 ago. 2020.

CUNHA, G. **Um panorama atual da Engenharia da Produção**. 1. ed. Porto Alegre: ABEPRO, 2002. 45 p.

DALENOGARE, L.; BENITEZ, G.; AYALA, N.; FRANK, A. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 204, p. 383-394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>. Acesso em: 05 abr. 2020.

DAVIS, J.; EDGAR, T.; PORTER, J.; BERNADEN, J.; SARLI, M. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. **Computers & Chemical Engineering**, [s. l.], v. 47, p. 145-156, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.037>. Acesso em: 19 jul. 2020.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. *In: BUCHANAN, A.; BRYMAN, A. The SAGE handbook of organizational research methods*. 1. ed. [S. l.]: SAGE Publications, 2009. p. 671-689.

DISTRITO; KPMG. **Indústria 4.0**: mining report. São Paulo: DISTRITO, 2018. 34 p. Disponível em: <https://home.kpmg/br/pt/home/insights/2019/03/industria-4-0-mining-report.html>. Acesso em: 22 jul. 2020.

DOMBROWSKI, U.; WAGNER, T. Mental strain as field of action in the 4th Industrial Revolution. *In*: CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS, 47., 2014, Windsor. **Variety Management [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.077>. Acesso em: 04 nov. 2020.

DONATO, M.; FIORENTINO, M.; UVA, A.; GATTULLO, M.; MONNO, G. Text legibility for projected augmented reality on industrial workbenches. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 70, p. 70-78, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.02.008>. Acesso em: 02 maio. 2020.

DOPICO, M.; GOMEZ, A.; FUENTE, D.; GARCÍA, N.; ROSILLO, R.; PUCHE, J. A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ICAI), 18., 2016, Las Vegas. **Proceedings [...]**. [S. l.]: CSREA Press, 2016. Disponível em: <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2016/ICA7532.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

DUQUE, B.; DIAS, L.; FERREIRA, A. A influência da Quarta Revolução Industrial no papel do administrador. **Revista De Trabalhos Acadêmicos - Universo Juiz De Fora**, Juiz de Fora, v. 6, p. 1-14, 2017. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1JUIZDEFORA2&page=article&op=view&path%5B%5D=5379>. Acesso em: 09 mar. 2021.

EROL, S.; JÄGER, A.; HOLD, P.; OTT, K.; SIHN, W. Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *In*: Conference on Learning Factories, 6., 2015, Gjøvik. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>. Acesso em: 04 ago. 2020.

EVANS, P.; ANNUNZIATA, M. Industrial internet: pushing the boundaries of minds and machines. **General Electric Reports**, [s. l.], v. 1, p. 488-508, 2012. Disponível em: [https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial\\_Internet.pdf](https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf). Acesso em: 02 abr. 2020.

EXPERTISE EDUCAÇÃO. **Panorama da pós-graduação após a pandemia**. São Paulo: Expertise Educação, 2020. Disponível em: [https://expertiseeducacao.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Panorama\\_Pos\\_Graduacao\\_2020.pdf](https://expertiseeducacao.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Panorama_Pos_Graduacao_2020.pdf). Acesso em: 04 jul. 2021.

EYERS, D.; DOTCHEV, K. Technology review for mass customisation using rapid manufacturing. **Assembly Automation**, [s. l.], v. 10, p. 39-46, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01445151011016055>. Acesso em: 02 jun. 2020.

FARERI, S.; FANTONI, G.; CHIARELLO, F.; COLLI, E.; BINDA, A. Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 118, p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103222>. Acesso em: 03 jul. 2021.

FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T. FRAGA-LAMAS, P.; SUÁREZ-ALBELA, M.; VILLAR-MONTESINOS, M. A fog computing and cloudlet based augmented reality system for

the Industry 4.0 shipyard. **Sensors**, [s. l.], v. 18, p. 1-18, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s18061798>. Acesso em: 09 jul. 2020.

FERREIRA, A.; SILVA, D.; NETO, G. Por um referencial na formação profissional em Sistemas de Informação. *In*: WEI - Workshop sobre Educação em Computação, 7., 2000, Curitiba. **Anais [...]**. [S. l.]: SBC, 2000. Disponível em: <http://www.niee.ufrgs.br/eventos/SBC/2000/pdf/wei/relatos/selecionados/wei008.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2021.

FILHO, R.; MIRANDA, S.; JÚNIOR, L.; OLIVEIRA, T. Uma estratégia para implantação de sistemas integrados de gestão em instituições públicas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, 3., 2014, Maceió. **Anais [...]**. [S. l.]: Sustenere, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-684X.2014.002.0018>. Acesso em: 24 jun. 2020.

FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). **Indústria 4.0**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em: 21 jun. 2020.

FLEURY, M.; JACOBSON, L. A contribuição do e-learning no desenvolvimento de competências do administrador. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 27., 2003, Atibaia. **Anais [...]**. Atibaia: ANPAD, 2003. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enanpad2003-epa-1437.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

FOIDL, H.; FELDERER, M. Research challenges of Industry 4.0 for quality management. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE RESOURCE PLANNING, 4., 2015, Munique. **Innovations [...]**. [S. l.]: Springer, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32799-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32799-0_10). Acesso em: 18 jun. 2020.

FONSECA, M.; FONSECA, D. A gestão acadêmica da pós-graduação lato sensu: o papel do coordenador para a qualidade dos cursos. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 42, p. 151-164, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201603136263>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FRAGA-LAMAS, P. FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T.; BLANCO-NOVOA, O.; VILAR-MONTESINOS, M. A review on industrial augmented reality systems for the Industry 4.0 shipyard. **IEEE Access**, [s. l.], v. 6, p. 13358-13375, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808326>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FRANCO, M. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: Liber, 2005. 79 p.

FRANK, A.; CORTIMIGLIA, M.; RIBEIRO, J.; OLIVEIRA, L. The effect of innovation activities on innovation outputs in the brazilian industry: market-orientation vs. technology-acquisition strategies. **Research Policy**, [s. l.], v. 45, p. 577-592, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.11.011>. Acesso em: 12 ago. 2020.

FRANK, A.; DALENOGARE, L.; AYALA, N. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of**

**Production Economics**, [s. l.], v. 210, p. 15-26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>. Acesso em: 03 out. 2021.

FRAZIER, W. Metal additive manufacturing: a review. **Journal of Materials Engineering and performance**, [s. l.], v. 23, p. 1917-1928, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>. Acesso em: 01 maio. 2020.

FUJINO, N.; KONNO, Y. Industry 4.0 and Significance for japanese manufacturing. **NRI Papers**, [s. l.], v. 210, p. 1-14, 2016 Disponível em: <https://www.nri.com/-/media/Corporate/en/Files/PDF/knowledge/report/cc/papers/2016/np2016210.pdf?la=en&hash=D6A9A0011F2BA104910F9C9AB5FA86E3E69ED51C>. Acesso em: 21 jan. 2021.

GALVÃO, T.; PEREIRA, M. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, p. 183-184, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742014000100018>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GARCÍA, J.; CANO, R.; CONTRERAS, J. Digital retrofit: a first step toward the adoption of Industry 4.0 to the manufacturing systems of small and medium-sized enterprises. **Journal of Engineering Manufacture**, [s. l.], v. 234, p. 1156-1169, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0954405420904852>. Acesso em: 17 out. 2021.

GERHARDT, B.; GRIFFIN, K.; KLEMMANN, R. **Unlocking value in the fragmented world of big data analytics**. San Jose: Cisco Internet Business Solutions Group, 2012. Disponível em: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/sp/Information-Infomediaries.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/sp/Information-Infomediaries.pdf). Acesso em: 15 maio 2020.

GHOBAKHLOO, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 29, p. 910- 936, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>. Acesso em: 12 abr. 2020.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 129 p.

GOEDHUYS, M.; VEUGELERS, R. Innovation strategies, process and product innovations and growth: firm-level evidence from Brazil. **Structural Change and Economic Dynamics**, [s. l.], v. 23, p. 516-529, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2011.01.004>. Acesso em: 17 maio 2020.

GONÇALVES, C.; AKIRA, D.; BAPTISTELLI, E.; MARCIANO, E.; BARBARÁ, J.; GERIBELLO, R.; AMARANTE, M. Indústria 4.0 - Integração de sistema. **Revista Pesquisa e Ação**, [s. l.], v. 5, p. 75-92, 2019. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/644>. Acesso em: 17 jul. 2021.

GORGES, S.; PASSOS, A.; WOLLINGER, H. Administrator skills: a study with academics of the administration course in the context of active learning. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 7, p. 1-27, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i1.95>. Acesso em: 02 fev. 2021.

- GREŇÍKOVÁ, A.; VOJTOVIČ, S. Relationship of generations X, Y, Z with new communication technologies. **Business Perspectives**, [s. l.], v. 15, p. 557-563, 2017. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.15\(si\).2017.09](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.15(si).2017.09). Acesso em: 28 jul. 2021.
- GRODEK-SZOSTAK, Z.; SIGUENCIA, L.; SZELAG-SIKORA, A.; MARZANO, G. The impact of Industry 4.0 on the labour market. *In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT SCIENCE OF RIGA TECHNICAL UNIVERSITY (ITMS)*, 61., 2020, Riga. **2020 61<sup>st</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ITMS51158.2020.9259295>. Acesso em: 21 set. 2021.
- GRZELCZAK, A.; KOSACKA, M.; WERNER-LEWANDOWSKA, K. Employees competences for Industry 4.0 in Poland - Preliminary research results. *In: International Conference on Production Research*, 24., 2017, Poznań. **24<sup>th</sup> International [...]**. Lancaster: DEStech, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17598>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- GUERREIRO, B.; LINS, R.; SUN, J.; SCHMITT, R. Definition of smart retrofitting: first steps for a company to deploy aspects of Industry 4.0. *In: ADVANCES IN MANUFACTURING*, 1., 2018, Poznań. **Advances [...]**. [S. l.]: Springer, 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68619-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68619-6_16). Acesso em: 15 jul. 2020.
- GUPTA, P. Modularity enablers: a tool for Industry 4.0. **Life Cycle Reliability and Safety Engineering**, [s. l.], v. 8, p. 157-163, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41872-018-0067-3>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- GUSSO, H.; ARCHER, A.; LUIZ, F.; SAHÃO, F.; LUCA, G.; HENKLAIN, M.; PANOSSO, M.; BELTRAMELLO, O.; GONÇALVES, V. Ensino superior em tempos de pandemia: diretrizes à gestão universitária. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 41, p. 1-27, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/ES.238957>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- HABITZREITER, P.; BAMBERG, D. Aplicação do Big Data Analysis na Engenharia de Produção. *In: Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção*, 10., 2015, Viçosa. **Anais [...]**. Viçosa: UFV, 2015. Disponível em: [http://www.saepro.ufv.br/?page\\_id=490](http://www.saepro.ufv.br/?page_id=490). Acesso em: 15 jul. 2021.
- HAJIVALI, M.; MOGHADDAM, F.; ALRASHDAN, M.; ALOTHMANI, A. Applying an agent-based user authentication and access control model for cloud servers. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ICT CONVERGENCE (ICTC)*, 4., 2013, Jeju. **2013 International [...]**. Piscataway: IEEE, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICTC.2013.6675484>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- HALL, B.; MAFFIOLI, A. Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America. **The European Journal of Development Research**, [s. l.], v. 20, p. 172-198, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09578810802060819>. Acesso em: 05 maio 2020.
- HECKLAU, F.; GALEITZKE, M.; FLACHS, S.; KOHL, H. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *In: CIRP CONFERENCE ON LEARNING*



FACTORIES, 6., 2016, Gjøvik. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>. Acesso em: 07 ago. 2020.

HELENE, A.; RIBEIRO, P. Brazilian scientific production, financial support, established investigators and doctoral graduates. **Scientometrics**, [s. l.], v. 89, p. 677-686, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0470-2>. Acesso em: 19 jul. 2020.

HENDERSON, W. **A revolução industrial: 1780-1914**. 449. ed. Lisboa: Verbo, 1979. 220 p

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for Industrie 4.0 scenarios. *In*: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 49., 2016, Koloa. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HILSDORF, W.; ROTONDARO, R.; PIRES, S. Integração de processos na cadeia de suprimentos e desempenho do serviço ao cliente: um estudo na indústria calçadista de Franca. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, p. 232-244, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000200007>. Acesso em: 27 jul. 2021.

HOBBSAWM, E. **A era das revoluções: 1789-1848**. 10. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016. 532 p.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 89, p. 23-34, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>. Acesso em: 07 abr. 2020.

HOGREBE, F.; KRUSE, W. Wirtschaftsförderung 4.0 - Anforderungen und Lösungsmodell zur umsetzung von Industrie 4.0. **HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik**, [s. l.], v. 52, p. 713-723, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1365/s40702-015-0165-x>. Acesso em: 16 abr. 2020.

HOSSEINPOUR, F.; HAJIHOSSEINI, H. Importance of simulation in manufacturing. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, [s. l.], v. 3, p. 229-232, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1070325>. Acesso em: 21 abr. 2020.

IAIANI, M.; TUGNOLI, A.; BONVICINI, S.; COZZANI, V. Analysis of cybersecurity-related Incidents in the process Industry. **Reliability Engineering & System Safety**, [s. l.], v. 209, p. 1-20, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107485>. Acesso em: 21 jul. 2021.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produto Interno Bruto**. Brasília: IBGE, c2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 21 jul. 2020.

IIC (Industrial Internet Consortium). **The Industrial Internet Consortium: a global not-for-profit partnership of industry, government and academia**. Needham: IIC, c[2014?]. Disponível em: <https://www.iiconsortium.org/about-us.htm>. Acesso em: 10 maio 2020.

INFOJOBS. **Achar vagas**. 2021. Disponível em: <https://www.infojobs.com.br/empregos.aspx>.

INTEL IT CENTER. **Planning guide: getting started with Big Data**. Santa Clara: Intel Corporation, 2015. Disponível em: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/guides/big-data-get-started-reference-guide.pdf>. Acesso em 14 abr. 2020.

JABBOUR, A. JABBOUR, C.; FILHO, M., ROUBAUD, D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. **Annals of Operations Research**, [s. l.], v. 270, p. 273-286, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>. Acesso em: 02 abr. 2020.

JIANG, R.; KLEER, R.; PILLER, F. Predicting the future of additive manufacturing: a Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 117, p. 84-97, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.006>. Acesso em: 11 maio 2020.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Munich: Forschungsunion, 2013. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>. Acesso em: 10 maio 2020.

KANG, H; LEE, J.; CHOI, S.; KIM, H.; PARK, J.; SON, J.; KIM, B.; NOH, S. Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, [s. l.], v. 3, p. 111-128, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>. Acesso em: 12 jun. 2020.

KARAWEJCZYK, T. Formação gerencial: uma análise da oferta dos programas de pós-graduação lato sensu de Gestão Empresarial do Rio Grande do Sul. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 872-893, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395117900>. Acesso em: 12 ago. 2020.

KATAL, A.; WAZID, M.; GOUDAR, R. Big Data: issues, challenges, tools and good practices. *In*: International Conference on Contemporary Computing (IC3), 6., 2013, Noida. **Sixth International [...]**. Piscataway: IEEE, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/IC3.2013.6612229>. Acesso em: 13 jun. 2020.

KAZANCOGLU, Y.; OZKAN-OZEN, Y. Analyzing workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. **Journal of Enterprise Information Management**, [s. l.], v. 31, p. 891-907, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2017-0015>. Acesso em: 15 nov. 2020.

KERGROACH, S. Industry 4.0: new challenges and opportunities for the labour market. **Foresight and STI Governance**, [s. l.], v. 11, p. 6-8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2017.4.6.8>. Acesso em: 15 abr. 2020.

- KHAJEH-HOSSEINI, A.; GREENWOOD, D.; SOMMERVILLE, I. Cloud migration: a case study of migrating an enterprise it system to IAAS. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING*, 3., 2010, Miami. **Proceedings [..]**. Piscataway: IEEE, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CLOUD.2010.37>. Acesso em: 30 abr. 2020.
- KHAN, R. The Third Industrial Revolution: an economic overview. *In: UNESCO. Impact of Science on Society: the Third Industrial Revolution*. 146. ed. [S. l.]: Taylor e Francis, 1987. p. 115-122. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000075479>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- KHAN, R.; KHAN, S. Design and implementation of an automated network monitoring and reporting back system. **Journal of Industrial Information Integration**, [s. l.], v. 9, p. 24-34, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.11.001>. Acesso em: 19 jul. 2020.
- KHUONG, B.; KIYOKAWA, K.; MILLER, A.; VIOLA, J.; MASHITA, T.; TAKEMURA, H. The effectiveness of an AR-based context-aware assembly support system in object assembly. *In: VIRTUAL REALITY (VR)*, 2014, Minneapolis. **IEEE Virtual [..]**. Piscataway: IEEE, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/VR.2014.6802051>. Acesso em: 14 jun. 2020.
- KIEL, D.; MÜLLER, J.; ARNOLD, C.; VOIGT, K. Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. **International Journal of Innovation Management**, [s. l.], v. 21, p. 1-34, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S1363919617400151>. Acesso em: 19 set. 2020.
- KOCSI, B.; MATONYA, M.; PUSZTAI, L.; BUDAI, I. Real-time decision-support system for high-mix low-volume production scheduling in Industry 4.0. **Processes**, [s. l.], v. 8, p. 1-26, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr8080912>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- KOREN, Y.; HU, S.; WEBER, T. Impact of manufacturing system configuration on performance. **CIRP Annals**, [s. l.], v. 47, p. 369-372, 1998.
- KOREN, Y.; WANG, W.; GU, X. Value creation through design for scalability of reconfigurable manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 55, p. 1227-1242, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145821>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- KUSIAK, A. Smart manufacturing. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 56, p. 508-517, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- LANDES, D. **Prometeu desacorrentado**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005. 129 p.
- LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.; FELD, T.; HOFFMANN, T. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, [s. l.], v. 6, p. 239-242, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>. Acesso em: 02 mar. 2020.

LEAL, G.; GUÉDRIA, L.; PANETTO, H. Interoperability assessment: A systematic literature review. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 106, p. 111-132, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.002>. Acesso em: 15 out. 2021.

LEE, E. Cyber physical systems: design challenges. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OBJECT AND COMPONENT-ORIENTED REAL-TIME DISTRIBUTED COMPUTING (ISORC), 11., 2008, Orlando. **2008 11<sup>th</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ISORC.2008.25>. Acesso em: 15 maio 2020.

LEE, J.; LAPIRA, E.; YANG, S.; KAO, A. Predictive manufacturing system - Trends of next-generation production systems. *In*: IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, 11., 2013, São Paulo. **11<sup>th</sup> IFAC Workshop [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00107>. Acesso em: 12 abr. 2020.

LEE, J.; LAPIRA, E.; BAGHERI, B.; KAO, H. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in Big Data environment. **Manufacturing letters**, [s. l.], v. 1, p. 38-41, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2013.09.005>. Acesso em: 15 mar. 2020.

LEE, J.; KAO, H.; YANG, S. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *In*: CIRP CONFERENCE ON INDUSTRIAL PRODUCT SERVICE SYSTEMS AND VALUE CREATION, 6., 2014, Windsor. **Proceedings [...]**. Elsevier, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>. Acesso em: 12 abr. 2020.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, [s. l.], v. 3, p. 18-23, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>. Acesso em: 15 mar. 2020.

LEMOS, A.; PINTO, M. Empregabilidade dos administradores: quais os perfis profissionais demandados pelas empresas? **Caderno EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 1-15, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-39512008000400010>. Acesso em: 12 abr. 2021.

LEZZI, M.; LAZOI, M.; CORALLO, A. Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: a reference framework. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 103, p. 97-110, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.09.004>. Acesso em: 20 mar. 2020.

LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; LOURES, E.; RAMOS, L. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 55, p. 3609-3629, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>. Acesso em: 10 mar. 2020.

LINS, R.; GUERREIRO, B.; SCHMITT, R.; SUN, J.; CORAZZIM, M.; SILVA, F. A novel methodology for retrofitting CNC machines based on the context of Industry 4.0. *In*: INTERNATIONAL SYSTEMS ENGINEERING SYMPOSIUM (ISSE), 3., 2017, Viena. **2017 IEEE International [...]**. Piscataway: IEEE, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SysEng.2017.8088293>. Acesso em: 19 abr. 2020.

LOBOVA, S.; BYKOVSKAYA, N.; VLASOVA, I.; SIDORENKO, O. Successful experience of formation of Industry 4.0 in various countries. *In*: POPKOVA, E.; RAGULINA, Y.; BOGOVIZ, A. **Industry 4.0: industrial revolution of the 21<sup>st</sup> century**. 169. ed. [S. l.]: Springer, 2018. p. 121-129. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_12). Acesso em: 09 jul. 2020.

LORENZ, M.; RUSSMANN, M.; STRACK, R.; LUETH, K.; BOLLE, M. **Man and machine in Industry 4.0**. Boston: BCG, 2015. 22 p. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4>. Acesso em: 15 jul. 2020.

LU, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, [s. l.], v. 6, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>. Acesso em: 27 mar. 2020.

LUFTMAN, J.; LEWIS, P.; OLDACH, S. Transforming the enterprise: the alignment of business and information technology strategies. **IBM Systems Journal**, v. 32, p. 198-221, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1147/sj.321.0198>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MACDOUGALL, W. Industrie 4.0 - Germany market report and outlook. **Germany Trade and Invest**, Berlin, v. 1, p. 1-16, 2018. Disponível em: <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Service/publications,did=917080.html>. Acesso em: 15 ago. 2020.

MAISIRI, W.; DARWISH, H.; VAN DYK, L. An investigation of Industry 4.0 skills requirements. **South African Journal of Industrial Engineering**, Pretoria, v. 30, p. 90-105, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7166/30-3-2230>. Acesso em: 19 maio 2020.

MAGULURI, S.; SRIKANT, R.; YING, L. Stochastic models of load balancing and scheduling in cloud computing clusters. *In*: IEEE INFOCOM, 7., 2012, Orlando. **2012 Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/INFCOM.2012.6195815>. Acesso em: 30 maio 2020.

MANYIKA, J.; CHUI, M.; BROWN, B.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; ROXBURGH, C.; BYERS, A. **Big Data: the next frontier for innovation, competition, and productivity**. Nova York: McKinsey Global Institute, 2011. 156 p. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos da metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 200 p.

MARTÍN-MARTÍN, A.; COSTAS, R.; LEEUWEN, T.; LÓPEZ-CÓZAR, E. Evidence of open access of scientific publications in Google Scholar: a large-scale analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 12, p. 819-841, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.06.012>. Acesso em: 12 maio 2020.

MARTINS, A.; COSTELHA, H.; NEVES, C. Shop floor virtualization and Industry 4.0. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS ROBOT SYSTEMS AND COMPETITIONS (ICARSC), 19., 2019, Porto. **2019 IEEE International [...]**.

- Piscataway: IEEE, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICARSC.2019.8733657>. Acesso em: 12 maio 2021.
- MASOOD, T.; EGGER, J. Augmented reality in support of Industry 4.0 - Implementation challenges and success factors. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, [s. l.], v. 58, p. 181-195, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- MAZZON, J. Using the methodological association matrix in Marketing studies. **Brazilian Journal of Marketing**, [s. l.], v. 17, p. 747-770, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/bjm.v17i5.4175>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- MEISSNER, H.; ILSEN, R.; AURICH, J. Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *In*: CONFERENCE ON INTELLIGENT COMPUTATION IN MANUFACTURING ENGINEERING, 10., 2016, Ischia. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.113>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- MELLOR, S.; HAO, L.; ZHANG, D. Additive manufacturing: a framework for implementation. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 149, p. 194-201, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.008>. Acesso em: 04 abr. 2020.
- MELO, S.; BORGES, L. A transição da universidade ao mercado de trabalho na ótica do jovem. **Psicologia: ciência e profissão**, [s. l.], v. 27, p. 376-395, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-98932007000300002>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- MELO, T.; FUCIDJI, J.; POSSAS, M. Política industrial como política de inovação: notas sobre hiato tecnológico, políticas, recursos e atividades inovativas no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 14, p. 11-36, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v14i0.8649098>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- MIGUEL, A.; SILVA, A.; FILHO, A.; MORAES, F.; RODRIGUEZ, N.; MARTINS, S.; POCIVI, V. Bacharelado em Engenharia de Computação. *In*: ZORZO, A.; NUNES, D.; MATOS, E.; STEINMACHER, I.; LEITE, J.; ARAUJO, R.; CORREIA, R.; MARTINS, S. **Referenciais de formação para os cursos de graduação em Computação 2017**. 153 p. [S. l.]: SBC, 2017. p. 40-55. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/summary/127-educacao/1155-referenciais-de-formacao-para-cursos-de-graduacao-em-computacao-outubro-2017>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- MINAYO, M. O desafio da pesquisa social. *In*: MINAYO, M.; DESLANDES, S.; GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 26. ed. São Paulo: Vozes, 2007. p. 9-29.
- MO, H.; WAGLE, N.; ZUBA, M. Cyber-physical systems. **XRDS: Crossroads, the ACM Magazine for Students**, New York, v. 20, p. 8-9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2590778>. Acesso em: 12 set. 2021.
- MOGHADDAM, M.; NOF, S. Collaborative service-component integration in cloud manufacturing. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 56, p. 677-

691, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1374574>. Acesso em: 09 jul. 2020.

MONOSTORI, L. Cyber-physical production systems: roots, expectations and R&D challenges. *In: CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS*, 47., 2014, Windsor. **Variety Management [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>. Acesso em: 12 jul. 2020.

MORENO, A.; VELEZ, G.; ARDANZA, A.; BARANDIARAN, I.; INFANTE, Á.; CHOPITEA, R. Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, [s. l.], v. 11, p. 365-373, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-016-0319-2>. Acesso em: 02 jun. 2020.

MOTYL, B.; BARONIO, G.; UBERTI, S.; SPERANZA, D.; FILIPPI, S. How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FLEXIBLE AUTOMATION AND INTELLIGENT MANUFACTURING*, 27., 2017, Modena. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>. Acesso em: 27 ago. 2020.

MOURTZIS, D.; VASILAKOPOULOS, A; ZERVAS, E.; BOLI, N. Manufacturing system design using simulation in metal industry towards Education 4.0. *In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES*, 9., 2019, Braunschweig. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.024>. Acesso em: 17 jul. 2021.

MUSSELL, J.; CROFT, R. Discovery layers and the distance student: online search habits of students. **Journal of Library & Information Services in Distance Learning**, [s. l.], v. 7, p. 18-39, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1533290X.2012.705561>. Acesso em: 15 abr. 2020.

NAFCHI, M.; MOHELSKÁ, H. Effects of Industry 4.0 on the Labor Markets of Iran and Japan. **Economies**, [s. l.], v. 6, p. 1-13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/economies6030039>. Acesso em: 17 jul. 2020.

NAJAFABADI, M.; VILLANUSTRE, F.; KHOSHGOFTAAR, T.; SELIYYA, N.; WALD, R.; MUHAREMAGIC, E. Deep learning applications and challenges in Big Data analytics. **Journal of Big Data**, [s. l.], v. 2, p. 1-21, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40537-014-0007-7>. Acesso em: 12 jul. 2020.

NAKAYAMA, R. **Oportunidades de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para Indústria 4.0 no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 240 p. 2017.

NAUDET, Y.; LATOUR, T.; GUEDRIA, W.; CHEN, D. Towards a systemic formalisation of interoperability. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 61, p. 176-185, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.10.014>. Acesso em: 15 out. 2021.

NEUGEBAUER, R.; HIPPMANN, S.; LEIS, M.; LANDHERR, M. Industrie 4.0 - From the perspective of applied research. *In: CONFERENCE ON MANUFACTURING*

SYSTEMS, 49., 2019, Stuttgart. **Proceedings [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.002>. Acesso em: 14 abr. 2020.

NICHOLAS, D.; BOUKACEM-ZEGHMOURI, C.; RODRÍGUEZ-BRAVO, B.; XU, J.; WATKINSON, A.; ABRIZAH, A.; HERMAN, E.; ŚWIGOŃ, M. Where and how early career researchers find scholarly information. **Learned Publishing**, [s. l.], v. 30, p. 19-29, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/leap.1087>. Acesso em: 20 abr. 2020.

NILSSON, J.; SANDIN, F. Semantic interoperability in Industry 4.0: survey of recent developments and outlook. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL INFORMATICS (INDIN), 16., 2018, Porto. **2018 IEEE 16<sup>th</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8471971>. Acesso em: 15 jul. 2020.

NOLIN, J.; OLSON, N. The Internet of Things and convenience. **Internet Research**, [s. l.], v. 26, p. 360-376, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IntR-03-2014-0082>. Acesso em: 04 jun. 2020.

NSIAH, K.; SCHAPPACHER, M.; RATHFELDER, C.; SIKORA, A.; GROZA, V. An open-source toolkit for retrofit Industry 4.0 sensing and monitoring applications. In: INTERNATIONAL INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC), 33., 2018, Houston. **2018 IEEE International [...]**. Piscataway: IEEE, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2018.8409633>. Acesso em: 14 out. 2021.

OUSSOUS, A.; BENJELLOUN, F.; LAHCEN, A.; BELFKIK, S. Big Data technologies: a survey. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, [s. l.], v. 30, p. 431-448, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.06.001>. Acesso em: 27 jul. 2021.

PAIVA, K.; FERREIRA, L. Competências gerenciais na área de Tecnologia de Informação: um estudo com gestores de empresas localizadas no Triângulo Mineiro. **Revista Gestão & Tecnologia**, [s. l.], v. 13, p. 205-229, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2013.v13i1.484>. Acesso em: 27 fev. 2021.

PAIVA, R.; COSTA, D.; BORGES, F.; FREITAS, M. Expectativas e frustrações com a oferta de cursos de pós-graduação lato sensu. **Gestão universitária na América Latina**, Florianópolis, v. 10, p. 71-90, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2017v10n2p71>. Acesso em: 12 abr. 2021.

PAWAR, V.; LAW, J.; MAPLE, C. Manufacturing robotics: the next robotic industrial revolution. **UK-Robotics and Autonomous Systems**, [s. l.], v. 1, p. 1-28, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.31256/WP2016.1>. Acesso em: 19 abr. 2021.

PEJIC-BACH, M.; BERTONCEL, T.; MEŠKO, M.; KRSTIĆ, Ž. Text mining of Industry 4.0 job advertisements. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 50, p. 416-431, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.014>. Acesso em: 19 abr. 2021.

PEREIRA, A.; LIMA, T.; CHARRUA-SANTOS, F. Society 5.0 as a result of the technological evolution: historical approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN INTERACTION AND EMERGING TECHNOLOGIES, 1., 2019, Nice.



**IHIET 2019 [...]**. [S. l.]: Springer, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6\\_109](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_109). Acesso em: 10 ago. 2020.

PEREIRA, A; SIMONETTO, E. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 16, p. 1-9, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.4938>. Acesso em: 20 jul. 2020.

PETCU, D. Portability and interoperability between clouds: challenges and case study. *In: EUROPEAN CONFERENCE ON A SERVICE-BASED INTERNET*, 4., 2011, Poznań. **Towards [...]**. [S. l.]: Springer, 2011. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-24755-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24755-2_6). Acesso em: 12 abr. 2020.

PFEIFFER, S. Robots, Industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work. **Societies**, [s. l.], v. 6, p. 1-26, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/soc6020016>. Acesso em: 15 maio 2020.

PICCAROZZI, M.; AQUILANI, B.; GATTI, C. Industry 4.0 in management studies: a systematic literature review. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, p. 1-24, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10103821>. Acesso em: 25 fev. 2020.

PICOTO, W.; CRESPO, N.; CARVALHO, F. A influência da estrutura tecnologia-organização-ambiente e da orientação estratégica no uso da computação em nuvem, mobilidade empresarial e desempenho. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, São Paulo, v. 23, p. 278-300, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.7819/rbgn.v23i2.4105>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PILATI, O. Especialização: falácia ou conhecimento aprofundado? **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [s. l.], v. 3, p. 7-26, 2006. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/93>. Acesso em: 28 abr. 2020.

POCHMANN, M. **O emprego na globalização: a nova divisão internacional do trabalho e os caminhos que o Brasil escolheu**. 2. ed. São Paulo: Boitempo Editorial, 2015. 156 p.

POONPAKDEE, P.; KOIWANIT, J.; YUANGYAI, C. Decentralized network building change in large manufacturing companies towards Industry 4.0. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE SYSTEMS AND PERVASIVE COMPUTING (MOBISPC)*, 12., 2017, Leuven. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.113>. Acesso em: 19 jul. 2020.

POSADA, J.; TORO, C.; BARANDIARAN, I.; OYARZUN, D.; STRICKLER, D.; AMICIS, R.; PINTO, E.; EISERT, P.; DÖLLNER, P.; VALLARINO, I. Visual computing as a key enabling technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. **Computer Graphics and Applications**, Piscataway, v. 35, p. 26-40, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.45>. Acesso em: 05 maio. 2020.

PRAUSE, G.; ATARI, S. On sustainable production networks for Industry 4.0. **The International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues**, [s. l.], v. 4, p. 421-431, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(2\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(2)). Acesso em: 19 jun. 2020.

PRAUSE, M.; WEIGAND, J. Industry 4.0 and object-oriented development: incremental and architectural change. **Journal of Technology Management &**

**Innovation**, Santiago, v. 11, p. 104-110. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242016000200010>. Acesso em: 06 maio. 2020.

OLAVARRIETA, S.; VILLENA, M. Innovation and business research in Latin America: an overview. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 67, p. 489-497, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.11.005>. Acesso em: 14 jul. 2020.

OLIVEIRA, L.; ÁLVARES, A. Axiomatic design applied to the development of a system for monitoring and teleoperation of a CNC machine through the Internet. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AXIOMATIC DESIGN, 10., 2016, Xian. **Procedia [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.099>. Acesso em: 07 ago. 2020.

OLIVEIRA, P.; OESTERREICH, S.; ALMEIDA, V. Evasão na pós-graduação a distância: evidências de um estudo no interior do Brasil. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 44, p. 1-20, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201708165786>. Acesso em: 15 jul. 2020.

RADZIWON, A.; BILBERG, A.; BOGERS, M.; MADSEN, E. The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION, 24., 2013, Zadar. **24th DAAAM International [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>. Acesso em: 16 jun. 2020.

RAMOS, R. **Ramos da Administração**. 1. ed. Brasília: CFA, 2018. 55 p. Disponível em: [https://revistarba.org.br/mag/Docs/Livro\\_Ramos\\_Administracao.pdf](https://revistarba.org.br/mag/Docs/Livro_Ramos_Administracao.pdf). Acesso em: 14 abr. 2021.

RAUCH, E.; LINDER, C.; DALLASEGA, P. Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 139, p. 1-15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.018>. Acesso em 15 jun. 2020.

REIF, R.; GÜNTNER, W.; SCHWERDTFEGER, B.; KLINKER, G. Pick-by-vision comes on age: evaluation of an augmented reality supported picking system in a real storage environment. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS, VIRTUAL REALITY, VISUALISATION AND INTERACTION IN AFRICA, 6., 2009, Pretoria. **Proceedings [...]**. [S. l.]: ACM Digital Library, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1503454.1503459>. Acesso em: 08 ago. 2020.

REISCHAUER, G.; SCHOBER, L. Controlling von Industrie 4.0 - Prozessen. **Controlling & Management Review**, [s. l.], v. 59, p. 22-28, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12176-015-0614-y>. Acesso em: 12 jun. 2020.

RESENDE, E. **O livro das competências - Desenvolvimento das competências**: a melhor auto-ajuda para as pessoas, organizações e sociedade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000. 224 p.

RIVERA, S. Big Data Marketing: una aproximación. **Perspectivas**, [s. l.], v. 35, p. 147-158, 2015. Disponível em: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1994-37332015000100007&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1994-37332015000100007&script=sci_abstract). Acesso em: 13 jun. 2021.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A complex view of Industry 4.0. **Sage Open**, [s. l.], v. 6, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>. Acesso em: 17 mar. 2020.

RODIČ, B. Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. **Organizacija**, [s. l.], v. 50, p. 193-207, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/orga-2017-0017>. Acesso em: 21 mar. 2020.

RODRIGUES, V.; ZANCUL, E.; MANÇANARES, C.; GIORDANO, C.; SALERNO, M. Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 12, p. 1-34, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1657>. Acesso em: 19 jul. 2021.

ROJKO, A. Industry 4.0 concept: background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, [s. l.], v. 11, p. 77-90, 2017. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/7072/0>. Acesso em: 22 mar. 2020.

ROMERO, D.; BERNUS, P.; NORAN, O.; STAHRÉ, J.; FAST-BERGLUND, Å. The operator 4.0: human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems. *In: International Conference on Advances in Production Management Systems*, 7., 2016, Foz do Iguaçu. **Advances in [...]**. [S. l.]: Springer, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_80). Acesso em: 12 jul. 2020.

ROSSATO, E. As transformações no mundo do trabalho. **VIDYA**, Santa Maria, v. 19, p. 151-159, 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/491>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ROUTRAY, S.; SHARMILA, K.; JAVALI, A.; GHOSH, A.; SARANGI, A. An outlook of Narrowband IoT for Industry 4.0. *In: International Conference on Inventive Research in Computing Applications*, 2., 2020, Coimbatore. **2020 Second International [...]**. Piscataway: IEEE, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9182803>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. **Management Research News**, [s. l.], v. 27, p. 31-39, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01409170410784185>. Acesso em: 15 ago. 2020.

RÜSSMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; ENGEL, P.; HARNISCH, M.; JUSTUS, J. **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston: BCG, 2015. Disponível em: [https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 18 maio 2020.

SALDIVAR, A.; LI, Y.; CHEN, Y.; ZHAN, Z.; ZHANG, J.; CHEN, L. Industry 4.0 with cyber-physical integration: a design and manufacture perspective. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION AND COMPUTING (ICAC)*, 21., 2015, Glasgow. **2015 21<sup>st</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IConAC.2015.7313954>. Acesso em: 10 abr. 2020.

SALERNO, M.; LINS, L.; ARAÚJO, B.; GOMES, L.; BOTTAN, T. **Tendências e perspectivas da engenharia no Brasil - Formação e mercado de trabalho em engenharia no Brasil**. São Paulo: USP, 2013. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/eventos/documentos/engenhariadata-2014-formacao-e-mercado-de-trabalho-em-engenharia-no-brasil-relatorio-2012>. Acesso em: 04 maio 2021.

SALIM, N. What's all the buzz around “Big data”. **IEEE Women in Engineering Magazine**, [s. l.], v. 6, p. 24-31, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MWIE.2012.2215256>. Acesso em: 10 abr. 2020.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in Industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, [s. l.], v. 9, p. 811-833, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1940>. Acesso em: 17 set. 2020.

SANTANA, C.; SALES, K. Aula em casa: educação, tecnologias digitais e pandemia covid-19. **Revista Interfaces Científicas**, Aracaju, v.10, p. 75-92, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n1p75-92>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SANTOS, B.; ALBERTO, A.; LIMA, T.; CHARRUA-SANTOS, F. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 4, p. 111-124, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.32358/rpd.2018.v4.316>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SANTOS, M.; SÁ, J.; ANDRADE, C.; LIMA, F.; COSTA, E.; COSTA, C.; MARTINHO, B.; GALVÃO, J. A big data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 37, p. 750-760, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.07.012>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SAUCEDO-MARTÍNEZ, J.; PÉREZ-LARA, M.; MARMOLEJO-SAUCEDO, J.; SALAIS-FIERRO, T.; VASANT, P. Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, [s. l.], v. 9, p. 789-801, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0533-1>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SAVIANI, D. A pós-graduação em educação no Brasil: trajetória, situação atual e perspectivas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 1, p. 1-19, 2000. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/3211/3121>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SAXENA, V.; PUSHKAR, S. Cloud computing challenges and implementations. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL, ELECTRONICS, AND OPTIMIZATION TECHNIQUES (ICEEOT)*, 1., 2016, Chennai. **2016 International [...]**. [S. l.]: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755159>. Acesso em: 27 abr. 2020.

SBAGLIA, L.; GIBERTI, L.; SILVESTRI, M. The cyber-physical systems within the Industry 4.0 framework. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF IFTOMM*, 2., 2018,

Cassino. **Advances [...]**. [S. l.]: Springer, 2019. Disponível em:

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-03320-0\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03320-0_45). Acesso em: 14 abr. 2020.

SCHLECHTENDAHL, J.; KEINERT, M.; KRETSCHMER, F.; LECHLER, A.; VERL, A. Making existing production systems Industry 4.0-ready. **Production Engineering**, [s. l.], v. 9, p. 143-148, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11740-014-0586-3>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SCHMIDT, R.; MÖHRING, M.; HÄRTING, R.; REICHSTEIN, C.; NEUMAIER, P.; Jozinović, P. Industry 4.0 - potentials for creating smart products: empirical research results. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS INFORMATION SYSTEMS, 18., 2015, Poznań. **Business [...]**. [S. l.]: Springer, 2015. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19027-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19027-3_2). Acesso em: 16 ago. 2020.

SCHUH, G.; POTENTE, T.; WESCH-POTENTE, C.; WEBER, A.; PROTE, J. Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *In*: CIRP ROBUST MANUFACTURING CONFERENCE (ROMAC), 2., 2014, Bremen. **2nd CIRP [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>. Acesso em: 15 jul. 2020.

SEMESP (Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação). **Cursos de especialização lato sensu no Brasil**. 1. ed. São Paulo: SEMESP, 2019. 34 p. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/pesquisas/pesquisa-especializacao-de-nivel-superior/>. Acesso em: 18 out. 2020.

SHAFIQ, S.; SANIN, C.; SZCZEBICKI, E.; TORO, C. Virtual engineering factory: creating experience base for Industry 4.0. **Cybernetics and Systems**, [s. l.], v. 47, p. 32-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01969722.2016.1128762>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SHAMIM, S.; CANG, S.; YU, H.; LI, Y. Management approaches for Industry 4.0: a human resource management perspective. *In*: IEEE CONGRESS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION (CEC), 18., 2016, Vancouver. **2016 IEEE Congress [...]**. Piscataway: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CEC.2016.7748365>. Acesso em: 15 ago. 2020.

SHI, J.; WAN, J.; YAN, Y.; SUO, H. A survey of cyber-physical systems. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING (WCSP), 13., 2011, Nanjing. **2011 International [...]**. Piscataway: IEEE, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WCSP.2011.6096958>. Acesso em: 27 mar. 2020.

SHROUF, F.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, G. Smart factories in Industry 4.0: a review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 8., 2014, Selangor. **2014 IEEE International [...]**. Piscataway: IEEE, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>. Acesso em: 15 mar. 2020.

SHVETSOVA, O.; KUZMINA, A. Development of engineering personnel in the era of the Fourth Industrial Revolution. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS AND ENVIRONMENTS (ERGO),

3., 2018, St. Petersburg. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443927>. Acesso em: 17 jul. 2020.

SILVA, G.; KORZENOWSKI, A.; DALL'AGNOL, M.; SIMÕES, W.; JÚNIOR, J. Priorização das habilidades do Engenheiro de Produção demandadas pelo mercado da região norte do Brasil: uma análise da universidade e o mercado de trabalho. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, p. 196-220, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv4n1-113>. Acesso em: 17 jul. 2021.

SILVA, R.; GALEGALE, N. O efeito da implementação dos sistemas ERP e CRM na satisfação dos clientes. **Revista Científica Hermes**, [s. l.], v. 27, p. 184-207, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/4776/477665801002/html/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SILVA, S.; VASCONCELOS, R.; CAMPOS, P. Industry 4.0: a theoretical contribution to the current scenario of technology in Brazil. **ITEGAM-JETIA**, [s. l.], v. 5, p. 56-60, 2019. Disponível em: <https://itegam-jetia.org/journal/index.php/jetia/article/view/493>. Acesso em: 11 maio 2021.

SIMONS, S.; ABÉ, P.; NESER, S. Learning in the AutFab - The fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES, 7., 2017, Darmstadt. **7th Conference [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.023>. Acesso em: 25 maio 2021

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, J. Survey on the use of simulation for manufacturing system design and operation. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 22, p. 157-171, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(03\)90013-6](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(03)90013-6). Acesso em: 02 maio 2021

SONY, M.; NAIK, S. Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: a systematic review and proposed theoretical model. **Technology in Society**, [s. l.], v. 61, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>. Acesso em: 13 mar. 2021.

SOUZA, E.; VIEIRA, J. Desafios da Indústria 4.0 no contexto brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 6, p. 5001-5022, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-361>. Acesso em: 15 nov. 2020.

STRAUSS, P.; SCHMITZ, M.; WÖSTMANN, R.; DEUSE, J. Enabling of predictive maintenance in the brownfield through low-cost sensors, an IIoT-architecture and machine learning. In: International Conference on Big Data (Big Data), 3. 2018, Seattle. **2018 IEEE [...]**. Piscataway: IEEE. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622076>. Acesso em: 19 abr. 2020.

SUNG, T. Industry 4.0: a Korea perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v.132, p. 40-45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>. Acesso em: 04 mar. 2020.

- TAN, X.; AI, B. The issues of cloud computing security in high-speed railway. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC & MECHANICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY*, 1., 2011, Harbin. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/EMEIT.2011.6023923>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- TAO, F.; WANG, Y.; ZUO, Y.; YANG, H.; ZHANG, M. Internet of Things in product life-cycle energy management. **Journal of Industrial Information Integration**, [s. l.], v. 1, p. 26-39, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.001>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- TAO, F.; ZHANG, M. Digital twin shop-floor: a new shop-floor paradigm towards smart manufacturing. **IEEE Access**, Piscataway, v. 5, p. 20418-20427, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2756069>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- TAURI, A.; MAINARDES, E. Escolha de cursos de pós-graduação lato sensu e os seus fatores determinantes. **Gestão universitária na América Latina**, Florianópolis, v. 8, p. 219-239, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2015v8n3p219>. Acesso em: 11 fev. 2021.
- TEIXEIRA, R.; TEIXEIRA, C.; BRITO, M.; SILVA, P. Desafios da Siderurgia na Indústria 4.0 no Brasil. *In: ANDRADE, D. Gestão da produção em foco*. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2020. p. 148-158. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/producao/foco42/>. Acesso em: 15 dez. 2020.
- TELLES, R. A efetividade da matriz de amarração de Mazzon nas pesquisas em Administração. **RAUSP Management Journal**, São Paulo, v. 36, p. 64-72, 2001. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/16589/a-efetividade-da-matriz-de-amarracao-de-mazzon-nas-pesquisas-em-aadministracao/i/pt-br>. Acesso em 15 mar. 2021.
- THAMES, L.; SCHAEFER, D. **Cybersecurity for Industry 4.0**. 1. ed. [S. l.]: Springer, 2017. 265 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50660-9>. Acesso em: 25 ago. 2020.
- THOMPSON, M.; MORONI, G.; VANEKER, T.; FADEL, G.; CAMPBELL, I.; GIBSON, I.; BERNARD, A.; SCHULZ, J.; GRAF, P.; AHUJA, B.; MARTINA, F. Design for additive manufacturing: trends, opportunities, considerations, and constraints. **CIRP Annals**, [s. l.], v. 65, p. 737-760, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>. Acesso em: 16 jul. 2020.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, p. 207-222, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- TROPIA, C.; SILVA, P.; DIAS, A. Indústria 4.0: Uma caracterização do sistema de produção. *In: CONGRESO LATÍNO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA (ALTEC)*, 17., 2017, Cidade do México. **Gestión [...]**. Belo Horizonte: UFMG, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317475373\\_Industria\\_40\\_uma\\_caracterizacao\\_do\\_sistema\\_de\\_producao](https://www.researchgate.net/publication/317475373_Industria_40_uma_caracterizacao_do_sistema_de_producao). Acesso em: 19 nov. 2020.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 - A glimpse. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS, MANUFACTURING AND DESIGN ENGINEERING (ICMMD), 2.*, 2017, Aurangabad. **2<sup>nd</sup> International [...]**. Elsevier, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>. Acesso em: 22 mar. 2020.

VELHO, S; BARBALHO, S. Um observatório latino-americano da Indústria 4.0. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 12.*, 2019, Brasília. **Proceedings [...]**. São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/cbgdp2019-20>. Acesso em: 14 dez. 2020.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. **Internet of Things - Global technological and societal trends**. 1. ed. Aalborg: River Publishers, 2011. 317 p.

VERMULM, R. Políticas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. **Instituto de Estudos Para o Desenvolvimento Industrial**, [s. l.], v. 1, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>. Acesso em 15 out. 2020.

VERGARA, S. **Métodos de pesquisa em Administração**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 288 p.

VINCENZI, T.; CUNHA, J. Características de empresas e de inovações e suas relações com barreiras à inovação no setor de serviços brasileiro. **Caderno EBAPE.BR**, [s. l.], v. 17, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395174404>. Acesso em: 12 mar. 2021.

VOGEL-HEUSER, B.; HESS, D. Guest editorial Industry 4.0 – prerequisites and visions. **Transactions on Automation Science and Engineering**, [s. l.], v. 13, p. 411-413, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TASE.2016.2523639>. Acesso em: 12 mar. 2020.

VYATKIN, V.; SALCIC, Z.; ROOP, P.; FITZGERALD, J. Now that's smart! **Industrial Electronics Magazine**, Piscataway, v. 1, p. 17-29, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MIE.2007.909540>. Acesso em: 15 mar. 2020.

WANG, Z.; CHEN, C.; GUO, B.; YU, Z.; ZHOU, X. Internet Plus in China. **IT Professional**, Piscataway, v. 18, p. 5-8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MITP.2016.47>. Acesso em: 14 maio 2020.

WEILL, P. The relationship between investment in information technology and firm performance: a study of the valve manufacturing sector. **Information Systems Research**, [s. l.], v. 3, p. 307-333, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/isre.3.4.307>. Acesso em: 10 jun. 2020

WESTERA, W. Competences in education: a confusion of tongues. **Journal of Curriculum Studies**, [s. l.], v. 33, p. 75-88, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00220270120625>. Acesso em: 12 nov. 2020

WESTERMAN, G.; TANNOU, M.; BONNET, D.; FERRARIS, P.; MCAFEE, A. The digital advantage: how digital leaders outperform their peers in every industry. The MIT Center for Digital Business, Cambridge, v. 2, p. 1-24, 2012. Disponível em:



<https://www.capgemini.com/resources/the-digital-advantage-how-digital-leaders-outperform-their-peers-in-every-industry/>. Acesso em: 17 maio 2020.

WINDT, K.; HÜLSMANN, M. Perspectives on initial ideas and conceptual components of autonomous cooperation and control. In: WINDT, K.; HÜLSMANN, M. **Understanding autonomous cooperation and control in logistics**. 1. ed. Berlin: Springer, 2007. p. 17-22. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-47450-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-47450-0_2). Acesso em: 14 abr. 2020.

WIPO (World Intellectual Property Organization). **Índice global de inovação 2020**. 13. ed. [S. l.]: WIPO, 2020. Disponível em: [https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII\\_2020\\_KeyFindings\\_PT\\_web.pdf](https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2020_KeyFindings_PT_web.pdf). Acesso em: 17 jan. 2021.

WONG, S.; ZHENG, Y. The effect of metal noise factor to RFID location system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 7., 2013, Bangkok. **2013 IEEE International [...]**. Piscataway: IEEE, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2013.6962424>. Acesso em: 04 jun. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Geneva: World Economic Forum, 2018. 147 p. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>. Acesso em: 15 maio 2020.

XIA, F.; YANG, L.; WANG, L.; VINEL, A. Internet of Things. **International Journal of Communication Systems**, [s. l.], v. 25, p. 1101-1102, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/dac.2417>. Acesso em: 28 jul. 2020.

XU, L.; XU, E.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 56, p. 2941-2962, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>. Acesso em: 02 mar. 2020.

XU, X. From cloud computing to cloud manufacturing. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, [s. l.], v. 28, p. 75-86, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>. Acesso em: 09 abr. 2020.

YAMADA, T.; HASEGAWA, S.; KINOSHITA, Y.; YAMADA, S.; INOUE, M.; ROSEBROCK, C.; BRACKE, S. Process integration concept for waste reduction among manufacturing planning, modularization and validation. GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING, 15., 2018, Haifa. **15<sup>th</sup> Global [...]**. [S. l.]: Elsevier, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.129>. Acesso em: 12 maio 2020.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, [s. l.], v. 1, p. 7-18, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13174-010-0007-6>. Acesso em: 02 abr. 2020

ZHENG, X.; MARTIN, P.; BROHMAN, K.; XU, L. Cloud service negotiation in Internet of Things environment: a mixed approach. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [s. l.], v. 10, p. 1506-1515, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2305641>. Acesso em: 04 abr. 2020.

ZHONG, R.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: a review. **Engineering**, [s. l.], v. 3, p. 616-630, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>. Acesso em: 18 mar. 2020.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY (FSKD), 12., 2015, Zhangjiajie. **2015 12<sup>th</sup> International [...]**. Piscataway: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>. Acesso em: 04 mar. 2020.

ZIENTEK, L.; WERNER, J.; CAMPUZANO, M.; NIMON, K. The use of Google Scholar for research and research dissemination. **New Horizons in Adult Education & Human Resource Development**, [s. l.], v. 30, p. 39-46, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/nha3.20209>. Acesso em: 20 set. 2021.

ZILLI, J.; LEOPOLDO, A.; FREIRE, P.; VIEIRA, A.; BOIANI, E. Competências e habilidades da Indústria 4.0 no contexto dos cursos de Administração e Comércio Exterior. **P2P Inovação**, [s. l.], v. 7, p. 50-69, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21721/p2p.2020v7n1.p50-69>. Acesso em: 27 jul. 2021.