



Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção



Desafios das Empresas frente aos princípios das *Smarts Factors*: Uma
análise em um grupo de empresas sediadas no Brasil

Larissa Aparecida Lopes de Souza

Ouro Preto - MG

Dezembro/2021

Larissa Aparecida Lopes de Souza

Desafios das Empresas frente aos princípios das *Smarts Factors*: Uma
análise em um grupo de empresas sediadas no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães

Ouro Preto - MG

Dezembro/2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Larissa Aparecida Lopes de Souza

Desafios das Empresas frente aos princípios das *Smarts Factors*: Uma análise em um grupo de empresas sediadas no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 17 de dezembro de 2021

Membros da banca

Dr^a Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Dr Helton Cristiano Gomes - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Engenheiro e Mestrando Igor Vinicius Silva Paiva - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 19/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2021, às 20:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0260817** e o código CRC **2EFC04BF**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.013394/2021-96

SEI nº 0260817

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591540 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus.

Aos meus pais e minha irmã que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

À minha orientadora professora Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães, por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

A todos os meus professores do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, que contribuíram para minha formação.

À Universidade Federal de Ouro Preto e Escola de Minas pelo ensino de qualidade.

Aos amigos de curso e 15.2 pelos momentos de estudos e pela amizade.

RESUMO

A Indústria 4.0 promete um grande avanço no desenvolvimento tecnológico das empresas. Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento das empresas brasileiras frente à Indústria 4.0. Para isso foi realizada uma análise bibliométrica, considerando o período de 2017 a 2021, e utilizou-se a ferramenta Quality Function Deployment (QFD). Foram identificadas 38 empresas, dessas 19 são brasileiras e 15 multinacionais instaladas no Brasil, o que sugere que o Brasil está realmente em busca da inserção na quarta Revolução Industrial e não está apenas sediando a Indústria 4.0 de outros países. Esse estudo permitiu ainda identificar a redução de custos, o aumento de produtividade e a flexibilidade nos processos como os benefícios da Indústria 4.0 mais relevantes no momento para os pesquisadores que publicam nas bases de dados, estudadas neste trabalho, e para as empresas que atuam no Brasil e forneceram dados para essa pesquisa.

Palavras chave: Indústria 4.0. Empresas. Brasil.

ABSTRACT

Industry 4.0 promises a significant advance in the technological development of companies. This study aimed to evaluate the behavior of Brazilian companies towards Industry 4.0. A detailed bibliometric analysis is done, considering the period from 2017 to 2021, using the Quality Function Deployment (QFD) tool. As a result, 38 companies have been identified, of which 19 are Brazilian and 15 multinationals established in Brazil, leading to suggests that Brazil is looking forward for the Fourth Industrial Revolution insertion and is not just hosting Industry 4.0 from other countries. Therefore, the review made it possible the identification of cost reduction and increased productivity and flexibility in processes as the benefits of Industry 4.0. These are the most relevant findings for researchers who publish in the databases studied in this paper as well for companies operating in Brazil and provided data for this research.

Key-words: Industry 4.0. Companies. Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Revoluções Industriais	17
Figura 2: Fábrica Inteligente.....	22
Figura 3: Principais Pilares da Indústria 4.0	23
Figura 4: Impactos da Indústria 4.0 em 2025	31
Figura 5: Etapa de filtragem do banco de materiais científicos.....	40
Figura 6: Etapas de identificação de tecnologias utilizadas por um grupo de empresas sediadas no Brasil	41
Figura 7: Casa da qualidade - QFD	42
Figura 8: Requisitos dos clientes	43
Figura 9: Grau de importância de cada pilar da Indústria 4.0	44
Figura 10: Avaliação de mercado portais de busca	46
Figura 11: Avaliação de inserção do assunto na pesquisa	51
Figura 12: Apresentação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0 ...	52
Figura 13: Ranqueamento da relação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0 considerando os portais de busca	53
Figura 14: Ranqueamento da relação dos requisitos do projeto considerando as empresas agrupadas	54
Figura 15: Quantificação dos requisitos considerando portais de busca	54
Figura 16: Quantificação dos requisitos considerando as empresas agrupadas	54
Figura 17: Telhado da casa da qualidade.....	55
Figura 18: Modelo de Kano	56
Figura 19: Classificação do grau de importância dos benefícios proporcionados pela I.4.0 de acordo com os portais de busca	72
Figura 20: Classificação do grau de importância dos benefícios proporcionados pela I.4.0 de acordo com as empresas	72
Figura 21: Avaliação da repercussão da I 4.0 nos portais de busca	74
Figura 22: Avaliação da repercussão da I 4.0 nas empresas.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conceito de Indústria 4.0 na ótica de diferentes autores	19
Quadro 2: A avaliação de inserção do assunto na pesquisa nos portais de busca	45
Quadro 3: Classificação das empresas por número de funcionários	46
Quadro 4: Classificação de porte das empresas selecionadas	47
Quadro 5: Agrupamento de empresas de acordo com classificação de porte	48
Quadro 6: Avaliação de mercado das empresas	49
Quadro 7: Análise dos pilares em relação aos requisitos da pesquisa	55
Quadro 8: Filtragem de documentos científicos nos portais de busca.....	58
Quadro 9: Estudos selecionados das bases científicas.....	58
Quadro 10: Tecnologias são salientadas nos estudos selecionados.....	60
Quadro 11: Classificação das Empresas apresentadas nos materiais selecionados e área de atuação	64
Quadro 12: Resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição das empresas ativas no Brasil	35
Gráfico 2: Cidades com maior número de Empresas em/no Brasil	36
Gráfico 3: Número de empresas que utilizam tecnologias da I.4.0 de acordo com análise dos documentos científicos	63
Gráfico 4: Utilização dos pilares das tecnologias da I.4.0 por grupo de empresas	65
Gráfico 5: Número de empresas que utilizam tecnologias da I.4.0 de acordo com análise dos vídeos dos processos	70
Gráfico 6: Porcentagem de empresas brasileiras e de multinacionais instaladas no Brasil	70
Gráfico 7: Número de empresas brasileiras que utilizam tecnologias da I.4.0	71
Gráfico 8: Número de empresas multinacionais instaladas no Brasil que utilizam tecnologias da I.4.0	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três dimensões

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

BCG – *Boston Consulting Group*

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CIESP – Centro das Indústrias do Estado de São Paulo

CNI – Confederação Nacional da Indústria

COVID-19 – Coronavírus

CPS – *Sistemas Cyber-Físicos*

EUA – *United States of America*

FIESP – Federação Industrial de São Paulo

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

GTI 4.0 – Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0

I.4.0 – Indústria 4.0

IFAA – *Institut Für Angewandte Arbeitswissenschaft*

IIOT – *Industrial Internet of Thing*

IoS – *Internet of Services*

IoT – *Internet of Things*

MIDIC – Ministério Da Indústria, Comércio e Serviços

PRONAMPE – Programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte

QFD – *Quality Function Deployment*

RFID – *Radio-Frequency IDentification*

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SoS – *System of Systems*

TI – Tecnologia de Informação

UEA – Universidade Estadual do Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Considerações Iniciais	13
1.2 Justificativa de Estudo	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Estrutura da Pesquisa	15
2. PRINCÍPIOS BÁSICOS DO CONCEITO DA INDÚSTRIA 4.0.....	17
2.1 Indústria 4.0.....	17
2.2 Fábricas Inteligentes.....	21
2.3 Sistemas Integrados no Modelo da Indústria 4.0	22
2.3.1 Internet das Coisas e Serviços (IoT e IoS).....	23
2.3.2 Sistemas Cyber-Físicos.....	24
2.3.3 Big Data	26
2.3.4 Robôs Autônomos	26
2.3.5 Computação em Nuvem	27
2.3.6 Simulação	27
2.3.7 Integração de Sistemas	28
2.3.8 Manufatura aditiva	28
2.3.9 Realidade Aumentada	29
2.4 Benefícios da Indústria 4.0 para a Indústria e Economia	29
2.5 Desafios da Indústria 4.0	31
3. CONTEXTO BRASILEIRO	33
3.1 Empresas no Brasil	35
3.2 Empresas Multinacionais no Brasil	36
4. METODOLOGIA	38
4.1 Análise Sistemática - Bibliometria	38
4.2 Análise de Vídeos e Sites das Empresas.....	40
4.3 Utilização da Ferramenta QFD	41
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
5.1. Análise Bibliométrica	57

5.2 Análise de Vídeos e Sites das Empresas	65
5.3 Ferramenta QFD	72
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz um estudo que trata da importância e das características das Revoluções Industriais e as inquietações em relação ao Brasil frente a Indústria 4.0.

1.1 Considerações Iniciais

Para Cavalcante e Silva (2011) e Pereira e Simonetto (2018), um dos marcos inicial que pode ser considerado ao analisar uma revolução industrial é o desenvolvimento e uso de tecnologias. Nas histórias das revoluções industriais muitos desafios e transformações aperfeiçoaram os diversos sistemas.

Segundo Guimarães e Lima, 2019, no século XVIII, a invenção da máquina a vapor promoveu a primeira revolução que deu origem a indústria, uma vez que acelerou a produção de mercadorias. Outras transformações aconteceram no século XIX durante a segunda revolução industrial, exemplos são o modelo de produção padronizada e em massa, denominado fordismo destacada por Stevan Jr., Leme e Santos (2019) e os programas de saneamento e viagens internacionais pontuadas por Schwab e Davis (2019).

Segundo os mesmos autores a terceira revolução, iniciada em 1960, não ocorreu por causa das tecnologias digitais, mas pelas transformações que aconteceram no contexto econômico e social da época. A mudança drástica na capacidade de armazenar, processar e transmitir informações no ambiente digital revolucionou os meios industriais e o comportamento profissional de muitas pessoas (Guimarães & Lima, 2019; Schwab & Davis, 2019).

Para Stevan Jr., Leme e Santos (2019) houve também neste contexto, a inserção de novas estratégias de produção com foco na eliminação dos diversos desperdícios principalmente o de tempo e investimento, a introdução de robôs e outras máquinas a fim de substituir parte da mão de obra humana em algumas atividades e aumentar a produtividade.

Assim como as três primeiras revoluções contribuíram para o desenvolvimento promovendo a competição tecnológica, é previsto para a quarta revolução um impacto maior no desenvolvimento industrial. O início das discussões da atual revolução foi na Alemanha em 2011 com a proposta de melhoria contínua em termos de modernização, competência, produtividade, segurança e retorno de investimento (SCHWAB, 2016).

Países desenvolvidos como Alemanha, Estados Unidos da América e China direcionam investimentos com intuito de incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias

relacionadas a Indústria 4.0 e qualificar mão de obra especializada para atuar nesse projeto (LIMA, 2019). Já no Brasil, grande parte da indústria ainda se encontra na transição da Indústria 2.0 para a Indústria 3.0, apresentando um atraso em relação ao investimento e desenvolvimento de novas tecnologias, quando comparado com os países desenvolvidos (ELIENESIO, ALBERTIN E JAGUARIBE, 2018 e LIMA, 2019).

Neste sentido, a relevância desta pesquisa encontra-se no sentido de identificar possíveis avanços da indústria brasileira, analisar estratégias de inserção e motivação para inserção de tecnologias da Indústria 4.0 no país, bem como identificar as mudanças das atividades de trabalho, de forma a destacar as possibilidades de formação das pessoas para novos ambientes de trabalho.

1.2 Justificativa de Estudo

A proposta trazida pela Indústria 4.0 é a de aumento da produtividade, com otimização do tempo e redução de custos, aumento de flexibilidade, melhorias na qualidade dos produtos e serviços, bem como, aperfeiçoamento do gerenciamento nas indústrias. É previsto que a Indústria 4.0 reunirá recursos físicos e digitais, conectando máquinas, sistemas e ativos.

Apesar de a quarta Revolução Industrial prometer um grande avanço no desenvolvimento, não são todos países e empresas que têm o conhecimento dessa nova revolução ou que estão preparados para aderir. É notória a diferença no nível de desenvolvimento do Brasil quando comparado com países desenvolvidos, de forma que se estima que a maioria das empresas brasileiras ainda apresente um longo caminho até atingir um nível de desenvolvimento tecnológico adequado aos padrões da indústria 4.0.

Diante do conhecimento da diferença do nível de desenvolvimento tecnológico do Brasil quando comparado a países como Alemanha, EUA e China, e das transformações impostas pela implementação da Indústria 4.0 para o desenvolvimento de um país, tal pesquisa pode auxiliar na identificação do grau de inserção das empresas brasileiras na quarta Revolução Industrial e analisar as possibilidades para as que ainda não estão e querem inserir nesse novo contexto.

1.3 Objetivos

Os objetivos que regem este trabalho de conclusão de curso são:

1.3.1 Objetivo geral

Apresentar uma análise sistemática, considerando o período de 2017 a 2021, do comportamento das empresas brasileiras frente a revolução proposta pela Indústria 4.0.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica para apresentar os principais conceitos de Indústria 4.0;
- Identificar quais os impactos e transformações propostos pela 4ª revolução industrial;
- Realizar um comparativo entre a iniciativa das empresas brasileiras e de outros países que se destacam no contexto da indústria 4.0;
- Identificar por meio da QFD o grau de inserção das indústrias que já investem na Indústria 4.0 no Brasil;
- Analisar o comportamento das empresas brasileiras frente a proposta da 4ª revolução industrial;
- Identificar quais são os principais desafios para a transformação das indústrias brasileiras em Indústria 4.0;

1.4 Estrutura da Monografia

Este estudo está estruturado como se segue:

O Capítulo 1 consiste em uma apresentação introdutória sobre a importância e as características das Revoluções Industriais e a preocupação em relação ao Brasil frente a Indústria 4.0, juntamente com os objetivos específicos, o objetivo geral da pesquisa e a justificativa do estudo.

No Capítulo 2 são descritos os princípios básicos do conceito da Indústria 4.0 identificados por meio de uma revisão bibliográfica.

O Capítulo 3 traz uma análise do contexto Brasileiro frente essa nova Revolução Industrial.

No Capítulo 4 é feito um detalhamento acerca da metodologia utilizada e todas as etapas que foram essenciais para realização do objetivo proposto.

No Capítulo 5 é apresentada a análise sistemática realizada em 10 materiais acadêmicos, seguido pela análise de vídeos dos processos das empresas, análise dos sites das empresas e por último a análise dos resultados obtidos por meio da utilização da ferramenta QFD.

E finalmente, no Capítulo 6 as considerações finais são delineadas, baseada no conteúdo dos capítulos anteriores e sugestões de estudos futuros.

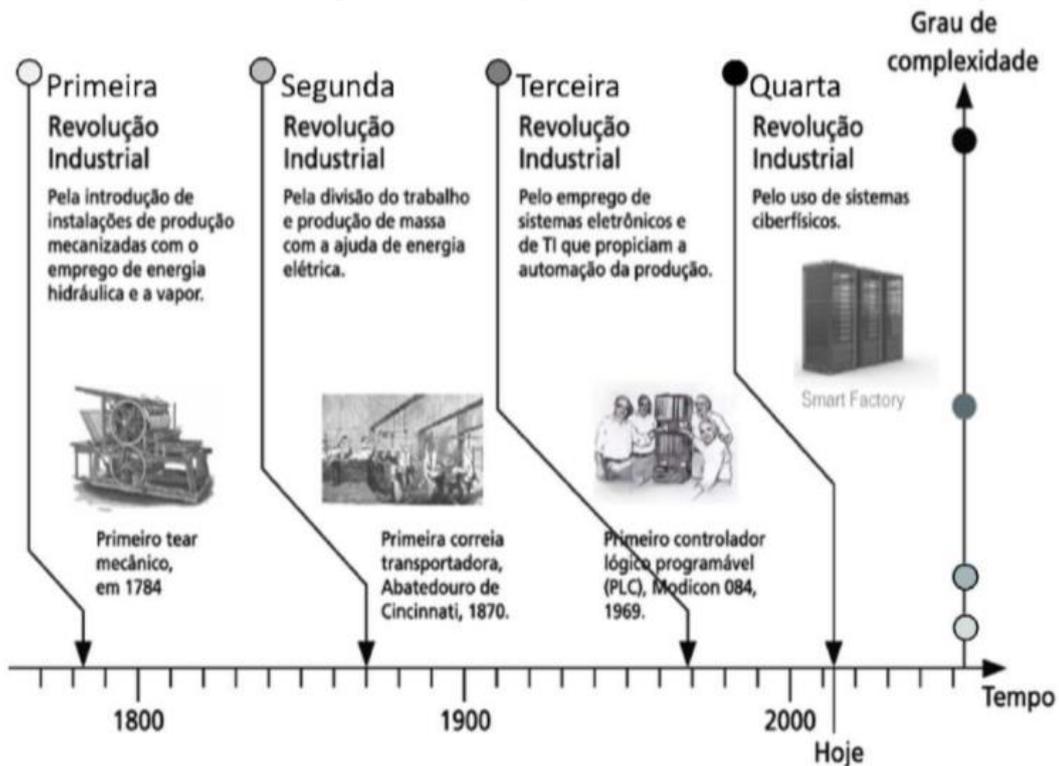
2. PRINCÍPIOS BÁSICOS DO CONCEITO DA INDÚSTRIA 4.0

Com a evolução tecnológica e a integração dos processos, princípios básicos do conceito da Indústria 4.0, os sistemas de produção tornam-se mais inteligentes e independentes, capazes de identificar o surgimento de necessidades produtivas. Sendo assim, a quarta revolução industrial propõe a possibilidade de maior eficiência e produtividade nos contextos industriais (SAMUEL ALMEIDA, 2019).

2.1 Indústria 4.0

Segundo Teixeira et al. (2019), as tecnologias disponíveis para a indústria proporcionaram mudanças ou revoluções na produção, conforme representado na Figura 1.

Figura 1: Revoluções Industriais



Fonte: Teixeira et al. (2019)

Segundo Borges Lima et al. (2019) e Guimarães e Lima (2019), o aumento da população e da demanda por produtos artesanais influenciaram a primeira Revolução Industrial. Segundo Teixeira et al. (2019), o ano de 1769 foi marcado pelo aperfeiçoamento da máquina a vapor, da invenção do tear mecânico e o início da tecelagem industrial na Inglaterra. A primeira Revolução Industrial tornou as empresas familiares não competitivas e influenciou para que estas trabalhassem para os donos de meios de produção, onde empregavam crianças, adolescentes, jovens, adultos e idosos

com baixo salário e com uma carga horária de até 16 horas por dia (BORGES LIMA et al., 2019).

Borges Lima et al. (2019) afirmam que, no século XIX, o aumento de produção de aço influenciou a criação e fabricação de equipamentos mais modernos. Stevan Jr., Leme e Santos (2019) e Borges Lima et. al., (2019) acreditam que, estes equipamentos, aliados ao uso de energia elétrica, impulsionaram a manufatura e, em conjunto com a divisão do trabalho e a produção em massa marcaram o início da segunda Revolução Industrial. A produção em massa reduziu custos de produção e do produto final, propiciando para que mais pessoas pudessem adquirir bens e serviços, e aderiu a padronização dos produtos fabricados (STEVAN JR., LEME E SANTOS, 2019). Neste período os meios de produção estavam preocupados em produzir cada vez mais e sempre o mesmo produto, não preocupavam com a qualidade. No início da segunda Revolução Industrial a cidade de Cincinnati, em Ohio, tornou-se referência pela centralização da produção sendo uma das maiores produtoras de carne (BORGES LIMA et al., 2019).

Segundo Borges Lima et al., (2019), a terceira Revolução Industrial foi marcada pela produção enxuta, surgimento do primeiro programador lógico e uso intensivo da Tecnologia de Informação (TI). Os mesmos autores afirmam que o fim da Segunda Guerra Mundial influenciou para que o Japão orientasse toda população a reduzir desperdícios, uma vez o que país estava com poucos recursos disponíveis, e então surgiu o sistema Toyota de produção, conhecido com produção enxuta, onde focava em reduzir desperdícios, eliminar perdas, garantir qualidade e produzir de acordo com a demanda dos clientes (BORGES LIMA et al., 2019). De acordo com Schwab e Davis (2019) e Borges Lima et al. (2019), em 1960 surgiu o primeiro controlador lógico programável, facilitando a automação industrial, e a TI, que passou a ser utilizada a fim de apoiar e controlar a manufatura.

A quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, é caracterizada pela conectividade, pelo desenvolvimento de novos sensores, pela tecnologia de processamento mais rápido e pelas redes de produção avançadas e de dispositivos de fabricação que são controlados por computadores, permitindo uma integração entre o real e o virtual de maneira mais integrada (STEVAN JR.; LEME; SANTOS, 2019).

Segundo Schwab (2016), a Indústria 4.0 começou a ser discutida em 2011 na feira de Hannover, na Alemanha, impulsionada pela revolução digital, representada pela

internet, que transpõe limitações geográficas e temporais; por sensores pequenos e poderosos, que se tornam mais baratos; pela inteligência artificial e aprendizagem automática. O governo Alemão divulgou o projeto “*Plattform Industrie 4.0*” (Plataforma Indústria 4.0) com a intenção de desenvolver alta tecnologia, de forma que os sistemas automatizados, que controlam os equipamentos industriais, se comunicassem através da troca de informações entre máquinas e seres humanos, otimizando assim o processo de produção (BORGES LIMA et al., 2019).

A principal proposta da Indústria 4.0 é formar um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível (SCHWAB, 2016). A Indústria 4.0 não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas, sua intenção é muito mais ampla, fundamenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem atingir novos níveis de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento (BORGES LIMA et al., 2019). O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das revoluções anteriores é a fusão de tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos (SCHWAB, 2016). É possível perceber no Quadro 1 o conceito de Indústria 4.0 na ótica de diferentes autores.

Quadro 1: Conceito de Indústria 4.0 na ótica de diferentes autores

Autor	Definição
Santos et al. (2018)	"A Indústria 4.0 é um dos termos utilizados para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria."
Lasi et al. (2014)	"A Indústria 4.0 contém sistemas de manufatura modulares e eficientes e caracteriza cenários nos quais os produtos controlam seu próprio processo de manufatura."
Silva, Santo Filho e Miyage (2015).	"A quarta revolução industrial, chamada de indústria 4.0, é considerada o futuro paradigma da produção. Novas tecnologias devem ser empregadas para integrar máquinas e humanos em cadeias de valor compondo uma rede de entidades (plantas industriais) localizadas em posições geograficamente distribuídas (dispersas), e que devem fornecer serviços e produtos de forma autônoma."

Quadro 1: Conceito de Indústria 4.0 na ótica de diferentes autores (continua...)

Autor	Definição
Schwab (2016)	"A quarta revolução industrial, não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. Seu escopo é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos. Nessa revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas são difundidas muito mais rápida e amplamente do que nas anteriores, as quais continuam a desdobrar-se em algumas partes do mundo."
Lima (2019)	"A indústria 4.0 está fortemente focada na melhoria contínua em termos de tecnologia, eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento."
Elienesio, Albertin e Jaguaribe (2018)	"Indústria 4.0 é o termo usado para abordar o conceito visionário da quarta revolução industrial, que foi criado na Alemanha, através de iniciativas estratégicas de governo, para destacar a liderança deste país em tecnologias industriais."
Hermann, Pentek e Otto (2016)	"A Indústria 4.0 é um fenômeno pois, pela primeira vez, uma revolução industrial é prevista a priori, antes de acontecer. Isso oferece várias oportunidades para empresas e institutos de pesquisa moldarem ativamente o futuro. E também pelo impacto econômico desta revolução industrial, que é supostamente enorme, já que a Indústria 4.0 promete um aumento substancial da eficácia operacional, bem como o desenvolvimento de modelos de negócios, serviços e produtos totalmente novos."

Quadro 1: Conceito de Indústria 4.0 na ótica de diferentes autores (continua...)

Autor	Definição
Coelho (2016)	"O termo "Indústria 4.0"; "smart factory"; "intelegent factory"; "factory of the future" são termos que descrevem uma visão do que será uma fábrica no futuro. Nesta visão as fábricas serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis."
Borges Lima (2019)	"O termo Indústria 4.0 está relacionado à integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria. "

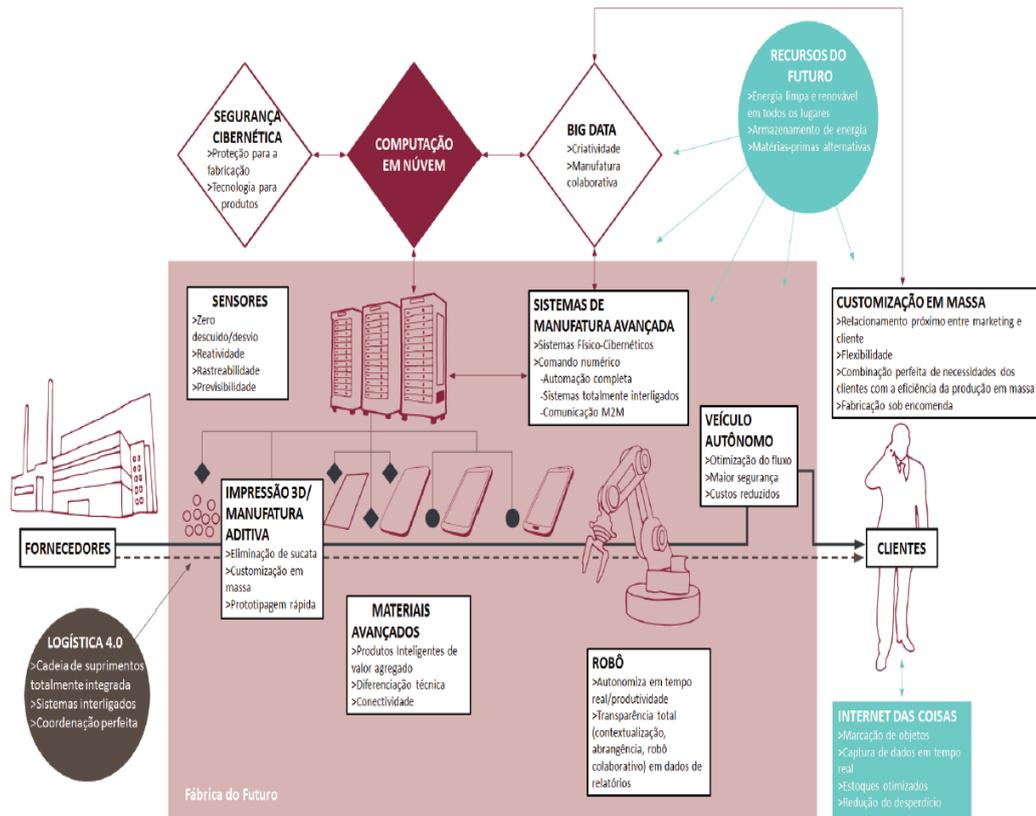
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

2.2 Fábricas Inteligentes

Segundo Stevan Junior, Leme e Santos (2019), o termo Fábrica Inteligente está relacionado à integração de tecnologias de comunicações agregadas a um conjunto de novos sensores. Em uma fábrica inteligente, o local de produção é integrado e possui robôs, que atendem aos comandos dos desenvolvedores e possuem alta produtividade, impressoras 3D, que colaboram com a redução de perdas de materiais e custos por meio da realização de protótipos, simuladores, que avaliam a eficiência do produto em menor tempo, e sensores capazes de se comunicarem (STEVAN JUNIOR, LEME E SANTOS, 2019 E RODRIGUES, JESUS E SCHÜTZER, 2016).

Rodrigues, Jesus e Schützer (2016) acreditam que, o processo de produção, em uma Fábrica Inteligente, será realizado por meios digitais, onde o colaborador poderá auxiliar e verificar tudo a distância e em tempo real. Na Figura 2, os mesmos autores apresentam as características dos processos na fábrica inteligente, onde é possível visualizar a fácil obtenção de dados de todos que participam da rede de suprimentos.

Figura 2: Fábrica Inteligente



Fonte: Rodrigues, Jesus e Schützer (2016)

Segundo Rodrigues, Jesus e Schützer (2016), a principal característica das Fábricas Inteligentes é o fato de a rede de suprimentos serem integrada. Já Stevan Junior, Leme e Santos (2019) afirmam que em Fábricas Inteligentes, fornecedores, consumidores, colaboradores, máquinas, sensores e dispositivos estão organizados de maneira autônoma e eficiente, de acordo com as informações disponíveis no sistema.

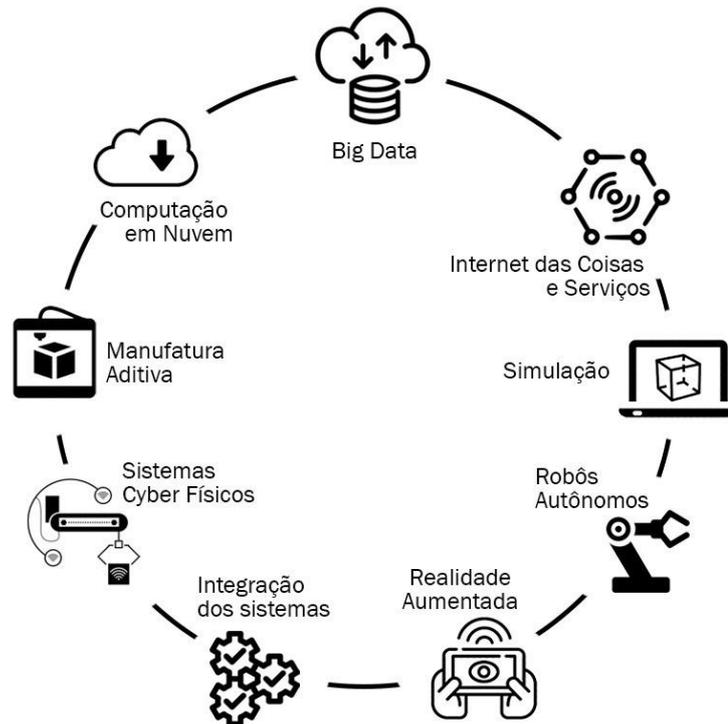
2.3 Sistemas integrados no modelo da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 está totalmente norteada por setores produtivos que interagem com diversos segmentos. Isto permitirá que futuramente muitas empresas estejam conectadas em redes globais com máquinas, sistemas de armazenagens e instalações de produção incorporada. Neste ambiente de fabricação a troca de informação se dará de forma autônoma, as ações serão controladas em cadeia e muitos mecanismos serão criados para garantir a eficiência, segurança, produtividade e retorno do investimento dentro de uma organização (STEVAN JUNIOR, LEME e SANTOS, 2019 e COELHO, 2016).

Schwab (2016) afirma que a quarta Revolução Industrial se difere das outras Revoluções Industriais pela fusão e integração de tecnologias, que são denominadas pilares da Indústria 4.0.

Segundo Albertin et al. (2017), o relatório produzido pelo BCG (Boston Consulting Group) apresenta nove principais tecnologias disponíveis, consideradas como principais pilares da Indústria 4.0, como apresentado na Figura 3.

Figura 3: Principais Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

De acordo com Albertin et al. (2017), o relatório do BCG apresenta como pilares da quarta Revolução Industrial: Internet das Coisas e Serviços (IoT e IoS); Sistemas Cyber-Físicos; Big Data; Robôs Autônomos; Computação em Nuvem; Simulação; Integração de Sistemas; Manufatura Aditiva e Realidade Aumentada.

2.3.1 Internet das Coisas e Serviços (IoT e IoS)

Segundo Borges Lima et al. (2019), a tecnologia Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) faz uso de uma extensa rede de objetos físicos, como sensores e equipamentos, e objetos virtuais que se estendem além da rede de computadores amplamente conhecida. Belluzzo e Galípolo (2016) afirmam que a IoT proporciona o processo de aprendizagem das máquinas e equipamentos, além de contribuir para a interação das pessoas por meio da Internet. Por meio da IoT é possível obter vantagens

competitivas no mercado com a redução de custos e melhoramento do planejamento estratégico da empresa.

Matos (2018) afirma que a Internet das Coisas é capaz de acelerar a inovação, quando as fábricas estão conectadas e receptivas às mudanças no processo produtivo, além de proporcionar às empresas agilidade e flexibilidade nas linhas de montagens e produção. Destacam-se também como aspectos positivos da IoT uma melhor análise de dados por meio de equipamentos capazes de enviar informações de desempenho de determinado processo produtivo, realização da integração digital da engenharia com a cadeia de valor e auxílio no acesso do *Big Data* da cadeia de suprimentos de determinado produto (LIMA, 2019).

A Internet dos Serviços (IoS – *Internet of Services*) pode ser voltada para serviços e tecnologias utilizados na realização do processo, que proporcionará aos produtores a oportunidade de ofertar os seus serviços e produtos pela internet (LIMA, 2019).

Borges Lima et al. (2019) define IoS como forma de se relacionar com o público e com objetos inteligentes, a fim de oferecer novos serviços. A maior interação entre cliente e empresa permite que a linha de produção opere em um nível mais produtivo.

A Internet dos Serviços permite que os usuários criem serviços com auxílio de sites e aplicativos, proporcionando o surgimento de novos modelos de negócio, novas formas de comércio eletrônico e soluções de serviços. Com a IoS novos empregos podem ser gerados, mas outros já existentes podem ser extintos, como aconteceu em outras Revoluções Industriais após a inserção de uma nova tecnologia (BORGES LIMA et al., 2019).

A IoT e IoS contribuem para flexibilização e agilidade do ambiente de produção. Enquanto a IoT busca um planejamento estratégico ideal para a empresa, a IoS facilita a divulgação e venda de serviços e produtos produzidos, por meio da internet. A integração entre cliente e empresa promovida pela IoS e o melhoramento do planejamento estratégico da empresa influenciado pela IoT colaboram para que o ambiente de produção opere em um nível mais produtivo.

2.3.2 Sistemas Cyber-Físicos

A quantidade de dispositivos e sistemas que possuem algum nível de processamento está aumentando a cada dia que passa e contribuindo para que diversas áreas passem a integrar uma classe de sistemas, denominada Sistemas Cyber Físicos (CPS – *Cyber Physical Systems*) (MORAES, 2013).

Sistemas Cyber-Físicos, de acordo com Lee e Seshia (2017), é “a integração da computação com os processos físicos, cujo comportamento é definido tanto pela parte *cyber* como pela parte física do sistema”. Silva Filho (2019) acredita que essa interação é capaz de monitorar e controlar informações em tempo real de um determinado processo produtivo, otimizando a indústria para atender as necessidades dos clientes de forma eficiente.

Por meio dos Sistemas Cyber-Físicos é possível implantar sistemas de informação e automação, proporcionando uma troca de informações, execuções de comandos e acompanhamento dos processos produtivos a distância e em tempo real (BORGES LIMA et al., 2019)

Os Sistemas Cyber-Físicos são resultados da evolução tecnológica dos computadores e das tecnologias de comunicação em geral, que ao evoluírem em busca de agilidade, flexibilidade e custo-benefício permitem a sua integração de forma eficaz e em tempo real (BOHUSLAVA et al., 2017).

Segundo Moreira (2017) os Sistemas Cyber-Físicos apresentam como principais características:

- Canais de comunicação protegidos: os canais de comunicação são responsáveis pela integração dos colaboradores. Com a implementação dos Sistemas Cyber-Físicos temos garantia que esses canais sejam seguros para trocas de informações;
- Gerenciamento e controle distribuído: o gerenciamento e controle podem ser distribuídos entre equipamentos e localidades;
- Medição e controle de desempenho em tempo real: é possível fazer a medição e controle de desempenho dos serviços e produtos em todas as etapas do processo, garantindo a eficiência e diminuição de desperdício;
- Grande distribuição geográfica sem necessidade de segurança física em vários locais ao mesmo tempo: com os Sistemas Cyber-físicos é possível monitorar os lugares em tempo real sem a necessidade de investimentos em segurança física;
- Sistemas de controle de grande escala (*System of Systems – SoS*): Os Sistemas Cyber-Físicos são compostos um ou mais sistemas que se relacionam e colaboram uns com os outros.

2.3.3 Big Data

O *Big Data* é considerado uma das grandes inovações da Indústria 4.0 e refere-se à grande quantidade de dados produzidos e armazenados por empresas ou pessoas em tempo real, que permite a realização de simulações e tomada de decisões inteligentes, eficientes e eficazes, proporcionando uma redução de riscos e custos (LIMA, 2019 e OLIVEIRA E SIMÕES, 2017).

Segundo Silva Filho (2019), Khan e Turowski (2016) e Lima (2019) o *Big Data* é dependente de tecnologias muito evoluídas com capacidade de processamento em tempo real de algoritmos modernos que garantem a segurança dos dados armazenados.

Este pilar é considerado um dos principais desafios para Indústria 4.0, pois a integração de dados e informações entre toda cadeia produtiva da organização e a disponibilização em nuvem, para a fácil visualização entre os colaboradores, exigem muito cuidado e segurança (LIMA, 2019 e SILVA FILHO 2019).

Segundo Stevan Jr.; Leme e Santos (2019), por meio do *Big Data* é possível as organizações fazer uma análise de dados mais assertivas a fim de criar estratégias que colaboram para um melhor desempenho das empresas. Schwab (2016) lista como impactos positivos causados pela implantação da *Big Data*: decisões melhores e mais rápidas; tomada de decisões em tempo real; redução de custos e surgimento de novas categorias de trabalho.

Stevan Jr.; Leme e Santos (2019), afirmam que o Big Data é capaz de tratar dados estruturados e não estruturados de diversas fontes, como formulários, fotografias, textos, vídeos, entre outros. Tudo que está conectado com a internet pode ser uma fonte de dados para serem tratados. Segundo Borges Lima et al. (2019), os dados não estruturados, como fotografias, sons, documentos digitalizados e outros, quando são analisados apresentam maior complexidade de análise do Big Data.

Empresas que estão aderindo à tecnologia Big Data, em busca de identificar tendências dos consumidores e dados de eficiência operacional, estão se beneficiando por meio da análise de dados, tornando-se mais assertivas no desenvolvimento de produtos (STEVAN JR.; LEME E SANTOS, 2019).

2.3.4 Robôs Autônomos

Segundo Bekey (2005), os robôs são máquinas capazes de sentir por sensores, pensar por meio da otimização e tratamentos de dados e agir por movimentos ou tomada de decisões.

A autonomia se refere a sistemas que operaram no ambiente do mundo real sem controle externo. Ou seja, são máquinas capazes de realizar atividades em qualquer lugar sozinhas, sem controle humano.

A utilização de robôs para a realização de tarefas complexas não é uma novidade na indústria, mas na quarta Revolução Industrial esses robôs ganham maiores habilidades e propriedades que os tornam mais autônomos, flexíveis e cooperativos capazes de interagir uns com os outros, trabalhar e aprender com os seres humanos. Neste sentido, os Robôs Autônomos na Indústria 4.0 poderão proporcionar uma redução de custos e um alcance maior dos que já são utilizados atualmente. (ALBERTIN et al., 2017).

2.3.5 Computação em Nuvem

A Computação em Nuvem tem facilitado o desenvolvimento da Indústria 4.0. Segundo Stock e Seliger (2016), a nuvem está implementada na Internet das Coisas e dos Serviços. O armazenamento em nuvem proporciona um extenso compartilhamento de dados em diferentes localidades e sistemas, além de favorecer determinada empresa com otimizações de custos e de tempo (ALBERTIN et al., 2017).

Albertin et al. (2017) ainda afirmam que muitas empresas já estão aderindo sistemas e *softwares* que utilizam a computação em nuvem em seus empreendimentos. Segundo Rüßmann et al. (2015) e Stock e Seliger (2016), por meio da computação em nuvem é possível expandir a disponibilidade e precisão de dados, além de possibilitar uma integração de dados entre equipamentos, seres humanos, Sistemas Cyber-Físicos e produtos.

2.3.6 Simulação

Segundo Albertin et al. (2017), o uso da simulação computacional é fundamental para garantir qualidade, eficiência e eficácia no desenvolvimento de determinados produtos. Através da Simulação é possível que dados em tempo real sejam utilizados para espelhar o modelo físico em virtual e melhorar a qualidade na tomada de decisão por meio da criação instantânea e fácil de várias opções.

A Simulação pode ser realizada por meio de *softwares* específicos, que são capazes de tratar dados da produção e fazer análises de variáveis. Ela permite a identificação de gargalos na produção e também conseguem simular soluções para os gargalos existentes (PEDERNEIRAS, 2019).

Albertin et al. (2017) afirmam que o aumento da demanda por qualidade nos produtos e serviços, a redução de custos e perdas e a otimização de tempo proporcionam um crescimento na utilização de simulações a fim de elaborar processos confiáveis e estáveis. As técnicas de simulações permitem alterações dos produtos de forma flexível e possibilitam uma rápida inovação de produtos. O processo de inovação pode ocorrer em qualquer fase do processo produtivo, dos estágios iniciais até os mais avançados.

Para garantir a efetividade da simulação é necessário observar se os dados que alimentam o sistema representam de maneira fiel a realidade. Por isso, antes de implementar a Simulação, é fundamental que as empresas tenham uma estrutura de dados organizada, unificada e padronizada (PEDERNEIRAS, 2019).

2.3.7 Integração de Sistemas

Borges Lima et al. (2019) afirmam que todos os sistemas precisam necessariamente estar integrados para permitir o funcionamento da Indústria 4.0 de forma eficiente. Segundo Albertin et al. (2017) muitos sistemas de tecnologia da informação existentes não são totalmente integrados. Os autores acreditam que com a quarta Revolução Industrial as organizações evoluam e optem pela integração de sistemas de forma que toda a cadeia de valor seja automatizada. A Integração de Sistemas permite redução de riscos, expansão das oportunidades de mercado, redução dos ciclos de vida útil dos produtos, com agilidade, otimização da logística, fabricação flexível de produtos, entre outros.

2.3.8 Manufatura aditiva

A Manufatura Aditiva é conhecida como impressão em três dimensões (3D) e está no mercado desde o final da década de 1980. Nos últimos anos, a Manufatura Aditiva teve um grande salto tecnológico com o desenvolvimento de novos materiais e da eletrônica (MARQUES, 2014).

Albertin et al. (2017) dizem que manufatura aditiva é uma técnica utilizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos. Segundo Borges Lima et al. (2019), existem impressoras 3D que fabricam peças metálicas, plásticas e até de concreto, além de produzirem próteses humanas e de animais, calçados e diversos produtos. A impressão 3D permite a entrega de uma extensa variedade de produtos com diferentes tipos de customização em vários lugares.

Segundo Schwab (2016) a manufatura aditiva contribui para uma maior personalização dos produtos; criação e elaboração de novos produtos e redução de custos de logística.

As empresas estão usando esta tecnologia para reduzir o tempo do ciclo de processamento de seus produtos e inseri-los no mercado mais rapidamente, com maior valor agregado, devido à flexibilidade de adequar aos requisitos dos clientes. Devido ao grande potencial da manufatura aditiva, vários processos estão sendo desenvolvidos para permitir o uso de diversos tipos de materiais na produção dos produtos. (ALBERTIN et al., 2017).

2.3.9 Realidade Aumentada

Segundo Albertin et al. (2017), a Realidade Aumentada pode ser definida como variação de ambientes virtuais, que permite ao ser humano visualizar o mundo real com objetos virtuais sobrepostos. A utilização da tecnologia Realidade Aumentada proporciona a criação de uma interface entre os funcionários e os produtos digitais, a fim de criar postos de trabalho interativos.

A Realidade Aumentada apoia-se no processo *just-in-time* de produção e é capaz de aumentar a produtividade de uma indústria em quase todas as atividades do processo de fabricação, manutenção e entrega de determinado produto, além de dar auxílio nos processos industriais como, por exemplo, controle de qualidade, gestão de riscos e gestão logística, tornando-os mais autônomos. (ALBERTIN et al., 2017).

2.4 Benefícios da Indústria 4.0 para a indústria e economia

As maiorias das tecnologias desenvolvidas têm como principais objetivos a redução de custos e o aumento da produtividade de forma eficiente. Welcker (2017) agrupa os benefícios da Indústria 4.0 em quatro áreas:

- Produtividade e utilização de recursos: a integração de sistemas, máquinas e produtos além de aumentar a produtividade das indústrias contribui para otimização do uso de recurso;
- Crescimento da receita: espera-se um crescimento da demanda por produtos e por equipamentos;

- Empregabilidade: estima-se um aumento no número de empregos, mas é válido lembrar que serão necessárias diferentes competências, exigindo dos trabalhadores mais qualificação, evitando que sejam substituídos por máquinas;
- Investimento: a Indústria 4.0 promete incentivar muitos investimentos e, conseqüentemente, impulsionar a economia.

O principal objetivo da Indústria 4.0 é utilizar um sistema de produção com máquinas e equipamentos inteligentes e integrados a fim de obter maiores níveis de eficiência, de desempenho, de conforto e de segurança. A quarta Revolução Industrial proporciona uma conectividade entre pessoas e sistemas e garante um nível de integração mais funcional para as empresas. Assim, a Indústria 4.0 facilita a possibilidade de uma fábrica autônoma com maior nível de modularidade, flexibilidade e tomadas de decisões descentralizadas (STEVAN JR.; LEME; SANTOS, 2019).

Stevan Jr., Leme, e Santos (2019) apresenta como principais vantagens da implementação da Indústria 4.0:

- Visualização do sistema: a integração e comunicação entre dispositivos como, por exemplo, os sensores, possibilitam a melhor visualização do sistema;
- Operação em tempo real: é possível coordenar, supervisionar e controlar todo funcionamento operacional dentro das empresas em tempo real uma vez que a aquisição e tratamento de dados ocorrem de forma instantânea;
- Descentralização: as atividades e tomadas de decisões podem ser realizadas atendendo as necessidades da produção em tempo real;
- Orientação a serviços: os *softwares* orientados a serviços são utilizados para desenvolver soluções em *softwares* para aplicação na Indústria 4.0;
- Modularidade na manufatura: A produção acontece de acordo com a demanda. Isso oferece flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas;
- Integração das operações: a partir da integração dos dispositivos ocorre a integração das operações, o que proporciona uma visão geral do sistema e possibilidade de tomadas de decisões mais assertivas.

Segundo Smit et al. (2016), os benefícios proporcionados pela Indústria 4.0 podem variar de acordo com os países e com o setor da indústria. Pode-se destacar como os principais benefícios: a melhoria da eficiência de processos e de qualidade de produtos; o aumento da segurança e bem-estar do trabalhador, a redução dos custos de produção e de tempo de setup de máquinas e equipamentos; a redução dos custos de manutenção,

administrativos e estoques; a redução de erros e desperdícios e gasto de energia (ZENNARO et al., 2019 e STEVAN JR.; LEME; SANTOS, 2019).

Na Figura 4 são apresentados principais impactos previstos para até 2025 da Indústria 4.0 pela McKinsey (2015). A quarta Revolução Industrial é capaz de influenciar todo o processo de produção, em vários tipos de indústrias como, por exemplo, indústrias automobilísticas e indústrias aeroespaciais.

Figura 4: Impactos da Indústria 4.0 Previstos para 2025



Fonte: McKinsey (2015)

Borges Lima et al. (2019) afirmam que a quarta Revolução Industrial permite atingir novos níveis de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento.

2.5 Desafios da Indústria 4.0

Segundo Schwab (2016), a quarta Revolução Industrial proporcionará mudanças econômicas, sociais e culturais em proporções tão fenomenais que será difícil prevê-las.

O mesmo autor acredita que um dos principais desafios da Indústria 4.0 é o que fazer com as pessoas que não se enquadram à quarta Revolução Industrial, como inserir essas pessoas no mercado. Os estudos desenvolvidos pelo Instituto de Ciências do Trabalho da Alemanha indicam que 70% e 80% dos postos de trabalhos ou empregados hoje existentes desaparecerão nos próximos anos (IFAA, 2016).

Algumas profissões se tornarão obsoletas fazendo com que muitas pessoas percam seu emprego. Embora as perspectivas sejam de surgimentos de novas profissões no mercado como, hacker genético, especialistas em gestão de resíduos, consultor de genoma, policial virtual, consultor de longevidade, consultor de aprimoramento pessoal, especialista em simplicidade, curador de sustentabilidade, entre outros, há uma

grande preocupação de como adaptar e especializar as pessoas nas profissões do futuro (BORGES LIMA et al., 2019 e SCHWAB, 2016).

Schwab (2016) afirma que o futuro pode ser “moldado” para que as transformações causadas pelas tecnologias 4.0 sejam, em sua grande maioria, positivas como, por exemplo, garantir a especialização dos empregados para as novas oportunidades de emprego. Borges Lima et al. (2019) afirmam que embora ocorra o surgimento de novas profissões com a adoção da Indústria 4.0, elas não serão suficientes para suprir a demanda de desempregados ao redor do mundo.

A fim de superar o entrave relacionado à preparação de pessoal capacitado para desenvolver funções dentro da Indústria 4.0, o conhecimento dos principais pilares e propostas, bem como das ferramentas necessárias em todo o processo, tornam-se fatores primordiais para o bom desenvolvimento da inserção da indústria 4.0. Dentro deste contexto, a formação tecnológica direcionada surge como possível solução para a questão do emprego.

Outro desafio relevante inerente à quarta Revolução Industrial está relacionado ao cuidado e segurança com os dados e informações da cadeia produtiva das empresas em nuvem susceptível de ataques e invasões (LIMA, 2019 e SILVA FILHO 2019).

3. CONTEXTO BRASILEIRO

Países desenvolvidos, como Alemanha, China, Japão, Austrália, Estados Unidos e Coreia do Sul, focaram suas estratégias e investem na Indústria 4.0. Para Rocha et al. (2018), o Brasil também precisa compreender a nova realidade industrial, e investir em desenvolvimento de novas tecnologias.

Segundo Lima (2019) e Elienesio, Albertin e Jaguaribe (2018), grande parte da indústria brasileira ainda se encontra na transição da Indústria 2.0 para a Indústria 3.0. Mesmo tendo a consciência de que a revolução digital é a base para o desenvolvimento da Indústria 4.0, acredita-se que ela ainda não é realidade no Brasil. Segundo Almeida e Cagnin (2019), em 2018 apenas 1,6% das indústrias brasileiras poderiam ser consideradas 4.0. De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro-FIRJAN, a indústria automotiva é a mais próxima de se adaptar à quarta Revolução Industrial (FIRJAN, 2016).

Em 2016, a Confederação Nacional da Indústria (CNI), desenvolveu uma pesquisa sobre os desafios da Indústria 4.0 no Brasil e apontou que 42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e que 52% das empresas não utilizam tecnologias digitais. Essa mesma pesquisa ressaltou que os benefícios proporcionados pela Indústria 4.0 são muitos e, por isso, é necessário um investimento maior em acessos de informações e identificação de parceiros, já que são pontos decisivos para redução de incertezas na mudança de cultura da empresa (CNI, 2016).

Outra pesquisa desenvolvida pela CNI, sobre os investimentos na Indústria 4.0 no Brasil em 2018, revelou que 48% das grandes empresas pesquisadas pretendiam investir em tecnologias digitais, enquanto 32% não pretendiam e 20% não souberam responder (CNI, 2018).

Em análise aos resultados apresentados anteriormente, observa-se que o Brasil enfrentará vários desafios ao desenvolver a Indústria 4.0, dentre eles a CNI (2017) destaca:

- Grandes investimentos em equipamentos, tecnologia, informação e comunicação: nem todas as empresas estão em condições financeiras de promover tais investimentos;
- Mudança e alteração nos layouts de produção: as indústrias terão que se adaptar às necessidades estruturais propostas pela Indústria 4.0;

- Modificação dos processos da cadeia produtiva: ocorrerá uma integração da cadeia produtiva;
- Novas formas de gestão: as tecnologias podem promover um cruzamento de informações entre o pedido, a produção e sua posterior distribuição, etapas que deverão ocorrer de forma interligada, porém autônomas.

As pesquisas desenvolvidas pela CNI, em 2017, apontam que poucas empresas brasileiras estão preparadas para enfrentar esses desafios e aderir à Indústria 4.0 e sugere que o processo de inserir novas tecnologias seja feito de acordo com a capacidade e estratégia de cada indústria (CNI, 2017).

Uma maneira de o Brasil dar um passo adiante, e conseguir promover e garantir a eficiência da Indústria 4.0 é incentivar o intercâmbio tecnológico e comercial com outros países, que já se adaptaram a quarta Revolução Industrial, a fim de ter oportunidade de conhecimento das experiências provocadas por essa nova Revolução e facilitar o entendimento e desenvolvimento das novas tecnologias (CNI, 2017 e ROCHA et al., 2018).

Algumas universidades brasileiras também estão promovendo a Indústria 4.0 e incentivando seus estudantes a se adaptarem à nova realidade industrial, proposta pela quarta Revolução Industrial. A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e a Universidade Estadual do Amazonas (UEA), em parceria com a Universidade do Porto, oferecem, desde 2018, turmas para estudantes brasileiros de mestrado e doutorado em engenharia mecânica e gestão industrial com ênfase na Indústria 4.0 (MIDIC, 2018).

Para expandir o conceito da Indústria 4.0, seus impactos e suas tecnologias no Brasil, foi lançado um programa chamado Rumo à Indústria 4.0 pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), pela Federação Industrial de São Paulo (FIESP), pelo Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP) e o pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-SP), em setembro de 2017. Os principais objetivos do programa Rumo à Indústria 4.0 é divulgar o conceito e as tecnologias da quarta Revolução Industrial e propor um caminho mais adequado para garantir o sucesso da implementação da Indústria 4.0. (ALBERTIN; ELIENESIO; AIRES, 2017). A FIESP, o CIESP, o SENAI-SP e a ABDI proveram *Workshops* em várias localidades a fim de apresentar o programa Rumo à Indústria 4.0 (FIESP, 2017).

Albertin, Elienesio e Aires (2017) afirmam que o governo também está estruturando um plano para desenvolver a Indústria 4.0 no Brasil. Segundo os mesmos

autores, o governo está implantando a Internet das Coisas no país desde 2017 com previsão de duração até 2022.

Outra iniciativa do governo brasileiro com relação à promoção da Indústria 4.0 foi a criação, em junho de 2017, do Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0 (GTI 4.0), que teve por objetivo elaborar uma agenda nacional para o tema. Cinquenta e três (53) instituições entre governo, empresas, sociedade civil organizada, se reuniram e debateram assuntos como aumento de competitividade, mudanças nas cadeias produtivas, novo mercado de trabalho, uso de tecnologias digitais e *startups*.

3.1 Empresas no Brasil

Segundo Ministério da Economia (2021), o Mapa de Empresas do Brasil, ferramenta disponibilizada pelo Governo Federal que fornece indicadores relativos ao quantitativo de empresas registradas no país, sinaliza a existência de 20,1 milhões de empresas ativas no Brasil. No Gráfico 1 é possível observar a distribuição de empresas ativas no Brasil.



Fonte: Ministério da Economia (2021)

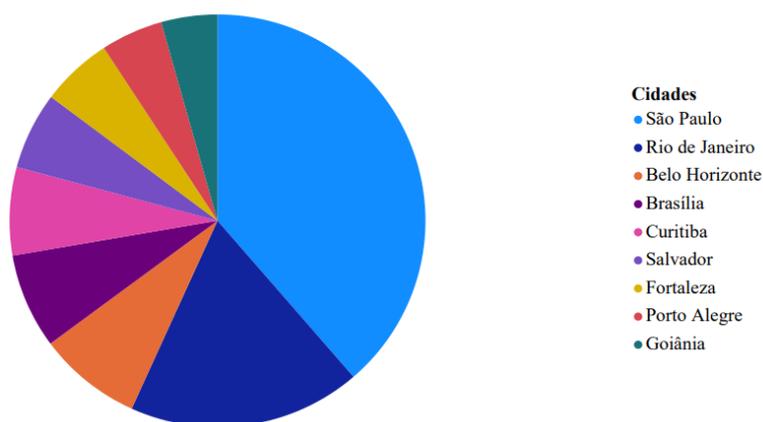
É possível observar no Gráfico 1 que as atividades do setor terciário da economia, relativas ao comércio e prestação de serviços, representam mais de 80% dos empreendimentos ativos.

O Mapa de Empresas do Brasil informa ainda que, em 2020, foram abertas 3.359.750 empresas. O dado representa um recorde histórico de abertura de empresas no país e representa um tipo de reação da economia em cenário de pandemia do COVID-19. Em contrapartida, foram fechadas 1.044.696 empresas.

Segundo o Ministério da Economia (2021), o Governo Federal tem trabalhado em políticas públicas, como o PRONAMPE - Programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte, que institui linhas de crédito para que os pequenos negócios possam acessar capital de giro durante a pandemia do coronavírus. O programa atendeu mais de 500 mil empresas, com liberação de mais de R\$ 37 bilhões de recursos no ano de 2020.

No Gráfico 2 é possível identificar as cidades brasileiras que se destacam com maior número de empresas ativas.

Gráfico 2: Cidades com maior número de Empresas no Brasil



Fonte: Empresômetro (2021)

De acordo com o Gráfico 2 as cidades que se destacam com maior número de empresas ativas são: São Paulo, com 2.110.597 seguida por Rio de Janeiro (988.727), Belo Horizonte (441.187), Brasília (406.332), Curitiba (377.040), Salvador (329.974), Fortaleza (303.677), Porto Alegre (263.906) e Goiânia (238.246).

3.2 Empresas multinacionais no Brasil

Segundo Amatucci e Avrichir (2008), uma empresa multinacional pode ser caracterizada pelo investimento no exterior por meio da abertura de filiais. Ele ainda afirma que empresa multinacional significa colocar dinheiro em outro país com finalidade produtiva.

Queiroz e Carvalho (2005) afirmam que desde 1500, com a chegada dos portugueses no Brasil, o investimento externo participa da economia brasileira. Segundo Nonnenberg (2003) e Queiroz e Carvalho (2005), ao longo da Era Vargas o investimento externo reduziu no Brasil e voltou a crescer somente com o Plano de Metas do governo Kubitschek. Os mesmos autores também afirmam que em 1990, o

aumento da presença dos investimentos diretos externos proporcionou uma alteração da estrutura de propriedade do capital no Brasil e da sua inserção setorial.

Nonnenberg (2003) afirma que a inserção de empresas multinacionais no Brasil contribui para o aumento da competitividade e produtividade dos recursos e capacitações. Isso porque quando comparadas com as empresas domésticas, são mais inovadoras. Além disso, proporciona o aumento de empregos para população brasileira.

Os fatores que contribuem para imigração de multinacionais no Brasil, segundo a Editoria Casa da Consultoria (2013) são:

- a) Mercado consumidor amplo;
- b) Isenção de impostos: o que proporciona redução de custos para as empresas;
- c) Benefícios governamentais, como por exemplo, a permissão da aquisição de uma área gigantesca de terra, mais especificamente 10.000ha;
- d) Facilidade de matéria prima: o Brasil é “amplo” no requisito matéria prima;
- e) Mão de obra barata: mão de obra no Brasil ainda é muito desvalorizada, quando comparada com países como, EUA e Alemanha.

São muitas as empresas multinacionais instaladas no Brasil. Algumas delas são mais conhecidas e encontradas no dia a dia: Samsung, Peugeot, Fiat, Nestlé, Coca-Cola, Dell, Microsoft, Ford, Siemens, Volkswagen, Nokia, Toyota e Sony (EDITORIA CASA DA CONSULTORIA, 2013).

4. METODOLOGIA

Essa pesquisa pode ser considerada de natureza aplicada. Segundo Gil (2019), a pesquisa aplicada busca contribuir para ampliação do conhecimento científico e propor questões a serem investigadas. Esta pesquisa objetiva identificar um grupo de empresas que já inseriram recursos das tecnologias 4.0. Para tal, será utilizada a análise sistemática, com a intenção de ampliar o conhecimento científico sobre a quarta revolução, as tecnologias e os desafios que as empresas encontrarão para a transição para esse novo cenário industrial.

A pesquisa apresentará uma abordagem quali-quantitativa, utilizando métodos qualitativos, para identificar empresas que já estão inseridas na Indústria 4.0, e métodos quantitativos, para quantificar os principais pilares e características que as empresas apresentam. A abordagem quali-quantitativa permite a realização de uma análise muito mais aprofundada sobre o tema pesquisado por representar a união dos dois métodos (MALHOTRA, 2001).

A pesquisa apresenta característica descritiva. Segundo Rudio (1980), pesquisa descritiva trata-se de uma análise aprofundada da realidade pesquisada. Após a análise dos artigos, por meio da pesquisa sistemática, será realizado um levantamento de empresas que utilizam tecnologias da Indústria 4.0 e em seguida uma análise aprofundada sobre a realidade identificada.

Esta pesquisa apresenta análise bibliométrica, considerando o período de 2017 a 2021, do comportamento das empresas brasileiras frente a revolução proposta pela Indústria 4.0. Em seguida, classificam-se as empresas brasileiras em termos da Indústria 4.0. Para isto, utilizou-se uma metodologia adaptada da ferramenta *Quality Function Deployment* (QFD).

4.1 Análise Sistemática - bibliometria

Segundo Araújo e Alvarenga (2011), as técnicas bibliométricas começaram a ser desenvolvidas no século XX. Para Soares et al. (2016), desde então a bibliometria vem sendo utilizada como método de análise quantitativa para pesquisas científicas. Araújo e Alvarenga (2011) consideram a bibliometria uma técnica importante que permite a análise da produção científica de um país, já que seus indicadores representam o grau de desenvolvimento de determinada área do conhecimento.

A bibliometria pode ser utilizada para identificação de tendências de crescimento do conhecimento em determinada área como, por exemplo, o comportamento das

empresas brasileiras frente a revolução proposta pela Indústria 4.0. Também é possível utilizá-la para identificar autores e instituições mais produtivos, e periódicos mais utilizados na divulgação de pesquisas (SOARES et al., 2016).

A análise bibliométrica fundamenta-se no número de artigos científicos, patentes e citações. Segundo Soares et al. (2016), os dados extraídos por meio dos estudos bibliométricos são capazes de mensurar a contribuição do conhecimento científico derivado das publicações em determinadas áreas. Montenegro Lima (1986), afirma que os métodos utilizados pela bibliometria para extração de dados são: questionários, citações bibliográficas, modelos matemáticos e estatística descritiva.

Segundo Soares et al. (2016), os dados extraídos do estudo bibliométrico podem ser o texto presente na publicação, nome de autores, citações, título e palavra-chave. A finalidade do estudo que vai determinar como será extração desses dados.

No presente estudo, a extração de dados é realizada por meio de palavras-chave. No primeiro momento, são selecionados os portais de pesquisa. Em seguida, são definidos os termos a utilizar como palavras-chave para a busca de materiais científicos. E, se necessário, realizar combinações destes para realizar a pesquisa. Na sequência, serão selecionados um conjunto de materiais científicos (artigos, monografias, teses e dissertações) relacionados ao tema da pesquisa e uma filtragem do material selecionado com base no alinhamento da pesquisa. As etapas de filtragem são apresentadas a seguir:

1º Filtragem: descartados os artigos, as monografias, as teses e as dissertações que não estão entre o período 2017 a 2021.

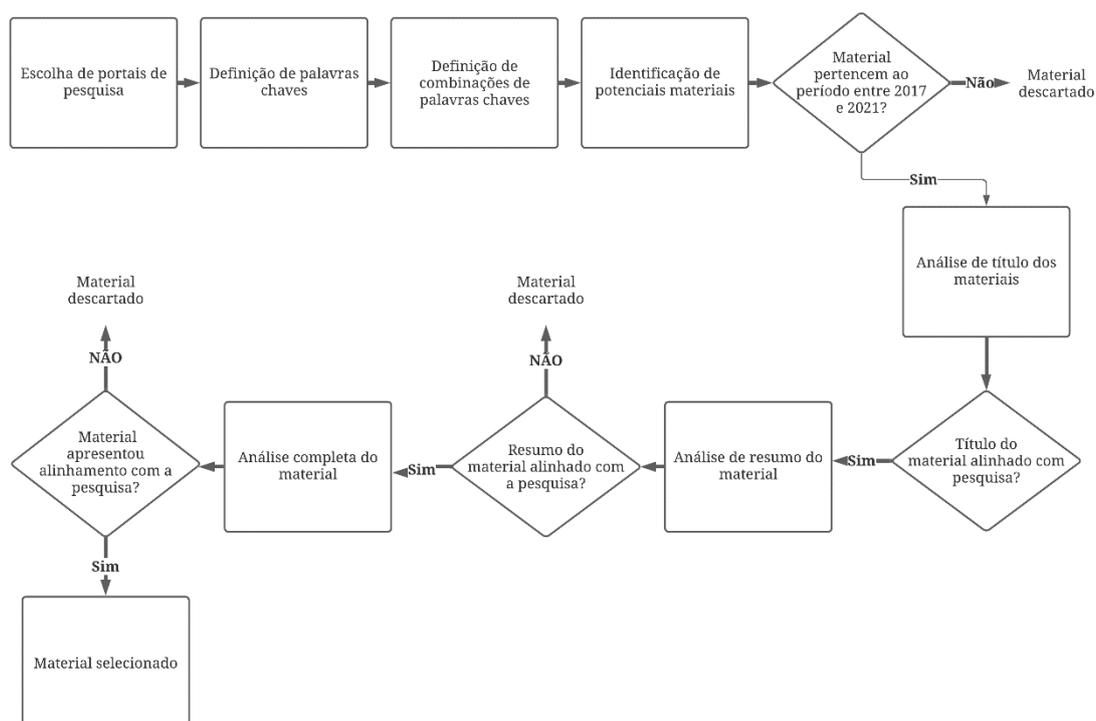
2º Filtragem: descartados os artigos, as monografias, as teses e as dissertações que o título não estava alinhado à pesquisa;

3º Filtragem: descartados os artigos, as monografias, as teses e as dissertações que o resumo não estava alinhado à pesquisa;

4º Filtragem: descartados os artigos, as monografias, as teses e as dissertações que após a leitura completa não estava alinhado com o tema da pesquisa.

Na Figura 5 é apresentado um fluxograma com as etapas de seleção do material considerado na pesquisa.

Figura 5: Etapa de filtragem do banco de materiais científicos



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

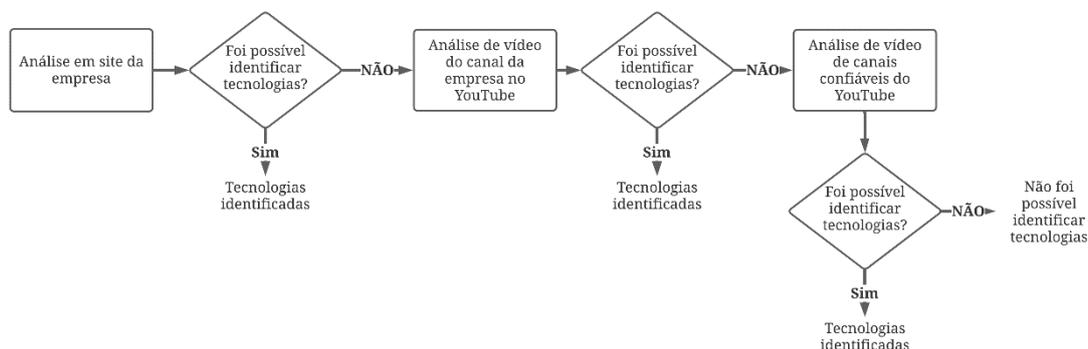
4.2 Análises de vídeos e sites das empresas

O estudo bibliométrico realizado permite a identificação das empresas brasileiras que estão em busca da implantação e aplicação da Indústria 4.0. Após essa identificação, será necessário confirmar as informações encontradas durante as pesquisas por meio de consulta em vídeos encontrados nos sites das empresas, vídeos encontrados no canal das empresas na plataforma *YouTube*, ou em outras fontes confiáveis.

Primeiramente é realizada buscas nos sites das empresas. O objetivo desta etapa é observar a existência de vídeos de processos industriais e se é possível identificar por meio dos vídeos as tecnologias da Indústria 4.0 presentes nas empresas. Caso não encontre, o próximo passo consiste em buscar vídeos dos processos da empresa no canal da empresa na plataforma *YouTube*. E, se ainda assim não for possível identificar as tecnologias, será realizado uma outra busca em outros canais confiáveis encontrados na plataforma *YouTube*. Na Figura 6, observa-se as etapas de identificação de tecnologias utilizadas por um grupo de empresas sediadas no Brasil.

Pretende-se com esta fase da pesquisa reunir exemplos de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 em um grupo de empresas situadas no Brasil.

Figura 6: Etapas de identificação de tecnologias utilizadas por um grupo de empresas sediadas no Brasil



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Logo em seguida, é realizada uma pesquisa nos sites das empresas para identificar quais dessas empresas são brasileiras e quais são de outros países com filiais no Brasil. Nesta fase da pesquisa é avaliado o grau de inserção das tecnologias advindas da Indústria 4.0 no contexto brasileiro.

4.3 Utilização da Ferramenta QFD

A *Quality Function Deployment* (QFD), conhecida também como a casa da qualidade, foi desenvolvida na década de 1960 e tem como principais funções fazer uma análise e controle de qualidade durante desenvolvimento de produtos e garantir a satisfação dos clientes de acordo com os requisitos por eles exigidos (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009 e VOLPATO et al. 2010).

Segundo Pinto e Fontenelle (2013) a casa da qualidade é uma ferramenta que apresenta uma aproximação com o cliente, uma vez que leva em consideração a forma como os consumidores enxergam os produtos que estão inseridos no mercado e os requisitos que podem ser melhorados. Pinto e Fontenelle (2013) afirmam que a casa da qualidade é capaz de auxiliar na identificação de oportunidades de mercado.

Dentre as atividades realizadas na aplicação da QFD pode-se destacar: apresentar os requisitos dos clientes do produto; detalhar os requisitos do produto e determinar as especificações meta do produto.

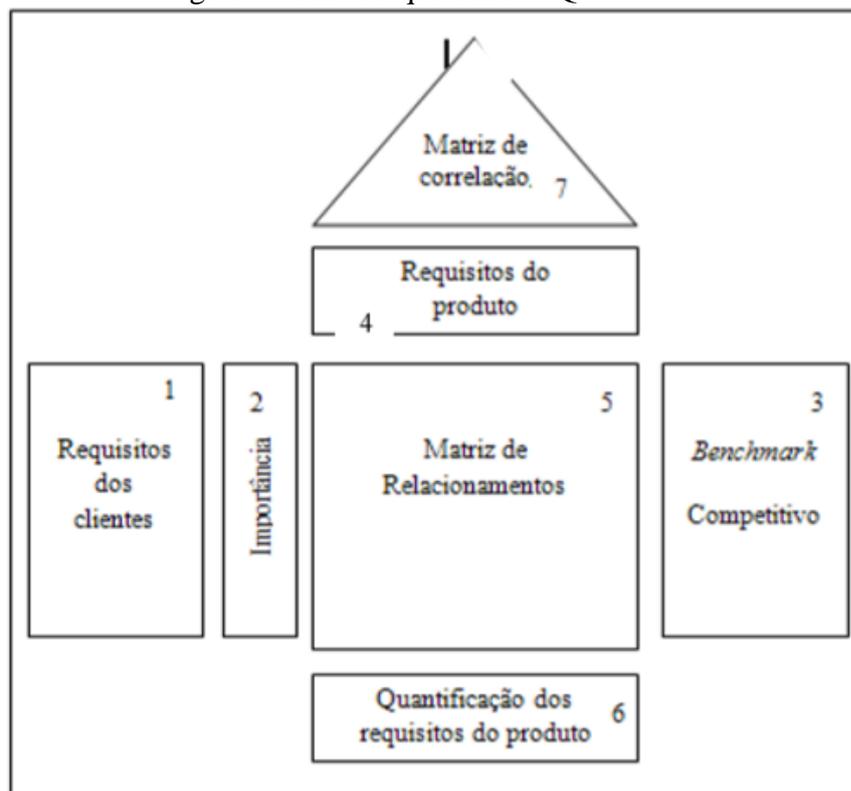
Segundo Lima (2019) e Volpato et al. (2010), para aplicar a QFD é necessário seguir os seguintes procedimentos:

- Identificar os requisitos exigidos pelos clientes;

- Realizar uma ordem de importância dos requisitos exigidos (é importante identificar o grau de importância dos requisitos para os clientes);
 - Definir as características da qualidade importantes para o produto;
 - Refinar das características da qualidade as mais importantes para o produto final, a partir da correlação dos requisitos exigidos pelos clientes com as características da qualidade que já foram definidas;
 - Estabelecer a importância de cada requisito determinado pela empresa (Qualidade Projetada);
 - Definir a importância de cada característica na qualidade (Qualidade Planejada);
 - Realizar uma correlação dos requisitos para qualidade do produto no telhado da casa da qualidade.

Segundo Rozenfeld et. al. (2006) esses procedimentos são inseridos na matriz QFD e as informações geradas são distribuídas conforme a Figura 7.

Figura 7: Casa da qualidade - QFD



Fonte: ROZENFELD et. al., 2006

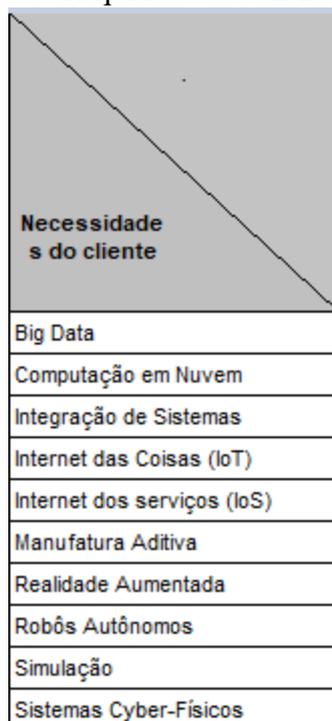
A escolha das características mais importantes e essenciais para determinado produto é realizada a partir das qualidades requeridas pelos clientes que possuem maior

grau de importância e das características da qualidade que possuem maiores pesos absolutos.

Para realização da pesquisa adotou-se os princípios da metodologia da QFD para avaliação de inserção do assunto estudado na pesquisa. Para tal fim foram elaboradas duas QFD's. Uma considerando os portais de busca utilizados na pesquisa bibliométrica (Periódicos CAPES, Google Acadêmico, Mendeley e BDTD) e outra considerando as empresas identificadas por meio dos documentos acadêmicos selecionados. Os seguintes passos para elaboração das QFD's foram aplicados:

1) Identificação dos Requisitos do leitor/pesquisador como pontos a serem observados. Sendo eles: Big Data, Computação em nuvem, Integração de Sistemas, Internet das Coisas e de Serviços (IoT, IoS), Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos, Simulação e Sistemas Cyber-físicos. Na Figura 8 é apresentado os requisitos dos clientes.

Figura 8: Requisitos dos clientes



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

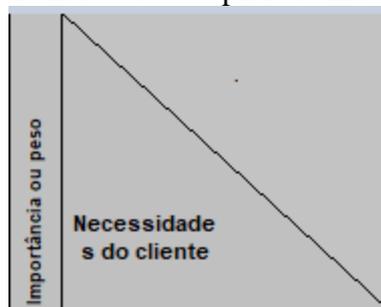
2) Determinação do grau de importância de cada pilar da Indústria 4.0, sendo 5 o de maior importância e 3 o de menor importância. Para definir o grau importância foi utilizado o método de criticidade. O método de criticidade neste conceito expressa a importância de determinado pilar na Indústria 4.0, de acordo com o material exposto no referencial teórico. Sendo assim, temos:

- Big Data (5);

- Computação em nuvem (3);
- Integração de Sistemas (4);
- Internet das Coisas (IoT) (5);
- Internet dos Serviços (IoS) (5);
- Manufatura Aditiva (3);
- Realidade Aumentada (4);
- Robôs Autônomos (4);
- Simulação (3);
- Sistemas Cyber-físicos (5).

O Grau de importância de cada pilar da Indústria 4.0 é apresentado na Figura 9.

Figura 9: Grau de importância de cada pilar da Indústria 4.0



Um gráfico triangular com o eixo vertical rotulado 'Importância ou peso' e o eixo horizontal rotulado 'Necessidades do cliente'. O triângulo está preenchido com uma cor cinza clara e tem uma linha diagonal descendo da esquerda para a direita.

5	Big Data
3	Computação em Nuvem
4	Integração de Sistemas
5	Internet das Coisas (IoT)
5	Internet dos serviços (IoS)
3	Manufatura Aditiva
4	Realidade Aumentada
4	Robôs Autônomos
3	Simulação
5	Sistemas Cyber-Físicos

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

3) A avaliação de inserção do assunto na pesquisa. Serão considerados a pesquisa bibliográfica e revisão bibliométrica, os portais de busca utilizados para pesquisa bibliométrica, CAPES, Google Acadêmico, Mendeley e BDTD e as empresas selecionadas por meio da pesquisa bibliométrica, agrupadas pelo porte da empresa.

A avaliação de inserção do assunto na pesquisa foi realizada a partir da exploração do conteúdo presente ao longo do trabalho, principalmente no referencial teórico. Foram observados os pilares mais abordados e mais relevantes no contexto da Indústria 4.0.

Foram avaliados considerando uma pontuação de 5 a 0 para cada pilar. Sendo 5 o pilar de melhor avaliação e 0 o de pior avaliação.

- Big Data (5);
- Computação em nuvem (4);
- Integração de Sistemas (5);
- Internet das Coisas (IoT) (5);
- Internet dos Serviços (IoS) (3);
- Manufatura Aditiva (4);
- Realidade Aumentada (3);
- Robôs Autônomos (4);
- Simulação (4);
- Sistemas Cyber-físicos (5).

A análise por meio da adaptação da QFD para a pesquisa nos portais de busca foi realizada considerando estudos dos artigos selecionados para pesquisa bibliométrica. Foram observados os pilares mais abordados e considerados mais relevantes no contexto da Indústria 4.0 de acordo com os artigos publicados em cada portal de busca e avaliados de 5 a 0. Sendo 5 o pilar de melhor abordado e 0 o de pouco abordado, como mostra o Quadro 2 e a Figura 10.

Quadro 2: A avaliação de inserção do assunto na pesquisa nos portais de busca

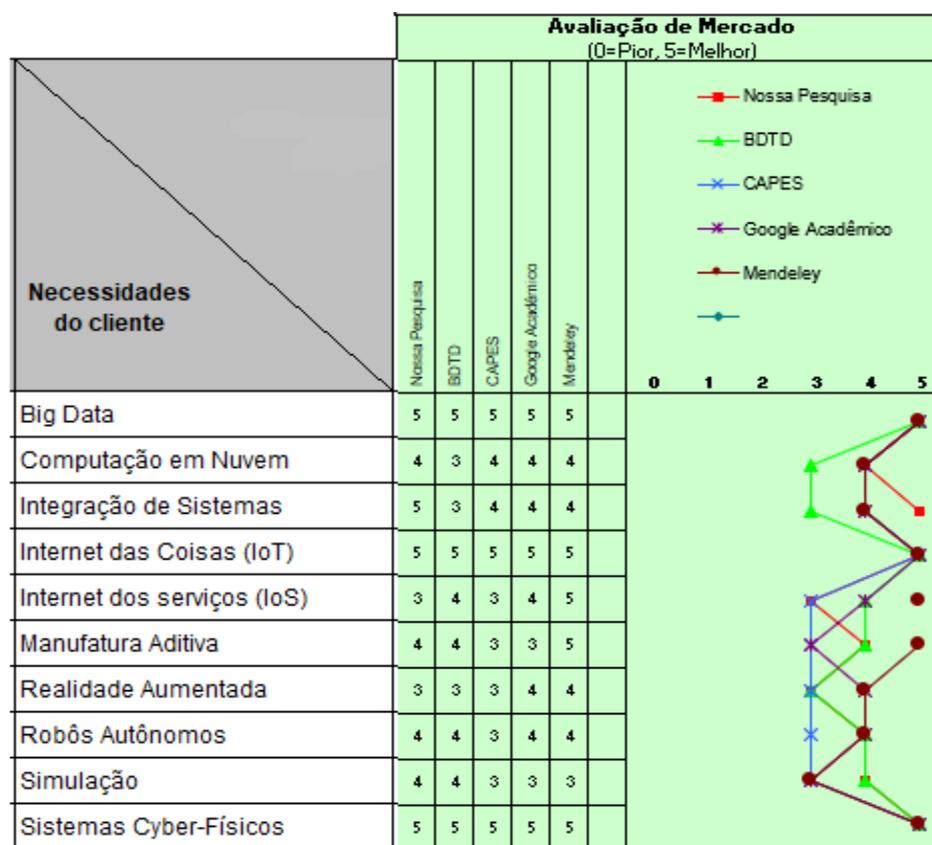
Avaliação de mercado	BDTD	CAPES	Google Acadêmico	Mendeley
Big Data	5	5	5	5
Computação em Nuvem	3	4	4	4
Integração de Sistemas	3	4	4	4
Internet das Coisas (IoT)	5	5	5	5
Internet dos serviços (IoS)	4	3	4	5
Manufatura Aditiva	4	3	3	5

Quadro 2: A avaliação de inserção do assunto na pesquisa nos portais de busca (continua...)

Avaliação de mercado	BDTD	CAPES	Google Acadêmico	Mendeley
Robôs Autônomos	4	3	4	4
Simulação	4	3	3	3
Sistemas Cyber-Físicos	5	5	5	5

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 10: Avaliação de mercado portais de busca



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A avaliação de inserção do assunto nas pesquisas selecionadas foi realizada após o agrupamento das empresas de acordo com porte de cada empresa. Para realização do agrupamento foi necessário identificar os números de funcionários de cada empresa e realizada uma classificação quanto o porte das empresas, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3: Classificação das empresas por número de funcionários

Porte	Número de funcionários
Pequeno	De 11 a 1000 funcionários

Quadro 3: Classificação das empresas por número de funcionários (continua...)

Porte	Número de funcionários
Médio	De 1001 a 5000 funcionários
Médio/Grande	5001 a 11000 funcionários
Grande	De 11001 a 20000 funcionários
Grande/Grande	20001 ou mais funcionários

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

É possível observar a classificação de porte das empresas selecionadas no quadro 4 a seguir.

Quadro 4: Classificação de porte das empresas selecionadas

Empresa	Nº Funcionários	Classificação
Volkswagen Brasil	15.000	Grande
Bosch Brasil	8.200	Grande
Toyota Brasil	3.800	Médio
Romi	1.001-5.000 funcionários	Médio
Birmind Automação	11-50 funcionários	Pequeno
Automatsmart Tech	9000	Médio/Grande
Autaza	11-50 funcionários	Pequeno
Embraer	16000	Grande
Siemens	6000	Médio/Grande
ARBUG	3.200	Médio
Cliever	11-50 funcionários	Pequeno
Futuriste	11-50 funcionários	Pequeno
Datacom	650	Pequeno
PPI-Multitask	51-200 funcionários	Pequeno
Fiat Chryslre	10000	Médio/Grande
Leal	201-500 funcionários	Pequeno
Nubank	3000	Médio
HarboR	11-50 funcionários	Pequeno
IBMP	51-100 funcionários	Pequeno
T Systems	29000	Grande/Grande
Pollux	201-500 funcionários	Pequeno

Quadro 4: Classificação de porte das empresas selecionadas (continua...)

Empresa	Nº Funcionários	Classificação
Siemens – Controles para multi setores	6000	Médio/Grande
Teclav	51-200 funcionários	Pequeno
Thyssenkrupp	10000	Médio/Grande
Tramontina	8000	Médio/Grande
WEG	32000	Grande/Grande
ABB	3000	Médio
OMRON	201-500 funcionários	Pequeno
Schneider Electrics Brasil	3000	Médio
TOTVS	12000	Grande
IMBEL	800	Pequeno
Anhambi Alimentos	501-1.000 funcionários	Pequeno
Basf Brasil	4000	Médio
Jeep Brasil	501-1.000 funcionários	Pequeno
Vale (Brasil)	76531	Grande/Grande
Ambev	31000	Grande/Grande
Electrolux	13600	Grande
Safran HEB Brasil	200	Pequeno

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em seguida as empresas foram agrupadas de acordo com a classificação de porte, como pode-se observar no Quadro 5 abaixo.

Quadro 5: Agrupamento de empresas de acordo com classificação de porte

Pequeno	Médio	Médio/Grande	Grande	Grande/Grande
Birmind Automação	Toyota Brasil	Automatsmart Tech	Volkswagen Brasil	T Systems
Autaza	Romi	Siemens	Bosch Brasil	WEG
Cliever	ARBUG	Fiat Chrysler	Embraer	Vale (Brasil)
Futuriste	Nubank	Siemens – Controles para multi setores	TOTVS	Ambev
Datacom	ABB	Thyssenkrupp	Electrolux	

Quadro 5: Agrupamento de empresas de acordo com classificação de porte
(continua...)

Pequeno	Médio	Médio/Grande	Grande	Grande/Grande
PPI- Multitask	Schneider Electrics Brasil	Tramontina		
Leal	Basf Brasil			
HarboR				
IBMP				
Pollux				
Teclav				
OMRON				
IMBEL				
Anhambi Alimentos				
Jeep Brasil				
Safran HEB Brasil				

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Após o agrupamento foram observados os pilares identificados por meio da análise de vídeos dos processos industriais e os pilares citados nos materiais da pesquisa bibliométrica referente a cada empresa, sendo estes avaliados de 5 a 0. Sendo 5 o pilar de melhor avaliação e 0 o de pior avaliação, como mostra o Quadro 6 e a Figura 11.

Quadro 6: Avaliação de mercado das empresas

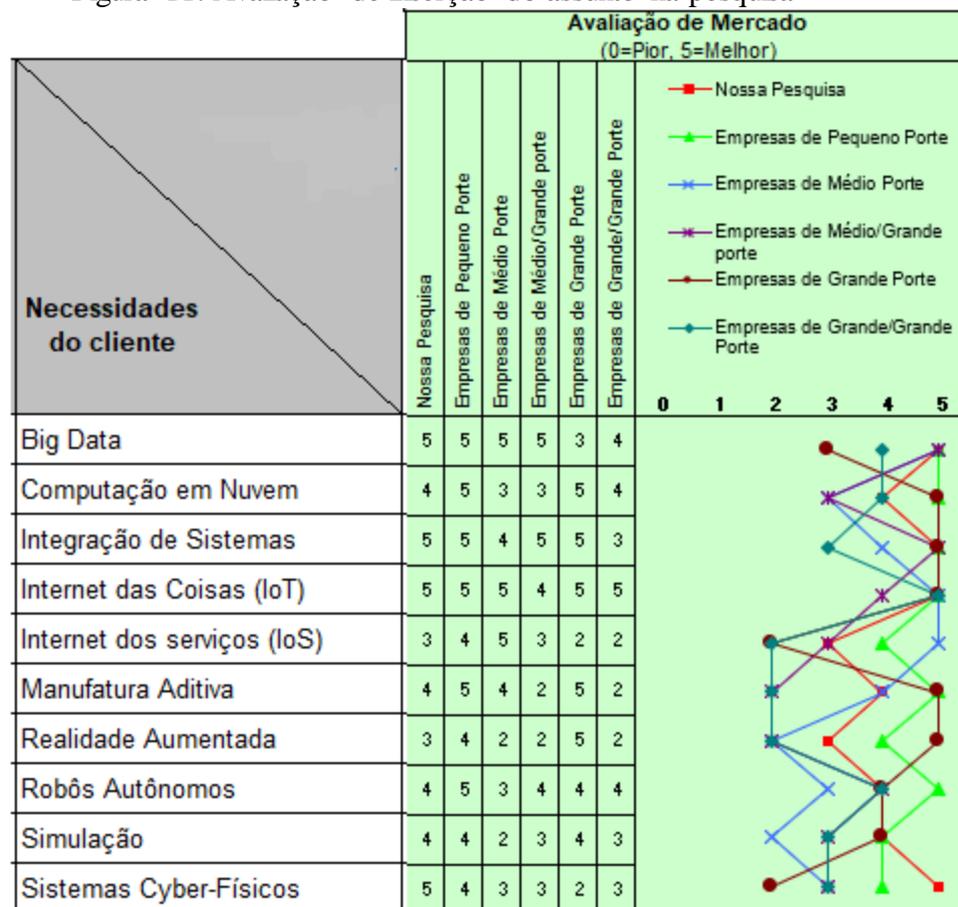
Avaliação de mercado	Pequeno Porte	Médio Porte	Médio/Grande Porte	Grande Porte	Grande/Grande Porte
Big Data	5	5	5	3	4
Computação em Nuvem	5	3	3	5	4
Integração de Sistemas	5	4	5	5	3
Internet das Coisas (IoT)	5	5	4	5	5

Quadro 6: Avaliação de mercado das empresas (continua...)

Avaliação de mercado	Pequeno Porte	Médio Porte	Médio/Grande Porte	Grande Porte	Grande/Grande Porte
Internet dos serviços (IoS)	4	5	3	2	2
Manufatura Aditiva	5	4	2	5	2
Realidade Aumentada	4	2	2	5	2
Robôs Autônomos	5	3	4	4	4
Simulação	4	2	3	4	3
Sistemas Cyber-Físicos	4	3	3	2	3

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 11: Avaliação de inserção do assunto na pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

4) Apresentação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0, ou seja, os benefícios proporcionados pela Indústria 4.0. São eles: Redução de custos, aumento da produtividade, operação em tempo real, visualização do sistema, descentralização das decisões, flexibilidade dos processos, agilidade no sistema, segurança no sistema, eficiência dos processos, diminuição de desperdícios, redução do tempo do lead time, integração das operações e dos produtos, melhor qualidade dos produtos, melhor utilização do capital intelectual, redução do consumo de energia. Os requisitos do projeto estão ilustrados na Figura 12.

Figura 12: Apresentação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0

Requisitos de projeto	Redução de custos	Aumento da produtividade	Operação em tempo real	Visualização do sistema	Descentralização das decisões	Flexibilidade nos processos	Agilidade no sistema	Segurança no sistema	Eficiência dos processos	Diminuição de desperdício	Redução de tempo do lead time	Integração das operações e das empresas	Melhoria na qualidade dos produtos	Melhor utilização do capital intelectual	Redução do consumo de energia
-----------------------	-------------------	--------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------	-----------------------------	----------------------	----------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------------	---	------------------------------------	--	-------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

5) Ranqueamento da relação dos requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente sendo: Forte = Θ ; Médio = O; Fraco = \blacktriangle . Nesta pesquisa serão considerados os portais de busca utilizados para pesquisa bibliométrica, CAPES, Google Acadêmico, Mendeley e BDTD e as empresas selecionadas por meio da pesquisa bibliométrica, agrupadas pelo porte da empresa.

Ranqueamento considerando portais de busca: para realização do ranqueamento da relação dos requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente foram realizados estudos em duas etapas. Primeiro, foi realizada uma análise do conteúdo apresentado no referencial teórico buscando identificar o máximo de relações entre os requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente, sendo elas forte, médio ou fraca. Após identificar as relações expostas no referencial teórico, as informações geradas nessa fase foram inseridas na QFD. Em seguida foi realizada uma análise dos materiais selecionados para pesquisa bibliométrica buscando identificar o máximo de relações entre os requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente, sendo elas forte, médio ou fraca. Após identificar as relações expostas nos materiais selecionados para pesquisa bibliométrica estas foram inseridas na QFD. As relações que não foram identificadas por meio do estudo dos materiais foram consideradas como fracas e inseridas na QFD. O Ranqueamento da relação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0 considerando os portais de busca está ilustrado na Figura 13.

Figura 13: Ranqueamento da relação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0 considerando os portais de busca

Necessidades do cliente	Requisitos de projeto														
	Redução de custos	Aumento da produtividade	Operação em tempo real	Visualização do sistema	Descentralização das decisões	Flexibilidade nos processos	Agilidade no sistema	Segurança no sistema	Eficiência dos processos	Diminuição de desperdício	Redução de tempo do lead time	Integração das operações e das empresas	Melhoria na qualidade dos produtos	Melhor utilização do capital intelectual	Redução do consumo de energia
Big Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Computação em Nuvem	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Integração de Sistemas	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	○
Internet das Coisas (IoT)	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	○
Internet dos serviços (IoS)	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	▲	○	○
Manufatura Aditiva	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○
Realidade Aumentada	○	○	○	○	▲	○	▲	○	○	○	○	○	○	○	▲
Robôs Autônomos	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲
Simulação	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sistemas Cyber-Físicos	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Ranqueamento considerando empresas agrupadas: para realização do ranqueamento da relação dos requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente foi realizada uma análise dos vídeos e sites das empresas, a fim de identificar o máximo de relações entre os requisitos do projeto com a qualidade exigida pelo cliente, sendo elas forte, médio ou fraca. Após identificar as relações expostas nos vídeos e sites das empresas elas foram inseridas na QFD. As relações que não foram identificadas por meio do estudo dos materiais científicos foram consideradas como fracas e inseridas na QFD. O Ranqueamento da relação dos requisitos do projeto considerando as empresas agrupadas está ilustrado na Figura 14.

Figura 14: Ranqueamento da relação dos requisitos do projeto considerando as empresas agrupadas

Necessidades do cliente	Requisitos de projeto														
	Redução de custos	Aumento da produtividade	Operação em tempo real	Visualização do sistema	Descentralização das decisões	Flexibilidade nos processos	Agilidade no sistema	Segurança no sistema	Eficiência dos processos	Diminuição de desperdício	Redução de tempo do lead time	Integração das operações e das empresas	Melhoria na qualidade dos produtos	Melhor utilização do capital intelectual	Redução do consumo de energia
Big Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Computação em Nuvem	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	▲	○
Integração de Sistemas	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Internet das Coisas (IoT)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Internet dos serviços (IoS)	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	▲	▲
Manufatura Aditiva	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	▲
Realidade Aumentada	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲
Robôs Autônomos	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Simulação	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	▲
Sistemas Cyber-Físicos	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

6) Realização da quantificação dos resultados esperados com a utilização da Indústria 4.0. Na Figura 15 é possível observar a quantificação dos requisitos considerando portais de busca. E, na Figura 16 é possível observar a quantificação dos requisitos considerando as empresas agrupadas.

Figura 15: Quantificação dos requisitos considerando portais de busca

Máx. relacionamento na coluna	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso ou importância	900,0	900,0	841,5	841,5	685,4	900,0	778,0	509,8	900,0	900,0	841,5	841,5	802,4	768,3	597,6
Importância relativa	7,5	7,5	7,0	7,0	5,7	7,5	6,5	4,2	7,5	7,5	7,0	7,0	6,7	6,4	5,0
Ordem de atuação	1	1	6	6	13	1	11	15	1	1	6	6	10	12	14

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 16: Quantificação dos requisitos considerando as empresas agrupadas

Máx. relacionamento na coluna	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso ou importância	900,0	900,0	802,4	743,9	685,4	900,0	900,0	636,6	802,4	802,4	802,4	724,4	900,0	743,9	607,3
Importância relativa	7,6	7,6	6,8	6,3	5,8	7,6	7,6	5,4	6,8	6,8	6,8	6,1	7,6	6,3	5,1
Ordem de atuação	1	1	6	10	13	1	1	14	6	6	6	12	1	10	15

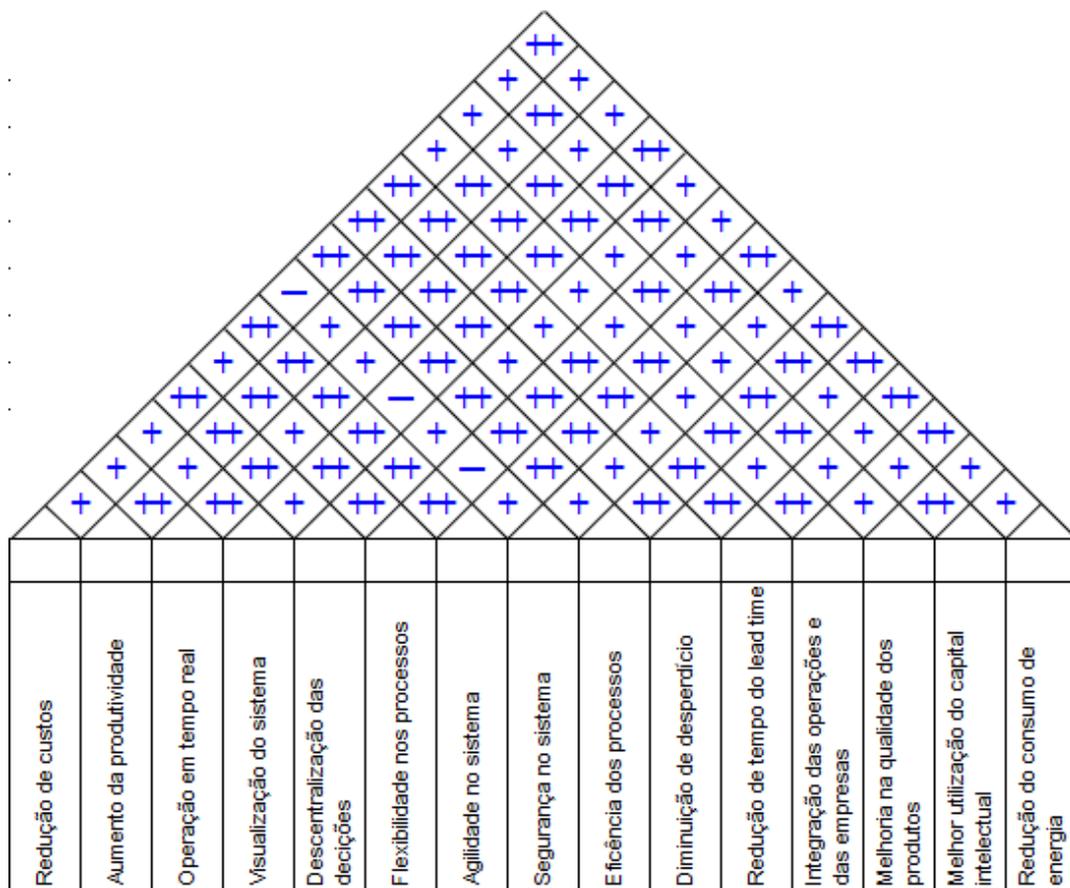
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

7) Realização de uma correlação dos requisitos da pesquisa no telhado da casa da qualidade.

8) Para realização da correlação dos requisitos da pesquisa no telhado da casa da qualidade foi considerado o ambiente da Indústria 4.0. Onde as correlações fortes positivas são representadas por: ++; as correlações positivas são representadas por: +; as

correlações negativas são representadas por: -; e as correlações fortes negativas são representadas por: --. Na Figura 17 é possível observar a correlação dos requisitos da pesquisa no telhado da casa da qualidade.

Figura 17: Telhado da casa da qualidade



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Para preenchimento da adaptação da QDF, no que diz respeito ao modelo de Kano, foram utilizados os artigos selecionados para pesquisa bibliométrica. Ao realizar estudos, a partir dos materiais selecionados, foi possível identificar quais pilares da Indústria 4.0 são considerados atrativos, esperados ou mandatórios. O resultado deste estudo pode ser observado conforme Quadro 7 e na Figura 18.

Quadro 7: Análise dos pilares em relação aos requisitos da pesquisa

Pilares	Atrativo?	Esperado?	Mandatário?
Big Data			X
Computação em nuvem		X	
Integração de sistemas		X	

Quadro 7: Análise dos pilares em relação aos requisitos da pesquisa (continua....)

Pilares	Atrativo?	Esperado?	Mandatário?
Internet das coisas (IoT)			X
Internet dos serviços (IoS)			X
Manufatura Aditiva	X		
Realidade aumentada	X		
Robôs autônomos		X	
Simulação	X		
Sistemas Cyber-Físicos			X

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 18: Modelo de Kano

Modelo Kano	Importância ou peso	Necessidades do cliente
M	5	Big Data
E	3	Computação em Nuvem
E	4	Integração de Sistemas
M	5	Internet das Coisas (IoT)
M	5	Internet dos serviços (IoS)
A	3	Manufatura Aditiva
A	4	Realidade Aumentada
E	4	Robôs Autônomos
A	3	Simulação
M	5	Sistemas Cyber-Físicos

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na análise dos resultados serão apresentadas as empresas brasileiras identificadas por meio da bibliometria, as percepções obtidas por meio do estudo de vídeos dos processos das empresas e o grau de inserção das empresas brasileiras na Indústria 4.0 por meio análise dos resultados obtidos por meio da QFD.

5.1. Análise bibliométrica

No primeiro momento, foram selecionados os portais de pesquisa, sendo eles: Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Mendeley e BDTD. Em seguida, foram utilizados os seguintes termos como palavras-chave para a busca de materiais: “Aplicação”, “Implantação”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”. Ao inserir todas as palavras-chave no processo de busca não foram encontrados resultados para a pesquisa, sendo dessa forma necessário fazer duas buscas em cada plataforma divididas da seguinte maneira: 1º) “Aplicação”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”. 2º): “Implantação”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”.

Das combinações de palavras-chaves e filtragem de materiais científicos foram obtidos os seguintes resultados:

1º) “Aplicação”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”: 87 resultados iniciais, que após inserção do período (2017-2021) foram reduzidos à 66. Pela análise dos títulos selecionou-se 23 materiais e após a leitura dos resumos esse número reduziu para 14.

2º): “Implantação”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”: 46 resultados iniciais, que após inserção do período (2017-2021) foram reduzidos à 31. Pela análise dos títulos selecionou-se 12 materiais e após a leitura dos resumos esse número diminuiu para 8.

Portanto, os materiais obtidos nas diferentes plataformas a partir das combinações das palavras-chave totalizaram 22 unidades, mas esse número foi reduzido à 10 após a leitura de todo material e a verificação de que o conteúdo não estava alinhado com o tema pesquisado. O Quadro 8 apresenta a filtragem dos documentos científicos nos portais de busca.

Quadro 8: Filtragem de documentos científicos nos portais de busca

Etapas da busca	Alternativa 1	Alternativa 2
Palavras-Chave	“ Aplicação ”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”	“ Implantação ”, “Indústria 4.0”, “Empresas Brasileiras” e “Estudo de caso”:
Resultados Iniciais	87	46
Inserção do Período 2017-2021	66	31
Análise de títulos	23	12
Leitura do resumo	14	8
Leitura de todo material	7	3

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os estudos encontrados nas bases científicas que serviram para análise na bibliometria serão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9: Estudos selecionados das bases científicas

Ano	Título	Autores	Referência	Portal de Busca
2017	Estudos de caso da Indústria 4.0 Aplicados em uma empresa automobilística.	MENDES, SIEMON e CAMPOS	A	Google acadêmico
2018	As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0.	SAKURAI e ZUCHI	B	Google acadêmico
2018	Panorama da Indústria 4.0 no Brasil: principais tecnologias utilizadas e os desafios para sua implementação.	ELIENESIO, ALBERTIN, e JAGUARIBE	C	Google acadêmico

Quadro 9: Estudos selecionados das bases científicas (continua...)

Ano	Título	Autores	Referência	Portal de Busca
2018	Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil.	SANTOS, MANHÃES e LIMA	D	Google acadêmico
2018	Os Benefícios da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 Em Empresas Do Setor Automotivo Brasileiro.	KODA	E	Google acadêmico
2019	Os Desafios da Indústria 4.0 no Brasil.	NAZARÉ, ROCHA, OLIVEIRA, SOUZA e RAMOS	F	Google acadêmico
2019	Maturidade em Indústria 4.0: caso Safran Helicopter Engines Brasil	HALTENBURG	G	Mendeley
2018	Modelo de maturidade para a Indústria 4.0 para PME's brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal.	OLIVEIRA JÚNIOR	H	BDTD
2020	Avaliação do Nível de Maturidade da Indústria 4.0: O Caso de uma Empresa Estratégica de Defesa.	SILVA e ROCHA	I	CAPES
2020	A Indústria 4.0: fundamentos e principais impactos na economia brasileira.	PASSOS	J	Google acadêmico

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Por meio dos materiais encontrados e selecionados para revisão bibliométrica foi possível identificar as empresas que já utilizam os Pilares da I.4.0 e quais tecnologias foram citadas pelos autores dos materiais científicos.

Na análise foram identificadas 38 empresas. As empresas que foram mais citadas nos materiais selecionados foram a Volkswagen Brasil e a Bosch, sendo que respectivamente, a primeira foi citada por cinco documentos pesquisados e a segunda por três artigos. As demais empresas foram citadas em apenas um artigo.

Elienesio, Albertin e Jaguaribe (2018), no artigo intitulado Panorama da Indústria 4.0 no Brasil: Principais tecnologias utilizadas e os desafios para sua implementação, apresentam um panorama da Indústria 4.0 no Brasil, a fim de ter um diagnóstico de como as empresas brasileiras estão se adaptando a essa nova realidade. Os autores identificaram 25 empresas em adaptação, entre elas a Volkswagen Brasil e a Bosch. A partir das observações desta pesquisa e dos resultados da revisão sistemática é possível inferir que nos últimos 3 anos, mais empresas sediadas no Brasil aderiram a quarta Revolução Industrial e estão inseridas no contexto da Indústria 4.0. No Quadro 10 são apresentadas quais tecnologias são salientadas nos estudos selecionados.

Quadro 10: Tecnologias são salientadas nos estudos selecionados

Empresas	Autores	Tecnologias observadas pelos autores
Volkswagen Brasil	B, C, D, E, J	Computação em nuvem, manufatura aditiva e IoT.
Bosch	B, C, I	Realidade Aumentada, Inteligência Artificial, IoT, Big Data, Computação em nuvem, etiqueta RFID
Toyota	I	Big Data, Computação em nuvem e etiqueta RFID
Romi	A	Manufatura aditiva
Birmind Automação	A	Big Data
Automatsmart Tech	A	Inteligência artificial e Big Data
Autaza	A	Inteligência artificial
Embraer	C	IoT, Virtualização em 3D, digitalização

Quadro 10: Tecnologias são salientadas nos estudos selecionados (continua...)

Empresas	Autores	Tecnologias observadas pelos autores
Siemens – Soluções tecnológicas	C	IoT e Automação
ARBUG	C	IoT, fábrica digital, IoS, Manufatura Aditiva
Cliever	C	Manufatura Aditiva
Futuriste	C	Drones
Datacom	C	IIoT
PPI-Multitask	C	IIoT
Fiat Chrysler	C	Robôs e centros de comunicação
Leal	C	RFID
Nubank	C	Big Data
HarboR	C	Computação em nuvem
IBMP	C	IoT, rede de sensores
T Systems	C	IoT, computação em nuvem
Pollux	C	IoT
Siemens – Controles para multi setores	C	Fábrica Digital
Teclav	C	RFID
Thyssenkrupp	C	Fábrica digital, Big Data
Tramontina	C	CPS, robôs, controle remoto da produção
WEG	C	CPS, robôs, simulação
ABB	C	CPS, robôs, controle remoto da produção
OMRON	C	CPS, robôs
Schneider Electric	C	IoT, dispositivo de dados central
TOTVS	C	Computação em nuvem, fábrica digital

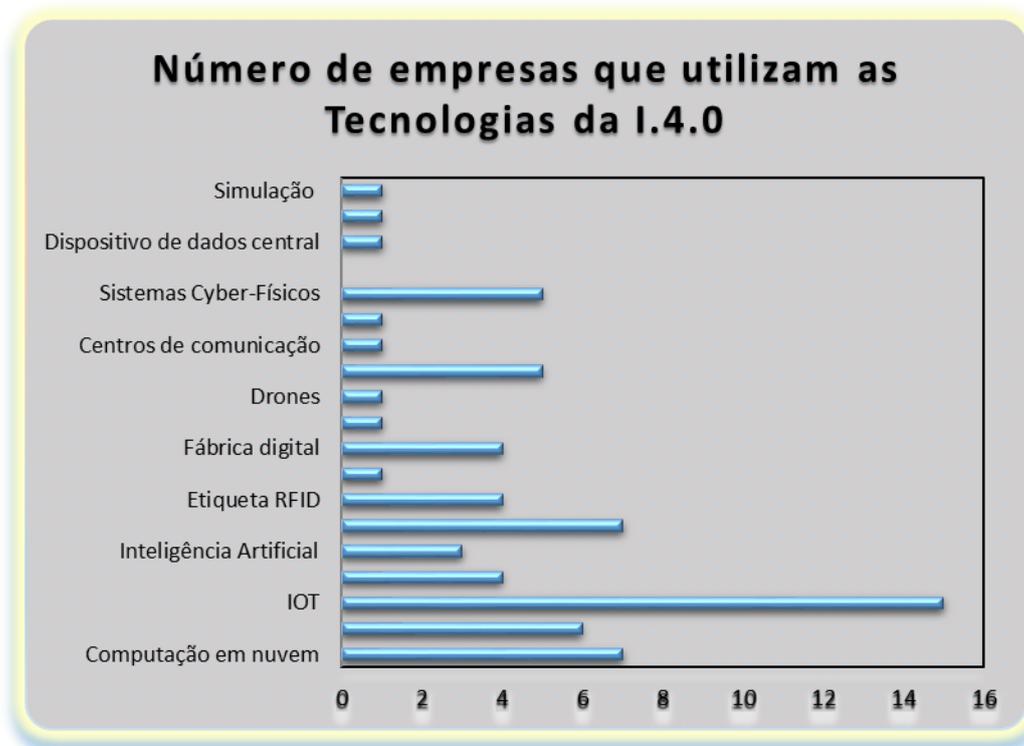
Quadro 10: Tecnologias são salientadas nos estudos selecionados (continua...)

Empresas	Autores	Tecnologias observadas pelos autores
IMBEL	F	Integração de sistemas e IoT
Anhambí Alimentos	H	IoT e computação em nuvem
Basf	E	Big Data
Jeep	E	Realidade virtual
Vale	E	IoT
Ambev	E	IoT
Electrolux	E	Realidade virtual e Manufatura aditiva
Safran HEB	G	Manufatura aditiva e Sistemas Cyber-Físicos

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

As empresas identificadas nesse estudo sinalizaram o uso, em conjunto ou separado, de 19 tecnologias oriundas da Indústria 4.0, sendo as mais utilizadas: IoT, Computação em Nuvem, Big Data, Etiqueta RFID, Manufatura Aditiva, como é visualizado na Gráfico 3.

Gráfico 3: Número de empresas que utilizam tecnologias da I.4.0 de acordo com análise dos documentos científicos



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

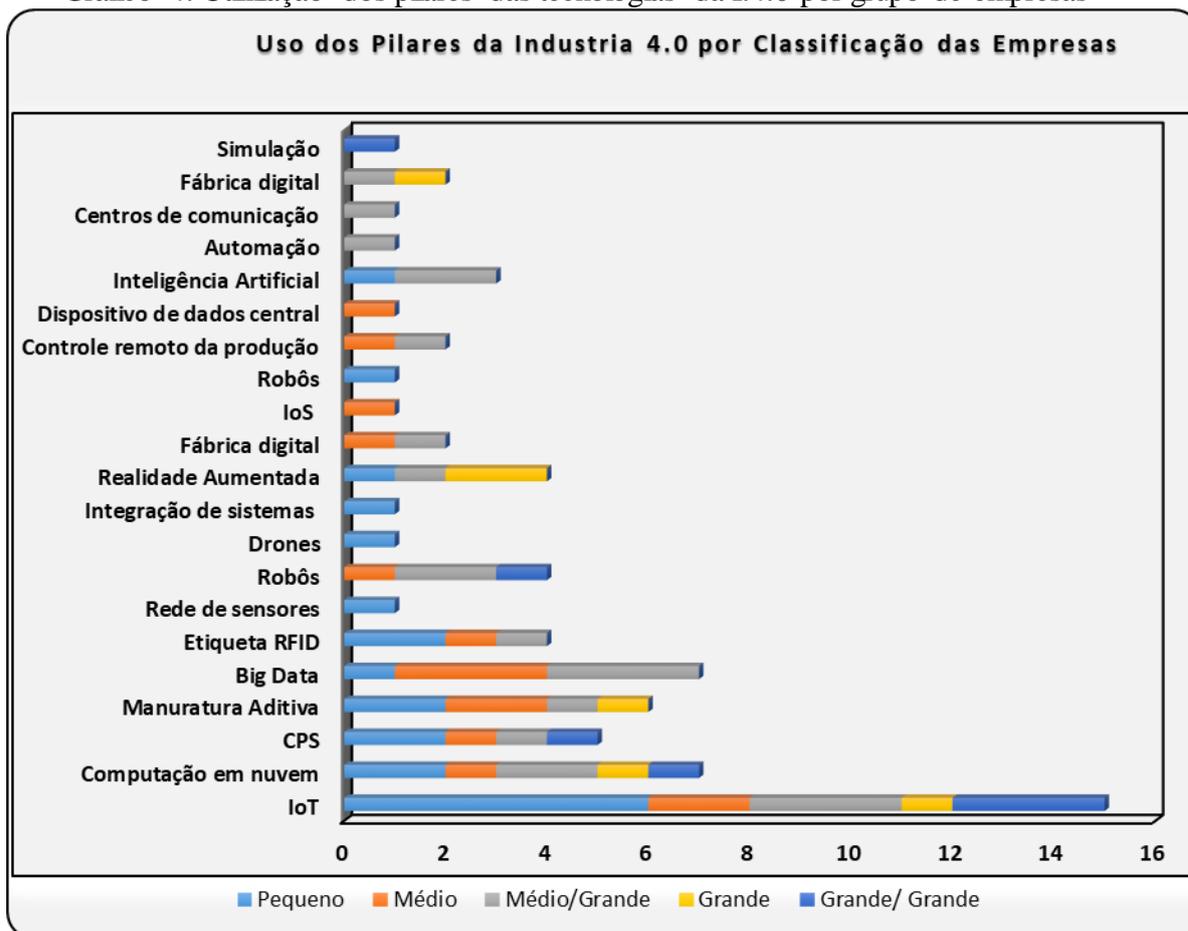
O investimento em tecnologias varia entre as empresas de acordo com o processo de produção, campo de atuação, objetivos e metas, conhecimento sobre as tecnologias, capital para investimento e o porte da empresa. No Quadro 11 é possível verificar o campo de atuação de cada empresa e a classificação dessas empresas conforme o número de funcionários. Dentre as empresas identificadas pelos artigos foram identificados que, o número de pilares utilizados pelas empresas de pequeno porte varia de 1 à 2, para as de médio porte varia de 1 à 4, as de médio à grande porte entre 1 à 6, em relação as de grande porte todas registraram 2 pilares por empresa e finalmente as consideradas de maior porte (Grande/Grande) 1 à 3 pilares. No Gráfico 4 é possível visualizar os pilares da Indústria 4.0 distribuídos por classificações das empresas. De acordo com as quantificações do uso dos pilares observou-se que as empresas de Pequeno, Médio e Médio/ Grande porte são as que possuem maiores diversidades de uso dos pilares comparadas às empresas de Grande e Grande/Grande porte.

Quadro 11: Classificação das Empresas apresentadas nos materiais selecionados e área de atuação

Classificação das Empresas	Grupos de empresas selecionadas no estudo que fazem parte da classificação	Campo de atuação das empresas
Pequeno 11 a 1000 funcionários	Birmind Automação, Autaza, Cliever, Futuriste, Datacom, PPI-Multitask, Leal, HarboR, IBMP, Pollux, Teclav, OMRON, IMBEL, Anhambi Alimentos, Jeep Brasil, Safran HEB Brasil.	Softwares de performance para Indústria 4.0, Serviços e treinamento (drones), Softwares, Protótipos, Provedores de rede de telecomunicações, Soluções, consultoria e projetos, Consultoria, Equipamentos de proteção individual, Biologia Molecular, Robos colaborativos em diversos setores, Lavanderia industrial, Componentes eletrônicos, automotivos e automação industrial, Indústria de Material Bélico, Indústria de rações, Automobilístico, Aeroespacial
Médio 1001 a 5000 funcionários	Toyota Brasil, Romi, ARBUG, Nubank, ABB, Schneider Electric Brasil, Basf Brasil.	Automobilístico, Máquinas-ferramenta Tornos CNC, Tornos Convencionais, Centros de Usinagem e Mandrilhadoras, Injeção plástica, Crédito e informação, Energia, automação e sensores, Controle de energia, Indústria química.
Médio/Grande 5001 a 11000 funcionários	Volkswagen Brasil, Bosch Brasil, Automatsmart Tech, Siemens, Fiat Chrysler, Siemens – Controles para multi setores, Thyssenkrupp, Tramontina	Automobilístico, Softwares, Soluções tecnológicas: sistema de controle de processos, Controles para multi setores, Elevadores, Utensílios de cozinha.
Grande 11001 a 20000 funcionários	Embraer, TOTVS, Electrolux.	Software e hardware ERP, Aeroespacial, Eletrodomésticos
Grande/Grande 20001 ou mais funcionários	T Systems, WEG, Vale (Brasil), Ambev	TI, RFID, Motores elétricos, Siderurgia, Bebidas.

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Gráfico 4: Utilização dos pilares das tecnologias da I.4.0 por grupo de empresas



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

5.2 Análises de Vídeos e Sites das Empresas

Por meio dos materiais encontrados e selecionados para análise bibliométrica foi possível identificar as empresas que já utilizam as tecnologias 4.0 e quais tecnologias foram citadas pelos autores dos materiais.

A análise dos vídeos e sites das empresas foi realizada com o intuito de confirmar as tecnologias identificadas pelos autores e identificar as tecnologias utilizadas nos processos das empresas. A análise de vídeos dos processos da empresa foi realizada em sites das empresas, canal das empresas na plataforma *YouTube*, e em outros canais confiáveis encontrados na plataforma *YouTube*. Os links para acesso a esses vídeos estão disponibilizados no Apêndice I.

Por meio da análise dos vídeos e sites das empresas também foi possível identificar quais empresas são brasileiras e quais são multinacionais instaladas no Brasil, a fim de observar se o Brasil está realmente investindo em tecnologias da Indústria 4.0 ou apenas sediando a Indústria 4.0 de outros países.

O Quadro 12 apresenta os resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas.

Quadro 12: Resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas

Empresas	Autores	Tecnologia observada pela análise de vídeos	Empresa brasileira ou multinacional instalada no Brasil?
Volkswagen Brasil	B, C, D, E, J	IoT, Simulação, Integração de Sistemas, Manufatura Aditiva	Multinacional instalada no Brasil
Bosch	B, C, I	Inteligência Artificial, IoT, Big Data, Computação em nuvem, Integração de Sistemas, Robôs Autônomos e etiqueta RFID	Multinacional instalada no Brasil
Toyota	I	IoS	Multinacional instalada no Brasil
Romi	A	IoS e Manufatura Aditiva	Empresa Brasileira
Birmind Automação	A	Big Data, Inteligência Artificial e Computação em nuvem	Empresa Brasileira
Automatsmart Tech	A	IoS e Big Data	Empresa Brasileira
Autaza	A	Inteligência Artificial	Empresa Brasileira
Embraer	C	Integração de Sistemas, Simulação, Robôs Autônomos, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e Inteligência artificial.	Empresa Brasileira

Quadro 12: Resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas (continua...)

Empresas	Autores	Tecnologia observada pela análise de vídeos	Empresa brasileira ou multinacional instalada no Brasil?
Siemens – Soluções tecnológicas	C	Integração de Sistemas, IoT	Multinacional instalada no Brasil
ARBUG	C	IoT, IoS, Integração de Sistemas e Manufatura Aditiva	Multinacional instalada no Brasil
Clever	C	Manufatura Aditiva	Empresa Brasileira
Futuriste	C	Drones	Empresa Brasileira
Datacom	C	IoS e IoT	Empresa Brasileira
PPI-Multitask	C	IoT, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada	Empresa Brasileira
Fiat Chrysler	C	Integração de Sistemas, Simulação, Robôs autônomos, Big Data e Manufatura Aditiva e IoT	Multinacional instalada no Brasil
Leal	C	RFID	Empresa Brasileira
Nubank	C	Big Data	Empresa Brasileira
HarboR	C	IoT	Empresa Brasileira
IBMP	C	-	Empresa Brasileira
T Systems	C	RFID, IoT, Big Data e computação em nuvem	Multinacional instalada no Brasil

Quadro 12: Resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas (continua...)

Empresas	Autores	Tecnologia observada pela análise de vídeos	Empresa brasileira ou multinacional instalada no Brasil?
Pollux	C	Robôs Autônomos, IoT, Integração de Sistemas, Big Data, Computação em nuvem, IoS	Empresa Brasileira
Siemens – Controles para multi setores	C	Integração de Sistemas, IoT	Multinacional instalada no Brasil
Teclav	C	RFID	Empresa Brasileira
Thyssenkrupp	C	Computação em nuvem, Integração de Sistemas, IoT e Big Data	Multinacional instalada no Brasil
Tramontina	C	Robôs	Empresa Brasileira
WEG	C	Computação em nuvem, Big Data e integração de sistemas	Empresa Brasileira
ABB	C	Robôs	Multinacional instalada no Brasil
OMRON	C	Robôs, RFID, Big Data, Integração de sistemas e simulação	Multinacional instalada no Brasil
Schneider Electric	C	Integração de Sistemas	Multinacional instalada no Brasil
TOTVS	C	Computação em nuvem e Integração de Sistemas	Empresa Brasileira
IMBEL	F	Integração de sistemas e IoT	Empresa Brasileira
Anhambí Alimentos	H	Robôs e computação em nuvem	Empresa Brasileira

Quadro 12: Resultados obtidos através da análise dos vídeos dos processos e sites das empresas (continua...)

Empresas	Autores	Tecnologia observada pela análise de vídeos	Empresa brasileira ou multinacional instalada no Brasil?
Basf	E	Big Data e IoT	Multinacional instalada no Brasil
Jeep	E	Integração de Sistemas, Simulação, Robôs autônomos, Big Data, Manufatura Aditiva e IoT	Multinacional instalada no Brasil
Vale	E	IoT, Inteligência Artificial e Caminhões Autônomos	Empresa Brasileira
Ambev	E	IoT, Inteligência Artificial	Empresa Brasileira
Electrolux	E	–	Multinacional instalada no Brasil
Safran HEB	G	Big Data, Inteligência Artificial e Manufatura aditiva	Multinacional instalada no Brasil

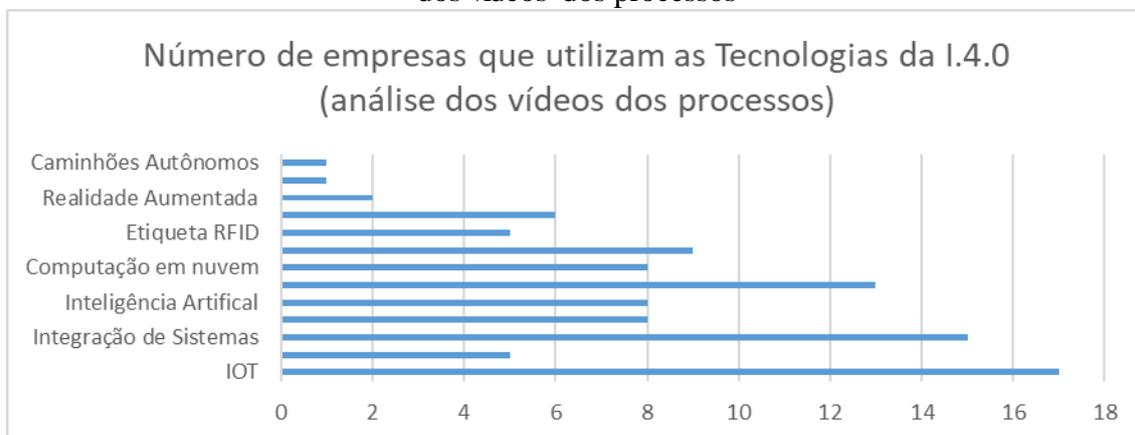
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Do total de 38 empresas, identificadas por meio da análise de documentos científicos, apenas em duas empresas, na Electrolux e no IBMP, não foram possíveis realizar a análise de vídeos dos processos. Não foi encontrado nenhum vídeo de processos dessas empresas em seus respectivos canais do *YouTube* ou em outras fontes confiáveis da mesma plataforma. Também não foram encontrados nenhum vídeo de seus processos em seus respectivos sites.

Diferente dos resultados obtidos por meio da análise dos materiais científicos selecionados, as empresas sinalizaram o uso, em conjunto ou separado, de 13 tecnologias oriundas da Indústria 4.0. Sendo que as mais utilizadas, de acordo com a análise realizada são: IoT, Integração de Sistemas, Big Data, Robôs Autônomos,

Computação em Nuvem, Manufatura Aditiva e Inteligência Artificial como é visualizado no Gráfico 5.

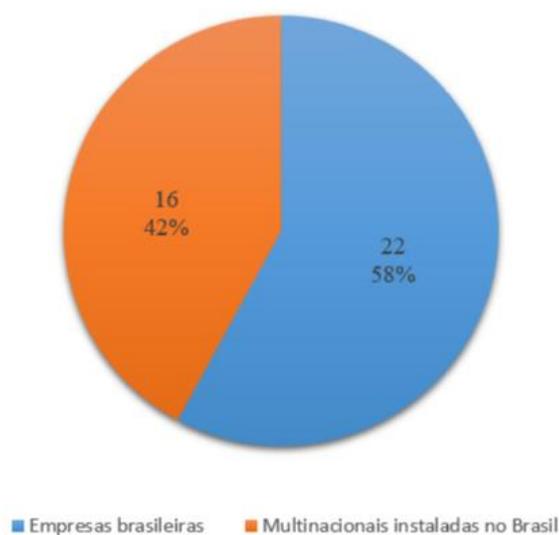
Gráfico 5: Número de empresas que utilizam tecnologias da I.4.0 de acordo com análise dos vídeos dos processos



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação às empresas, dentre as 38 identificadas, foi possível observar que 22 (58%) são brasileiras e 16 (42%) são multinacionais instaladas no Brasil como visualizado no Gráfico 6.

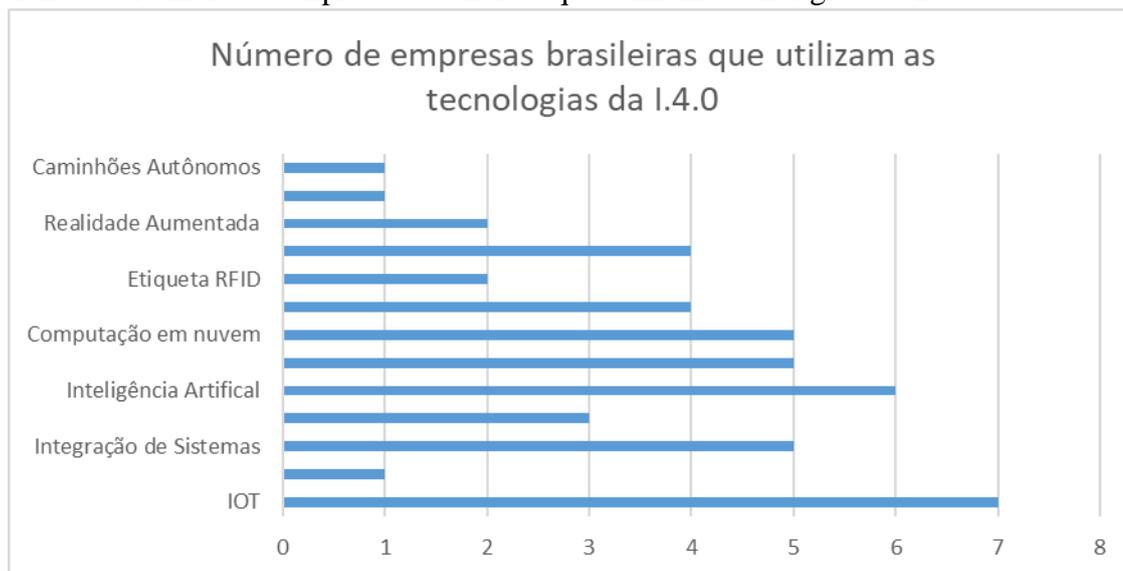
Gráfico 6: Porcentagem de empresas brasileiras e de multinacionais instaladas no Brasil



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação às empresas brasileiras foi possível perceber que elas estão utilizando, em conjunto ou separado, de 13 tecnologias da Indústria 4.0. Sendo que as mais utilizadas, de acordo com a análise realizada são: IoT, Inteligência artificial, Integração de Sistemas, Big Data e Computação em Nuvem, como é visualizado no Gráfico 7.

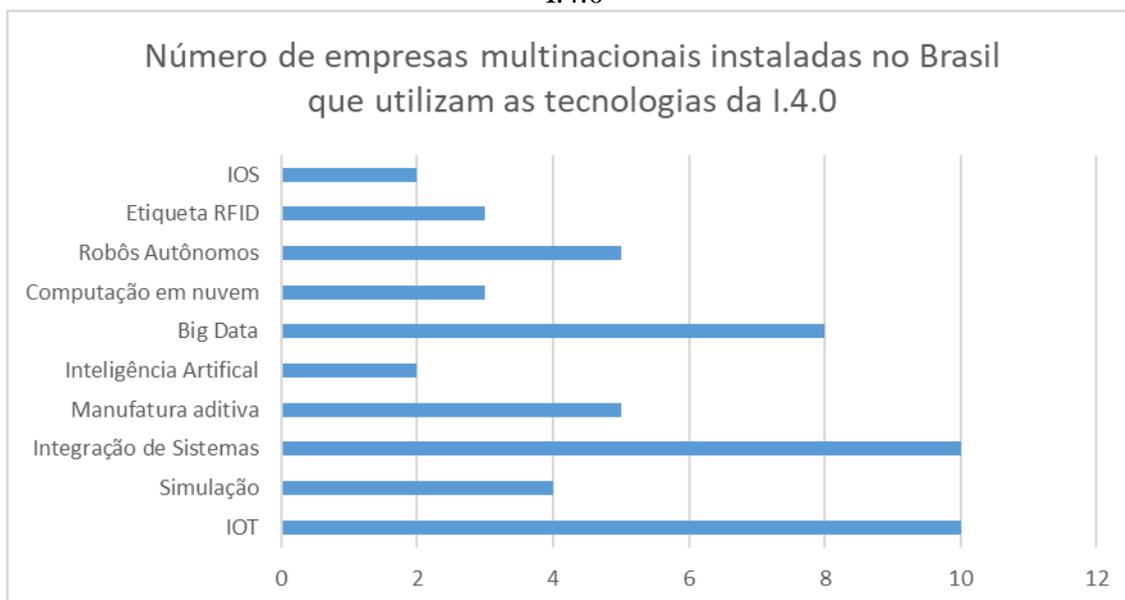
Gráfico 7: Número de empresas brasileiras que utilizam tecnologias da I.4.0



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Diferente das empresas brasileiras, as empresas multinacionais instaladas no Brasil, sinalizaram o uso em conjunto ou separado, de apenas 10 tecnologias da Indústria 4.0. Sendo que as mais utilizadas, de acordo com a análise realizada são: IoT, Integração de Sistemas, Big Data, Manufatura Aditiva e Robôs Autônomos, como é visualizado no Gráfico 8.

Gráfico 8: Número de empresas multinacionais instaladas no Brasil que utilizam tecnologias da I.4.0



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

5.3 Ferramenta QFD

A QFD representou um papel importante nesta pesquisa, sendo a ferramenta utilizada para classificar o grau de importância de cada benefício proporcionado pela Indústria 4.0. Esses benefícios foram definidos nos requisitos de projeto, a partir dos documentos científicos selecionados na pesquisa bibliométrica, e correlacionados com as necessidades do cliente (pesquisador).

Para realização da pesquisa foram elaboradas duas QFD's. Logo, nas correlações foram utilizados métodos distintos de avaliações. A primeira considerou os Portais de busca, em que se realizou a pesquisa, e a segunda considerou as empresas identificadas, através da leitura dos documentos científicos selecionados na pesquisa bibliométrica.

Estas correlações resultaram nas classificações descritas nas Figuras 19 e 20.

Figura 19: Classificação do grau de importância dos benefícios proporcionados pela I.4.0 de acordo com os portais de busca

	Redução de custos	Aumento da produtividade	Operação em tempo real	Visualização do sistema	Descentralização das decisões	Flexibilidade nos processos	Agilidade no sistema	Segurança no sistema	Eficiência dos processos	Diminuição de desperdício	Redução de tempo do lead time	Integração das operações e das empresas	Melhoria na qualidade dos produtos	Melhor utilização do capital intelectual	Redução do consumo de energia
Máx. relacionamento na coluna	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso ou importância	900,0	900,0	841,5	841,5	685,4	900,0	778,0	509,8	900,0	900,0	841,5	841,5	802,4	768,3	597,6
Importância relativa	7,5	7,5	7,0	7,0	5,7	7,5	6,5	4,2	7,5	7,5	7,0	7,0	6,7	6,4	5,0
Ordem de atuação	1	1	6	6	13	1	11	15	1	1	6	6	10	12	14

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 20: Classificação do grau de importância dos benefícios proporcionados pela I.4.0 de acordo com as empresas

	Redução de custos	Aumento da produtividade	Operação em tempo real	Visualização do sistema	Descentralização das decisões	Flexibilidade nos processos	Agilidade no sistema	Segurança no sistema	Eficiência dos processos	Diminuição de desperdício	Redução de tempo do lead time	Integração das operações e das empresas	Melhoria na qualidade dos produtos	Melhor utilização do capital intelectual	Redução do consumo de energia
Máx. relacionamento na coluna	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso ou importância	900,0	900,0	802,4	743,9	685,4	900,0	900,0	636,6	802,4	802,4	802,4	724,4	900,0	743,9	607,3
Importância relativa	7,6	7,6	6,8	6,3	5,8	7,6	7,6	5,4	6,8	6,8	6,8	6,1	7,6	6,3	5,1
Ordem de atuação	1	1	6	10	13	1	1	14	6	6	6	12	1	10	15

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

O resultado obtido permite ranquear e identificar quais os benefícios da Indústria 4.0 são mais relevantes no momento para os pesquisadores que publicam nas bases de

dados, estudadas nesta pesquisa, e para as empresas que atuam no Brasil e forneceram dados para essa pesquisa.

Como pode-se observar por meio das Figuras 19 e 20, dentre os parâmetros avaliados, redução de custos, aumento de produtividade e flexibilidade nos processos se apresentam como os benefícios mais relevantes em ambas QFD's, ao passo que segurança no sistema e redução do consumo de energia figuram como os benefícios menos considerados nos materiais estudados.

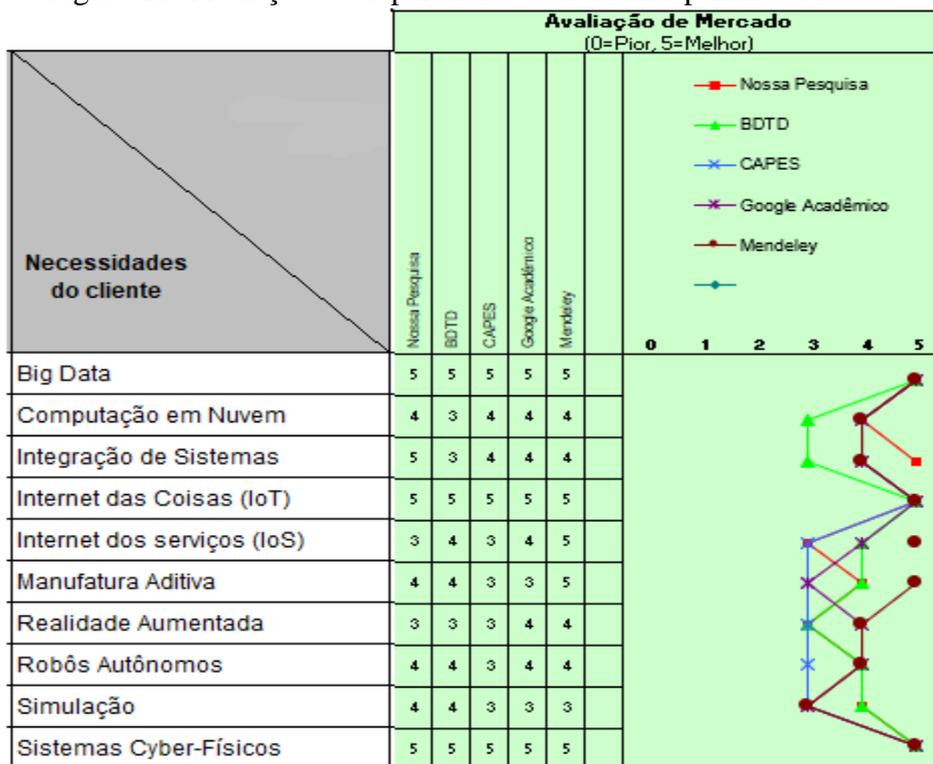
Ao comparar a ordem de atuação, que expressa a importância desse parâmetro, observa-se que a redução dos custos, aumento da produtividade, operação em tempo real, flexibilidade nos processos, redução do *lead time* e descentralização das decisões apresentam a mesma posição em ambas QFD's. Tal informação sugere que tais parâmetros têm a mesma importância para os pesquisadores que publicam nas bases de dados avaliadas e para as empresas estudadas.

As informações apresentadas nas Figuras 19 e 20 revelam ainda que, visualização do sistema, eficiência dos processos, diminuição do desperdício, integração das operações das empresas e redução do consumo de energia são parâmetros de maior importância para os pesquisadores que publicam nas bases de dados avaliadas. Ao passo que, agilidade no sistema, segurança no sistema, melhoria na qualidade dos produtos e melhor utilização do capital intelectual são parâmetros de maior importância para as empresas estudadas.

Por meio da elaboração das QFD's, também foi possível avaliar o grau de aprofundamento dos pilares da Indústria 4.0. Esta é uma análise que busca mensurar o grau de conhecimento e inserção, dessas tecnologias, permitindo uma caracterização geral do que está sendo aplicado em relação ao tema Indústria 4.0 no Brasil, considerando as empresas brasileiras, as multinacionais instaladas no Brasil e os artigos científicos, e assim, avaliar a partir de percepções dos resultados se o país está realmente investindo na Indústria 4.0.

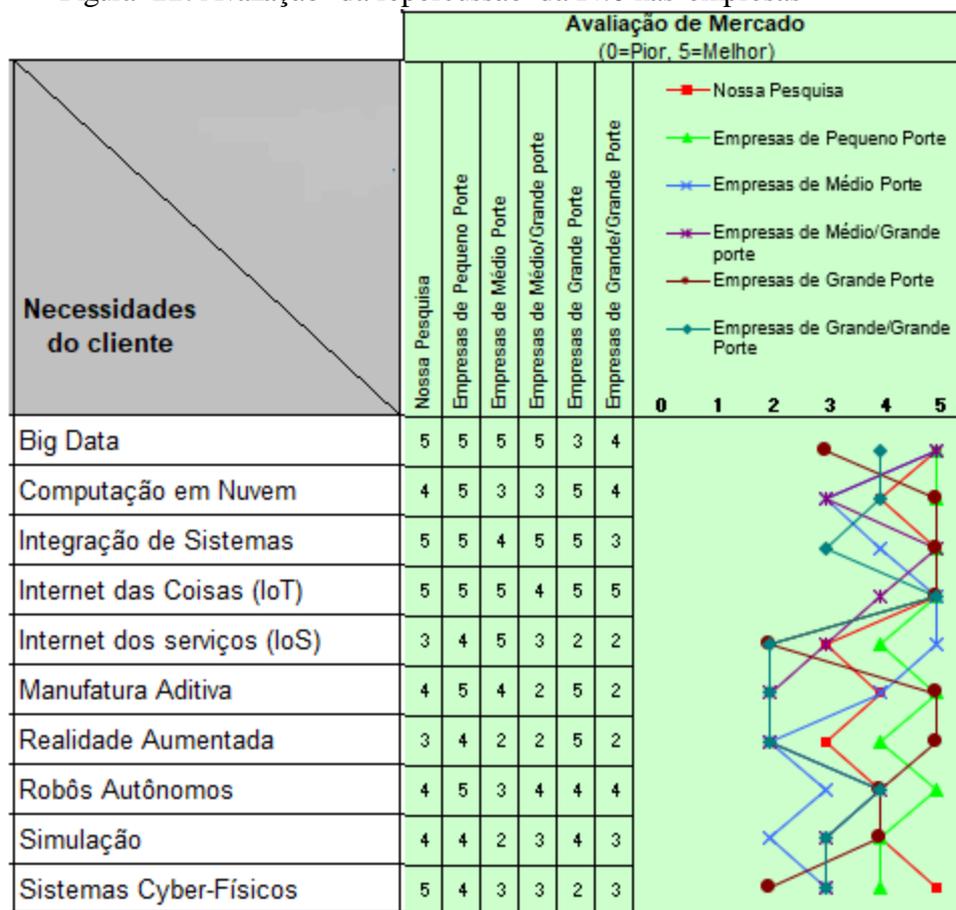
Como já citado, foram realizadas duas avaliações de mercado, uma considerando os portais de busca e outra considerando as empresas (classificadas de acordo com o porte). É possível visualizar o resultado dessas análises de mercado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21: Avaliação da repercussão da I4.0 nos portais de busca



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 22: Avaliação da repercussão da I4.0 nas empresas



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

O resultado destas análises de mercado mostrou que Indústria 4.0 está sendo mais trabalhada na teoria (nos documentos científicos) do que na prática (nas empresas). Os Pilares da Indústria 4.0 foram mais referenciados nos portais de busca do que nas empresas, o que indica que o Brasil está aderindo conhecimento e aos poucos tem grandes chances de apresentar maior inserção na I.4.0.

Big Data, *Sistemas Cyber Físicos* e *Internet das coisas*, considerados principais pilares da quarta Revolução Industrial apresentaram notas máximas na avaliação de mercado dos portais de busca. Já em relação a avaliação de mercado das empresas os pilares que se destacaram foram *Big Data*, *Internet das coisas* e *Integração de Sistemas*.

Em relação aos portais de busca, observa-se que o periódico CAPES apresentou poucos resultados a respeito dos pilares da Indústria 4.0, quando comparado com os outros portais de busca. No entanto, deve se levar em consideração que a plataforma contribuiu apenas com um documento científico para este trabalho.

Apesar de associar a escassez de documentos com o resultado da análise de mercado do portal CAPES, a mesma resposta não foi obtida ao avaliar o sistema Mendeley, que também contribuiu com apenas um documento científico, e foi a plataforma que apresentou melhor poder de resposta em relação aos pilares da Indústria 4.0.

Quando comparado os portes das empresas, observou-se que as empresas de Grande/Grande porte apresentaram, em grande maioria, maior variabilidade de inserção dos pilares da Indústria 4.0. Enquanto que as empresas de Pequeno porte apresentaram, em grande maioria, igualdade de inserção das tecnologias quanto ao uso dos pilares da Indústria 4.0. Com isso é possível sinalizar que independente do porte das empresas existe um movimento em relação a implantação, uso e mudanças tecnológicas relacionadas a Indústria 4.0, reconhecendo a importância da inserção na nova revolução para ganho de competitividade no mercado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo analisar o comportamento de empresas sediadas no Brasil frente à revolução proposta pela Indústria 4.0 no período de 2017 a 2021. Os resultados evidenciaram que algumas organizações sediadas no Brasil já estão investindo em tecnologias da Indústria 4.0 e que muitos dos seus pilares já são utilizados nas empresas analisadas.

Como apresentado nos resultados, a maior parte das empresas destacadas no estudo são brasileiras, o que nos permite concluir que o Brasil está realmente em busca da inserção na quarta Revolução Industrial e não está apenas sediando a Indústria 4.0 de outros países.

É possível que algumas empresas sediadas no Brasil ainda não tenham conhecimento sobre essa nova Revolução Industrial e quais os principais benefícios e desafios. Com a inserção da Indústria 4.0 estima-se ganhos de produtividade, competitividade e retorno de investimento para as empresas, e acredita-se que consequentemente também para o país.

A utilização da bibliometria permitiu identificar alguns benefícios proporcionados pela Indústria 4.0 e a metodologia QFD permitiu classificar o grau de importância desses benefícios. Após a realização das metodologias conclui-se que os principais benefícios proporcionados pela quarta revolução industrial são: redução de custos, aumento da produtividade e eficiência dos processos.

Acredita-se que as instituições devem se preparar e reorganizar a fim aderir as habilidades necessárias para as transformações demandadas pela quarta revolução industrial. Incentivos governamentais também são primordiais, tanto por parte de conhecimento, formação de mão de obra, análise de novos postos de trabalho e principalmente ao que tange apoio financeiro.

Cabe ressaltar também a importância de entender, acompanhar e observar as mudanças constantes trazidas por essa revolução no ambiente do trabalho. Novos recursos serão implantados neste contexto, diferentes campos de trabalho surgirão e o preparo das pessoas serão necessários para essa nova realidade. Observa-se que empresas alocadas em países desenvolvidos já direcionam investimentos com intuito de incentivar a criação e uso de novas tecnologias, bem como qualificar mão de obra especializada, relacionadas a Indústria 4.0 desde 2011.

Para estudos futuros propõem-se outras análises tais como, novos campos de trabalhos gerados por essa revolução, e relacionar a utilização dessas tecnologias pelas empresas sediadas no Brasil e o crescimento do país em termos econômicos.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L. B.; AIRES, A. S.; PONTES, H. L. J.; ARAGÃO JR, D. P. Principais Inovações Tecnológicas da Indústria 4.0 e Suas Aplicações e Implicações na Manufatura. In: XXIV SIMPEP Simpósio de Engenharia de Produção. [S.l.: s.n.], 2017.

ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L. B.; AIRES, A. dos S. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA 4.0 PARA O BRASIL. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. [S.l.: s.n.], 2017.

ALMEIDA, J.S.G; CAGNIN, R.F. A indústria do futuro no Brasil e no Mundo. 2019. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf. Acesso em: 01/07/2020.

AMATUCCI, M., AVRICHIR, I. Teorias de Negócios Internacionais e a Entrada de Multinacionais no Brasil de 1850 a 2007. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94702802>. Acesso em: 28/02/2021.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A BIBLIOMETRIA NA PESQUISA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO BRASILEIRA DE 1987 A 2007. Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2011v16n31p51>. Acesso em: 24/06/2020.

BEKEY, G. A. Autonomous Robots. Massachusetts Institute of Technology Press. 2005.

BELLUZZO, L. G.; GALÍPOLO, G. A nova revolução industrial. *Jornal Valor Econômico*, Brasília, novembro 2016. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/a-nova-revolucao-industrial.ghtml>. Acesso em: 24/06/2020.

BOHUSLAVA, J.; MARTIN, J.; IGOR, H. TCP/IP protocol utilisation in process of dynamic control of robotic cell according industry 4.0 concept. In: 2017 IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI). IEEE, 2017. p. 000217-000222

BORGES LIMA, A. W. de et al. Indústria 4.0: Conceitos e fundamentos. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2019. 182 p.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia. In: VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica. 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Desafios para Indústria 4.0 no Brasil. 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/> Acesso em 01/07/2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. 2017. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/e0/aa/e0aab52-53ee-4fd8-82ba-9a0ffd192db8/sondespecial_industria40_abril2016.pdf. Acesso em 24/07/2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Investimentos em Indústria 4.0. 2018. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/pqt-investimentos-em-industria-40/> Acesso em: 01/07/20.

COELHO, P. M. N. Rumo à Indústria 4.0. 2016. 65 p. Dissertação (Engenharia e gestão Industrial) — Universidade de Coimbra. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20%20c3%a0%20Industria%204.0.pdf>. Acesso em: 20/07/2020.

EDITORIA CASA DA CONSULTORIA. Multinacionais no Brasil. 2013. Disponível em: <https://casadaconsultoria.com.br/multinacionais-no-brasil/>. Acesso em: 01/03/2021.

ELIENESIO, M. L. B.; ALBERTIN, M. R.; JAGUARIBE, H. P. Panorama Da Indústria 4.0 No Brasil: Principais Tecnologias Utilizadas e os Desafios para sua Implementação. Revista SODEBRAS, v. 13, n. 148, abril 2018.

EMPRESOMETRO: INTELIGÊNCIA DE MERCADO: **Estatísticas 2021**. [online]. Disponível em: <https://www.empresometro.com.br/estatistica/> Acesso em: 01/03/2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. Indústria 4.0. Caderno Senai de Inovação. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em 28/07/2020.

FIESP. Congresso Brasileiro de Indústria 4.0: Os impactos e desafios da quarta Revolução Industrial. 2017. Disponível em: <http://hotsite.fiesp.com.br/industria40/rumo-industria40.html>. Acesso em: 23/07/2020.

GIL, A. C.; Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 2019.

GUIMARÃES, I. F. G.; LIMA, F. L. S. Indústria 4.0, Made in china 2025 e perspectivas do brasil para a manufatura inteligente: classificação por meio do QFD de alguns termos adotados em pesquisas de dois anais da Engenharia de Produção. in: XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. [s.n.], 2019. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_290_1634_38414.pdf. Acesso em: 17/06/2020.

HALTENBURG, F.P.C., (2019). Maturidade em Indústria 4.0: Caso Safran Helicopter Engines Brasil. Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF, 110p.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: Hawaii International Conference on Systems Science. 2016. p. 3928–3937

IFAA – INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ARBEITSWISSENSCHAFT. Arbeitsorganisatorische Ansatz und Umsetzung in der deutschen Metall- und Elektro-Industrie. Industrietage 2016, Augsburg, 16 Nov. 2016.

KHAN, A.; TUROWSKI, K. A survey of current challenges in manufacturing industry and preparation for industry 4.0. In: Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry (IITI’16). Springer, Cham, 2016. p. 15-26

KODA, A. Os Benefícios da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 Em Empresas Do Setor Automotivo Brasileiro. 2020. Dissertação (Mestrado) — Universidade Nove De Julho.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, Springer, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

LEE, E. A., SESHIA, S. A. Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach. Segunda Edição, MIT Press, 2017. Disponível em: <http://leeseshia.org/releases/LeeSeshia_DigitalV2_2.pdf> Acesso em 26/06/2020.

LIMA, F. L. S. Perspectivas sobre a incorporação do conceito de Indústria 4.0 no Brasil. 2019. 80 p. Monografia (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Ouro Preto.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 2001.

MARQUES, K. Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação. São Carlos: EESC-USP, 2014.

MATOS, J. D. S. A Indústria 4.0 Na Economia Brasileira: Seus benefícios, impactos e desafios. 2018. 49 p. Monografia (Ciências Econômicas) — Universidade Federal de Uberlândia.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Unlocking the potencial of the internet of things. jun. 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>. Acesso em: 13/07/2020.

MENDES, C. R.; SIEMON, F. B.; CAMPOS, M. M. de. Estudos de Caso da Indústria 4.0 Aplicados em uma empresa automobilística. POSGERE - Pós-Graduação em Revista, v. 1, n. 4, p. 15 – 25, 2017.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Mapa de Empresas. 2021. Disponível em: gov.br/mapadeempresas. Acesso em: 28/02/2021.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS – MIDIC. Brasil Terá Primeiro Programa de Mestrado e Doutorado em Indústria 4.0. 2018. DISPONÍVEL EM: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/noticias/mdic/brasil-tera-primeiro-programa-de-mestrado-e-doutorado-em-industria-4-0>. Acesso em: 28/07/2020.

MONTENEGRO LIMA, R. C. Bibliometria: análise quantitativa da literatura como instrumento de administração em sistemas de informação. Ci. Inf., Brasília, n.15, p.127-33, jul./dez. 1986. Disponível em: file:///C:/Users/01914606990/Downloads/233-234-1-PB.pdf. Acesso em: 21/07/2020.

MORAES, E. N. Método para Gerenciamento do consumo de energia elétrica em sistemas Ciberfísicos. 2013. 241 f. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MOREIRA, L. D. INDÚSTRIA 4.0: Estudo da Cadeia Produtiva da Madeira no Paraná. 2017 .68p. Monografia de Especialização — Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NAZARÉ, T. B.; ROCHA, J. T. Da; OLIVEIRA, L. A. T.; SOUZA, F. L. De; RAMOS, R. B. Os desafios da Indústria 4.0 no Brasil. **Revista Mythos**, V. 10, N. 2, P. 129 - 137, 2019.

NONNENBERG, M. J. B. Determinantes Dos Investimentos Externos e Impactos das empresas multinacionais no Brasil — As décadas de 1970 E 1990. 2003.

OLIVEIRA, F. T. SIMÕES, W. L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes de engenharia. Simpósio de Engenharia de produção. Universidade Federal de goiás.2017. Catalão. Goiás. Brasil. Disponível em: <https://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Fernanda_Tha%C3%ADs_de_Oliveira.pdf> Acesso em:28/06/2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. D. Modelo de maturidade para a INDÚSTRIA 4.0 para PME'S brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal. 2018. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PASSOS, L. H. S. A Indústria 4.0: fundamentos e principais impactos na economia brasileira. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v. 12, n. 2, p. 53 – 63, 2020.

PEDERNEIRAS, G. Simulação na Indústria 4.0. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18130-simulacao-na-industria-40>. Acesso em: 21/07/20.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. de O. Indústria 4.0: Conceitos e perspectivas para o Brasil. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n. 1, 2018.

PINTO, R. S.; FONTENELLE, M. A. M. Desdobramento da Função Qualidade -QFD No Processo de Desenvolvimento de Produtos: Uma Aplicação Prática. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Producao. [s.n.], 2013. Disponível em: <https://www2.unifap.br/furtado/files/2017/04/TextoApoio.pdf>. Acesso em: 30/06/20.

QUEIROZ, S.; CARVALHO, R. D. Q. Empresas multinacionais e inovação tecnológica no Brasil. São Paulo em perspectiva, v. 19, n. 2, p. 51 – 59, 2005.

ROCHA, J. T.; OLIVEIRA, L. A. T.; SOUZA, F. L.; RAMOS, R. B.; NAZARÉ, T. B. Os Desafios da Indústria 4.0 no Brasil. FIC/UNIS, 2018.

RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A. de; SCHÜTZER, K. Industrie 4.0 – Uma Revisão da Literatura. Revista de Ciência e tecnologia, v. 19, n. 38, p. 33 – 45, 2016.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUDIO, F. V. Introdução ao projeto de pesquisa científica. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1980.

RÜßMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Boston Consulting Group. 2015. Disponível em: http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf > Acesso em 29/06/20.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As Revoluções Industriais até A Indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 25 fev. 2021.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil. In: X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. São Cristovão/SE: [s.n.], 2018.

SAMUEL ALMEIDA, P. Indústria 4.0: Princípios básicos, aplicabilidade e implantação. São Paulo: Erica, 2019.

SCHWAB, K.A Quarta Revolução Industrial. 1. ed. [S.l.]: Edipro, 2016. 167 p.
SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. **Aplicando a quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.

SILVA FILHO, J. A. D. Indústria 4.0 No Brasil: A Dinâmica Das Transformações Nas Esferas Produtiva E Laboral. 2019. 35 p. Monografia (Ciências Econômicas) — Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, M. e ROCHA, C. Avaliação do Nível de Maturidade da Indústria 4.0: O Caso de uma Empresa Estratégica de Defesa. Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ], 12(1), 31-59, 2020.

SILVA, R. M. da; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 Baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura Orientada a Serviços. In: XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Natal, 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração Da Produção. 2 Ed. São Paulo/; Atlas, 2009.

SMIT, J., KREUTZER, S., MOELLER, C., CARLBERG, M. POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY Industry 4.0-Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE). União Européia, fevereiro de 2016. Disponível em <<http://www.europarl.europa.eu/committees/en/supportinganalyses-search.html>> Acesso em: 01/07/2020.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L.; CASTRO, L. O. C. O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. Ambiente Construído, Porto Alegre, 01 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100175&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 24/06/2020.

STEVAN JR., S. L.; LEME, M. O.; SANTOS, M. M. D. Indústria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2019. 183 p.

STOCK, T. e SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use. 2016.

TEIXEIRA, R. L. P.; TEIXEIRA, C. H. S. B.; BRITO, M. L. A.; SILVA, P. C. D. Os discursos acerca dos desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil. Brazilian Journal of Development, Curitiba, dezembro 2019. Disponível em: <http://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5094>. Acesso em: 17/06/2020.

VOLPATO, L. F.; MENEGHIM, M. C.; PEREIRA, A. C.; AMBROSANO, G. M. B. Planejamento da qualidade nas unidades de saúde da família, utilizando o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Cadernos de Saúde Pública, v. 26, p. 1561-1572, 2010.

WELCKER, C. M. Zukunft Maschinenbau. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Verlagsspezial. Alemanha, 2017.

ZENNARO, I.; FINCO, S.; BATTINI, D; PERSONA, A. Big size highly customised product manufacturing systems: a literature review and future research agenda. International Journal of Production Research, 1-24. 2019.

APÊNDICE I

Empresas	Links
Bosch	https://www.youtube.com/watch?v=ABsPD4hOCkc https://www.youtube.com/watch?v=s8n4JgWD8Q0 https://www.youtube.com/watch?v=nm8f4xwC7OM https://www.youtube.com/watch?v=QHT1eRDFArQ
Toyota	https://www.youtube.com/watch?v=drdajBH7RS4
Volkswagen	https://www.youtube.com/watch?v=Mu_AeLj-9xw https://www.youtube.com/watch?v=C6bOSTBj4A0
Romi	https://www.youtube.com/watch?v=l7OvNOlmfS4
Birmind Automação	https://www.youtube.com/watch?v=m2C0ViLa910&feature=emb_logo
Automatsmart Tech	https://www.youtube.com/watch?v=f7RRXNEO_Nk
Autaza	https://www.youtube.com/watch?v=PeqsDziPXD4
Embraer	https://www.youtube.com/watch?v=eljlbewmAUE https://www.youtube.com/watch?v=qEwjPnrOa_Y
Siemens - Soluções tecnológicas	https://www.youtube.com/watch?v=OF5oEkMgRXc
ARBUG	https://www.arburg.com/pt/br/gama-de-servicos/servicos-globais/orientacao/industria-40/
Cliever	https://www.youtube.com/watch?v=n2jN6pxM3b4
Futuriste	https://www.youtube.com/watch?v=YDT79fY8DBY
Datacom	https://www.youtube.com/watch?v=cIb6EISydwE
PPI-Multitask	https://www.youtube.com/watch?v=vO4kgwqmuKA https://www.youtube.com/watch?v=CJPdwqLilqw
Fiat Chrysler	https://www.youtube.com/watch?v=udUrDDLyKhM https://www.youtube.com/watch?v=wETEKO6Yzi0&t=8s
Leal	https://www.youtube.com/watch?v=oGt-EPtvq0w
Nubank	https://www.youtube.com/watch?v=umq9kCJFavw
HarboR	https://www.youtube.com/watch?v=c170MgRfJ1w

Empresas	Links
IBMP	-
T Systems	https://www.youtube.com/watch?v=M9T9wTpW8IA https://www.youtube.com/watch?v=s728BDABLoU
Pollux	https://www.youtube.com/watch?v=NAf9TSxi--s https://www.youtube.com/watch?v=1o1EUIQNaU4
Siemens – Controles para multi setores	https://www.youtube.com/watch?v=OF5oEkMgRXc
Teclav	https://www.youtube.com/watch?v=GO3N6qGU9qI
Thyssenkrupp	https://www.youtube.com/watch?v=_D5woJxfjXc
Tramontina	https://www.youtube.com/watch?v=LmV8OrsNQhU https://www.youtube.com/watch?v=1y3tXIJWzjE https://www.youtube.com/watch?v=zCu-GeLL10Y
WEG	https://www.youtube.com/watch?v=91YaK7Jc8Aw
ABB	https://www.youtube.com/watch?v=NMPrdzH0wIY
OMRON	https://www.youtube.com/watch?v=bOPrDSQ4Tek
Schneider Electrics	https://www.youtube.com/watch?v=ki7e466K_3o
TOTVS	https://www.youtube.com/watch?v=PAGVdMXMMnY
IMBEL	https://www.youtube.com/watch?v=0-Q3drefhwc
Anhambi Alimentos	https://www.youtube.com/watch?v=2IvvqYOTVXo
Basf	https://www.youtube.com/watch?v=0sro4DBmKV8
Jeep	https://www.youtube.com/watch?v=wZmNm32hNz0
Vale	https://www.youtube.com/watch?v=TL0cP2uo5-U https://www.youtube.com/watch?v=LXyBD1W9k6U
Ambev	https://www.youtube.com/watch?v=EXuBSjsPIBI
Electrolux	-
Safran HEB	https://www.youtube.com/watch?v=vsPkS86zeWo

APÊNDICE III

