



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

***Desafios da Indústria 4.0: Uma análise entre os
Planejamentos da Alemanha, China, Estados Unidos e
Brasil***

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BEATRIZ FERREIRA GOMES

Ouro Preto – MG

2022

BEATRIZ FERREIRA GOMES

***Desafios da Indústria 4.0: Uma análise entre os
Planejamentos da Alemanha, China, Estados Unidos e
Brasil***

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Planejamento e Controle da Produção

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Irce Fernandes Gomes
Guimarães

OURO PRETO - MG

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G633d Gomes, Beatriz Ferreira.
Desafios da Indústria 4.0: Uma análise entre os Planejamentos da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil. [manuscrito] / Beatriz Ferreira Gomes. - 2022.
59 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Industrie 4.0. 2. Tecnologia - Made in China 2025. 3. National Network of Manufacturing Innovation (NNMI). 4. Grupo de Trabalho para Indústria (GTI). I. Guimarães, Irce Fernandes Gomes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

BEATRIZ FERREIRA GOMES

Desafios da Indústria 4.0: Uma análise entre os Planejamentos da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil

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

Aprovada em 27 de junho de 2022

Membros da banca

Dr^a Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Dr^a Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
M^a Samantha Rodrigues de Araújo - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Dr^a 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 30/06/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/03/2023, às 12:26, 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 **0353715** e o código CRC **9396959B**.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder tudo o que preciso em cada momento de minha vida.

Agradeço à UFOP, à Gloriosa Escola de Minas e ao DEPRO por todas as experiências proporcionadas que contribuíram diariamente para a minha formação. E, aos mestres, por todos os ensinamentos que fizeram o diferencial para que eu enxergasse de forma prática os conteúdos de sala de aula.

Agradeço à Prof.^a Dr.^a Irce Fernandes Gomes Guimarães pelas orientações, ideias e pela paciência.

Agradeço à minha mãe, por todo o apoio e por nunca medir esforços para que eu chegasse até aqui e conseguisse realizar os meus sonhos.

Agradeço ao Valber, pela cumplicidade e parceria, e também por todo amparo e força que sempre me motivam a seguir em frente, pelos conselhos e por sempre querer o meu melhor.

E, por fim, agradeço à Ouro Preto pelo acolhimento e grandes momentos vividos que jamais serão esquecidos.

E aos demais, o meu muito obrigada!

RESUMO

Este estudo apresenta uma análise, por meio de publicações científicas, das principais metas apresentadas nos planejamentos de inserção de novas tecnologias industriais: *Industrie 4.0*, o Plano *Made in China 2025* e o NNMI em questão ao respectivo plano do Brasil (GTI) e seus desafios para as indústrias brasileiras. A pesquisa é feita por meio de consultas a publicações nas bases de dados nacionais Google Acadêmico e no Portal CAPES e na base de dados internacional *Science Direct*. Outras fontes de pesquisa foram os Anais de Encontro Nacional de Engenharia de Produção e o gerenciador de referências *Mendeley*, onde também foram assinalados os impactos no desenvolvimento do setor produtivo industrial brasileiro. Outros pontos considerados foram o estágio atual em que o setor vivencia, a atenção a períodos de baixa produtividade e poucos recursos em inovação, bem como a decorrência do período pandêmico frente a este cenário de mudança tecnológica. Por meio dos materiais científicos encontrados, buscou-se atingir o objetivo de fazer uma análise entre os planos de inserção tecnológica nacional da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil referente a Quarta Revolução Industrial, levantando os principais pontos e habilidades de cada país para a Indústria 4.0. As análises dos resultados indicaram as características e principais impactos para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 na estrutura industrial brasileira.

Palavras-chave: *Industrie 4.0*; *Made in China 2025*; *National Network of Manufacturing Innovation* (NNMI); Grupo de Trabalho para Indústria (GTI); Indústria 4.0; Pandemia.

ABSTRACT

This study presents an analysis, through scientific publications, of the main goals presented in the plans of insertion of new industrial technologies: Industrie 4.0, the NNMI and the Planning Made in China 2025 in question to the respective Brazil's planning (GTI) and its challenges for Brazilian industries. The research is carried out by consulting publications in the national Google Scholar databases and in the CAPES database and in the international Science Direct database. Other research sources were the Annals of the National Meeting of Production Engineering and the Mendeley reference manager, where the impacts on the development of the Brazilian industrial productive sector were also highlighted. Other points considered were the current stage in which the sector is experiencing, the attention to periods of low productivity and few resources in innovation, as well as the result of the pandemic period in front of this scenario of technological change. Through the scientific materials found, we sought to achieve the objective of making an analysis of the national technological insertion plans of Germany, China, the United States and Brazil regarding the Fourth Industrial Revolution, raising the main points and abilities of each country for the Industry 4.0. The analysis of the results indicated the characteristics and main impacts for the implementation of Industry 4.0 technologies in the Brazilian industrial structure.

Keywords: Industry 4.0; Made in China 2025; National Network of Manufacturing Innovation (NNMI); Working Group for Industry (GTI); Industry 4.0; Pandemic. Brazil's Challenges for Industry 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os nove principais pilares da Indústria 4.0.....	18
Figura 2 - Objetivos do Plano Made in China 2025	25
Figura 3 - Propostas prioritárias ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.....	30
Figura 4 - Fluxograma da escolha dos materiais utilizados na pesquisa	42
Figura 5 - Fluxograma da filtragem dos materiais utilizados	45
Figura 6 - Gráfico da classificação dos materiais acadêmicos	52
Figura 7 - Gráfico da quantidade de autores por publicação.....	52
Figura 8 - Gráfico dos tópicos abordados pelas publicações.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais ferramentas para viabilização do IoS.....	19
Tabela 2 - Políticas de manufatura avançada aplicadas nos EUA.....	28
Tabela 3 - Comparação entre os planos	31
Tabela 4 - Resultados do processo de busca.....	43
Tabela 5 - Resultado da inserção das palavras-chave.....	44
Tabela 6 - Materiais selecionados para o estudo bibliométrico	47
Tabela 7 - Relação do número de publicações e tópicos abordados.....	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPS – *Cyber-Physical-Systems*

GTI – Grupo de Trabalho para a Indústria

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial

IoT – Internet das Coisas

NNMI – *National Network of Manufacturing Innovation*

OMS – Organização Mundial da Saúde

P&D – Pesquisa e desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

RPC – República Popular da China

UE – União Européia

VDMA – *Verband Deutscher Maschinen - und Anlagenbau*

Associação Alemã de Fabricação de Máquinas e Instalações Industriais

ZVEI – *Zentralverband Elektrotechnik - und Elektronikindustrie*

Associação Central das Indústrias Elétricas e Eletrônicas

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	9
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Aspectos Gerais.....	12
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	15
1.3. Relevância do Estudo.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. Indústria 4.0.....	17
2.1.1. Internet das Coisas (IoT).....	18
2.1.2. Internet dos Serviços (IoS).....	19
2.1.3. <i>Cyber-Physical-Systems</i>	20
2.1.4. <i>Big Data</i>	20
2.1.5. <i>Smart Factories</i>	21
2.1.6. Cibersegurança.....	21
2.1.7. <i>Cloud Computing</i>	21
2.2. Planejamentos para a Indústria 4.0 – O caso da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil 22	
2.2.1. O Plano da Alemanha – <i>Industrie 4.0</i>	23
2.2.2. O Plano da China – <i>Made in China 2025</i>	24
2.1.3. O Plano dos Estados Unidos – <i>National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)</i> 27	
2.1.4. O Plano do Brasil – Grupo de Trabalho para a Indústria (GTI)	29
3. OS IMPACTOS DA PANDEMIA NO CENÁRIO DE IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	33
3.1. Considerações sobre a pandemia no contexto industrial global	33
3.2. Consideração sobre a pandemia na China.....	35
3.3. Considerações sobre a pandemia nos Estados Unidos	36
3.4. Considerações sobre a contribuição da Indústria 4.0 na pandemia	37
4. METODOLOGIA	40
5. ANÁLISE E RESULTADOS	47
5.1. Análise dos materiais acadêmicos.....	51

	10
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	57

1.INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o tema em estudo, a relevância e os principais aspectos que levaram a realização desta pesquisa. Em seguida, os objetivos, os limites da pesquisa e a estrutura do trabalho.

1.1 Aspectos Gerais

Cada país apresenta seu desenvolvimento industrial de maneira única e particular. E essa evolução de âmbito industrial e tecnológico pode ser verificada por meio de um processo de mudanças nas habilidades de produção e avanços revolucionários que propiciaram transformações tanto na sociedade quanto na economia. Apesar dos inúmeros benefícios, o crescimento do setor produtivo também requer muitos desafios e reformulações em esferas científicas.

Desde os primórdios, quando os homens passaram a realizar atividades industriais, a inteligência humana já era explorada para aprimorar e desenvolver técnicas e meios de produção mais eficientes. Com isso, o desenvolvimento industrial, a tecnologia e a inovação sempre caminharam juntas no que diz respeito ao desenvolvimento de novas competências para aprimoramento e evolução do setor produtivo.

A Primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra e iniciou na segunda metade do século XVIII sendo intensificada no século XIX. Foi um período marcado pela introdução de facilidades mecânicas na produção, por grandes mudanças sociais e econômicas. Nesse contexto, os trabalhos manuais e artesanais foram substituídos por um modelo de produção mais mecanizado. Nas indústrias de tecidos, o uso da máquina a vapor foi um dos grandes marcos para a época, o que levou ao desenvolvimento de outras habilidades de máquina e crescimento progressivo da produção. Também neste período, houve a utilização do carvão como combustível para meios de transporte como navios e trens e a descoberta do telégrafo, através de fios e de cabos submarinos (BRITO, 2017).

A partir de 1870, nos Estados Unidos, inicia-se a Segunda Revolução Industrial que em pouco tempo ganha a atenção de outros países e se estende pela França, Alemanha, Itália, Bélgica e Holanda. Foi um período marcado pela descoberta de fontes de energia como a energia nuclear e o aparecimento das usinas hidrelétricas, o motor a combustão

e também por inovações na metalurgia com a substituição do ferro pelo aço (BRITO, 2017).

Foi um período em que houve a adoção da eletricidade, a divisão do trabalho na indústria e a ampliação da quantidade de itens fabricados, devido a organização da produção em série, o que barateava o custo por unidade produzida. Surgiram as linhas de montagem, esteiras rolantes por onde circulavam as partes do produto a ser montado, de modo a agilizar a produção (BRITO, 2017).

Taylor e Ford foram os principais expoentes dessa forma de produção material dos bens de consumo. Cada qual desenvolveu suas teorias e práticas numa sociedade capitalista na qual a supremacia burguesa estava estabelecida na esfera econômica, o crescimento urbano era favorecido pelo êxodo rural acelerado e, desta forma, o aumento da classe operária era consequência natural (DA SILVA; GASPARIN, 2006).

A Terceira Revolução ocorreu em meados do século XX nos Estados Unidos, também foi chamada de “Revolução Digital” devido ao desenvolvimento de avançadas técnicas de eletrônica e de tecnologia da informação para automação dos processos de produção. Segundo Brito (2017), esse foi um período marcado pelo processo de inovações no campo da informática e suas aplicações nos campos da produção e do consumo. O grande marco deste período foi a criação da robótica e sua principal característica foi o uso de tecnologias avançadas de automação nas linhas de produção industrial.

Dos anos 90 em diante, houve um incremento de princípios mecânicos, elétricos e eletrônicos para inteligência artificial no contexto de fábrica, dando origem à Quarta Revolução Industrial. Essa revolução foi formalizada em 2013 na Alemanha, coordenada por três associações de classe que haviam anunciado a Plataforma em 2011 na Feira de Hannover, sendo elas, a Associação Alemã de Fabricação de Máquinas e Instalações Industriais (VDMA), a Associação Central das Indústrias Elétricas e Eletrônicas (ZVEI), a de tecnologia da informação, comunicação e mídia, *bitcoin* (TROPPIA; SILVA; DIAS, 2017).

Em 2015 seria relançada como política industrial do governo alemão. Com os objetivos de avançar e crescer de forma a garantir posição de vanguarda da indústria; desenvolver aplicação intensiva de tecnologias digitais, de comunicação e informação na indústria; estruturar sistemas *cyber-físicos*; enfatizar ambientes de testes; apoiar pequenas e

médias empresas e qualificar trabalhadores. Usando como referência a própria Alemanha e as melhores práticas industriais dos Estados Unidos e Japão (ARBIX et al., 2018).

Neste mesmo contexto, a China lança o plano “*Made in China 2025*” em 2015 usando como referência o *Industrie 4.0* da Alemanha. O plano da China tem como objetivos elevar o patamar da indústria; transitar do atual “*Made in China*” para o “*Designed in China*”; promover inovação original; tornar a economia mais competitiva e sustentável; formar e qualificar recursos humanos e reter talentos. Com uma duração de 10 anos e as próximas fases estão projetadas para o ano de 2035 e 2049 (ARBIX et al., 2018).

Os Estados Unidos, a grande potência da economia mundial também seguiu os passos de países como a Alemanha e a China e também desenvolveu um plano com diretrizes para implantação dos pilares da Indústria 4.0. O plano dos Estados Unidos, o *National Network Manufacturing Innovation* (NNMI), segundo Arbix et al. (2017), destaca em sua estratégia de desenvolvimento da manufatura avançada que surgiu como novidade no cenário da ciência, tecnologia e inovação do país. Concebido e orientado para alavancar a P&D empresarial, o escalonamento industrial e a comercialização de tecnologias, o NNMI se estruturou para operar por meio da criação de institutos temáticos, multiusuários e multi-institucionais, com custos compartilhados e governança correspondente ao nível de cooperação alcançado pela articulação público-privada.

Frente às propostas destes três planos, observa-se que uma das propostas da Indústria 4.0 é gerar grande impulso no desenvolvimento econômico e tecnológico daqueles países. Apurando a capacidade de instalar tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos com maior controle dos mecanismos de manufatura, buscando sempre melhoria contínua dos processos industriais, eficiência e segurança. Esta nova revolução tende a proporcionar as chamadas fábricas inteligentes (*Smarts Factory*) que podem contribuir para técnicas de produção cada vez mais eficientes com recursos de automação e robótica.

Neste sentido, o presente estudo, apresenta uma análise, por meio de publicações científicas, das principais metas apresentadas nos planejamentos *Industrie 4.0*, o Plano *Made in China 2025* e o NNMI em questão ao respectivo plano do Brasil (GTI) e seus desafios para as indústrias brasileiras. Assinalando os impactos no desenvolvimento

do setor produtivo brasileiro, considerando o estágio atual em que o setor vivencia períodos de baixa produtividade e poucos recursos em inovação. O objetivo é analisar os planos a respeito da Quarta Revolução Industrial da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil, levantando os principais pontos e habilidades de cada país para a Indústria 4.0. E indicar os impactos para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 na estrutura industrial brasileira.

Esta monografia se divide em seis capítulos. O segundo capítulo conta com um referencial teórico a respeito do tema estudado. O terceiro capítulo aborda os impactos trazidos pela pandemia frente aos planos de implantação da Indústria 4.0 nos países estudados, este ponto foi inserido devido ao surgimento da pandemia de COVID-19 que parou o mundo em 2020 e 2021. No quarto capítulo foi apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa. O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos pela aplicação da metodologia escolhida acerca do material estudado. E, por fim, no último capítulo se elucida as expectativas e desafios sobre a Indústria 4.0 no cenário de pandemia e os respectivos planos dos países estudados frente ao cenário brasileiro.

1.2. Objetivos

O objetivo geral do presente estudo será apresentado na seção 1.2.1, bem como, os objetivos específicos na seção 1.2.2.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar, por meio de publicações científicas e planejamentos nacionais, as principais metas apresentadas nos planejamentos *Industrie 4.0*, o Plano *Made in China 2025* e o NNMI em questão ao respectivo plano GTI do Brasil e seus desafios para as indústrias brasileiras, assinalando os impactos no desenvolvimento dos planos frente ao período pandêmico.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica a fim de levantar dados e aprofundar o conhecimento e entendimento sobre o tema estudado;
- Contextualizar os aspectos que marcam a Indústria 4.0 na vida cotidiana da sociedade atual;
- Identificar quais os principais pontos adotados pelos Planejamentos dos países Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil sobre a Indústria 4.0;

- Apresentar um diagnóstico acerca das expectativas para o cenário das indústrias brasileiras;
- Apresentar possíveis cenários do meio industrial no período de pandemia.

1.3. Relevância do Estudo

A ideia principal para o desenvolvimento deste estudo surgiu da percepção da explosão tecnológica que vem interligando o mundo a cada dia e as mudanças no modelo de produção observadas a partir da Indústria 4.0. Constata-se que a Engenharia de Produção e suas áreas de conhecimento e estudo têm muito a contribuir neste setor.

Atualmente, com a Quarta Revolução Industrial, inicialmente difundida na Alemanha, países como a China e Estados Unidos vem buscando cada vez mais desenvolver técnicas avançadas de manufatura tecnologicamente, trazendo uma ampla concorrência comercial. Diante disso, as empresas vêm procurando modificar-se a partir dos mecanismos de automação e produção para conseguir sobreviver no mercado.

O Brasil, ainda em estágio inicial de desenvolvimento de pesquisas para implantação destas novas técnicas, países como Alemanha, China e Estados Unidos já vivem uma realidade proveniente de altos investimentos em recursos para conectar setores acadêmicos e industriais para aprimoramento e implantação de técnicas de produção mais inovadoras.

Para verificar tal cenário, foi realizada uma pesquisa direcionada a levantar os principais pontos que vem sendo abordados em países como a Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil, realizando um comparativo e observando quais as principais habilidades devem ser desenvolvidas pelo Brasil, acerca deste tema. E com a questão pandêmica que instalou em todo o mundo, abriu-se uma nova curiosidade nesta pesquisa, a de como as inserções tecnológicas aconteceram neste período. Neste sentido, também foi abordado o cenário de implantação das tecnologias da Indústria 4.0 frente à pandemia de COVID-19, nos países estudados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a revisão de algumas referências que tratam do tema dessa pesquisa, bem como contribuições que irão embasar novas discussões acerca do tema.

2.1. Indústria 4.0

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial foi precedida por outras três revoluções industriais na história, cada uma com o seu respectivo impacto na dinâmica da economia mundial, na relação laboral e na aplicação de tecnologia para a fabricação de novos produtos (TROPIA; SILVA; DIAS, 2017).

Na Alemanha, houve discussões sobre a “Indústria 4.0”, um termo cunhado em 2011 na feira de Hannover para descrever como isso irá revolucionar a organização das cadeias globais de valor. Segundo Schwab (2016) isto se deve a possibilidade de as fábricas ter autonomia para realizar atividades autônomas para agendamentos de manutenções, análise e prevenção de falhas nos processos por sensores, captação de dados em tempo real e adaptação dos requisitos e mudanças não planejadas na produção (fábricas “inteligentes”), a quarta revolução industrial cria um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível. Isso permite a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais.

O mesmo autor ainda complementa que a Quarta Revolução Industrial, no entanto, 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 são a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos.

Para Venturelli (2017), a Indústria 4.0 é um ambiente em que todos os equipamentos estão conectados em rede e disponíveis por todo o tempo, de modo instantâneo, trazendo de maneira exponencial a capacidade dos computadores visando aumentar a quantidade de informação digitalizada e aprimorando as estratégias empresariais de inovação.

Segundo Schwab (2016), a Indústria 4.0 provocará mais agitações do que as revoluções industriais anteriores, devido à célere velocidade de inserção das tecnologias, a

amplitude e profundidade das diversas mudanças radicais ocorrendo simultaneamente, e a transformação completa de sistemas inteiros. Na Figura 1 são apresentados os nove principais pilares da Indústria 4.0.

Figura 1 - Os nove principais pilares da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Yazdi et. al., (2018)

2.1.1. Internet das Coisas (IoT)

A “Internet das Coisas” surgiu recentemente como um novo conceito de “rede”, que abrange comunicações e processamento dos mais diversos equipamentos. A palavra “internet”, com o poder simbólico que tem para toda a população mundial, veio para incorporar a nova expressão “Internet das Coisas” (IoT), e, assim, dar a ela abrangência, compreensão imediata de magnitude, tecnologia e perspectivas de futuro (FILHO, 2016).

Segundo Belluzzo e Galípolo (2016), a IoT tem como finalidade promover a aprendizagem e interação de máquinas, equipamentos e pessoas. Esse recurso também contribui para a interconexão das pessoas por meio da Internet. A IoT tem um papel importantíssimo nesta etapa de modernização constante, pois acelera processos de inovação. Com a Indústria 4.0, as indústrias em geral precisam estar multiconectadas e adaptadas às constantes mudanças no processo produtivo garantindo sempre agilidade e flexibilidade nas linhas de produção dos produtos. A todo instante simula, modela coleta e analisa dados para otimização de processos industriais e os tornam mais eficientes e flexíveis.

2.1.2. Internet dos Serviços (IoS)

De acordo com Sadiku, Tembely e Musa (2018), a Internet dos Serviços é centrada no

“serviço”. A implantação de IoS envolve uma ampla gama de tecnologias. As principais ferramentas que desempenham um papel vital na materialização e visualização da IoS, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais ferramentas para viabilização do IoS

Ferramentas	Definições
Computação em nuvem	Habilitada sob demanda desempenha um papel crucial na Internet de Serviços. Permite a conectividade global de aplicativos e serviços técnicos para <i>smartphones</i> e dispositivos. Usar a computação em nuvem para oferecer suporte a IoS tem muitos benefícios, incluindo a redução de custos, disponibilidade e confiabilidade do serviço.
Arquiteturas orientadas a serviços (SOA)	Surgiu como uma base tecnológica predominante da IoS, uma vez que os serviços são fáceis de implementar, implantar e consumir. Os aplicativos de serviços de negócios estão mudando em direção a arquiteturas orientadas a serviços (SOA), onde os serviços são vistos como bens comercializáveis. A <i>Web 2.0</i> incorpora uma filosofia social que é complementar à filosofia SOA focada em tecnologia. IoS incorpora o melhor da <i>Web 2.0</i> e SOA, empresas ou usuários individuais podem escolher entre vários recursos baseados na <i>Web</i>
<i>Big Data</i>	Se aplica a conjuntos de dados de tamanho extremo (por exemplo, <i>exabytes</i> , <i>zettabytes</i>) que estão além da capacidade das ferramentas de software comumente usadas. O <i>Big Data</i> está crescendo rapidamente e se expandindo em todas as ciências e engenharia, incluindo serviços físicos, biológicos e médicos. Diferentes empresas usam diferentes meios para manter o <i>Big Data</i> . Eles estão começando a valorizar todos os tipos de novas fontes de dados.
Mobilidade	Os dispositivos móveis estão se tornando cada vez mais populares devido à sua mobilidade e conectividade. A adoção de dispositivos móveis para serviços de <i>Internet</i> aumentou em um ritmo rápido e causou várias mudanças. Mais e mais usuários empresariais irão lidar com suas transações com dispositivos móveis. Isso vai levar à disponibilidade de aplicativos de negócios em várias formas e aumentar a flexibilidade dos tradicionais sistemas empresariais.

Fonte: Adaptado de Sadiku, Tembely e Musa (2018)

2.1.3. *Cyber-Physical-Systems*

Cyber-Physical-Systems (CPS) é um mecanismo que proporciona processos físicos, *softwares*, redes de comunicação e computadores estarem intimamente interligados, permitindo que diferentes componentes interajam entre si de diversas maneiras para trocar informações. Um CPS envolve um grande número de metodologias interdisciplinares, como teoria cibernética, engenharia mecânica e mecatrônica, ciência

de projeto e processo, sistemas de manufatura e ciência da computação (ZHONG et al., 2017).

Uma das principais técnicas é incorporar sistemas, que permitem um relacionamento altamente coordenado e combinado entre objetos físicos e seus elementos computacionais ou serviços. Um CPS contém interações em rede projetadas e desenvolvidas com entrada e saída físicas, como algoritmos de controle e capacidade computacional (ZHONG et al., 2017).

2.1.4. *Big Data*

Com o forte impulso em direção às tecnologias os dados devem se tornar cada vez mais acessíveis e conectados entre si em todos os setores fabris. Os inúmeros dados gerados por um ambiente digital exigem novas formas de coleta e armazenagem, pois esses dados são derivados de diversas e diferentes fontes, tais como, sensores, computadores, sistemas de TI, pessoas, máquinas, entre outros. Por meio deste recurso, muitas informações podem ser geradas por simulações em tempo real e análise dos dados. Este mecanismo traz agilidade no processamento de dados e melhor recurso de tomada de decisão. (CORDEIRO et al., 2017).

De acordo com Zhong et al., 2017, a tecnologia *Big Data* inclui a conexão de sensores, dispositivos, redes, arquivos, aplicativos, *web*, e *feeds* de mídia social. Nestas circunstâncias, um grande ambiente de dados gradualmente tomou forma nas indústrias. O que tem auxiliado no lançamento de novos produtos, bem como ajudado a desenvolver processos produtivos mais eficientes.

2.1.5. *Smart Factories*

As *Smart Factories* representam o próximo passo na evolução da automação. Representam um sistema totalmente conectado e flexível que processa um fluxo de dados para melhoria contínua e ser mais adaptável às novas demandas. Permite um fornecimento sequencial aberto e interconectado de informações da cadeia de operações para a cadeia de abastecimento, isto é, um suprimento digital da rede que integra informações de muitas fontes e locais diferentes, processa em tempo real e controla o ato físico de produção e distribuição (HARRISON; VERA; AHMAD, 2016).

Ilinkovic; Zelic; Gubán, (2020) afirmam que com a integração de todos os dados, um sistema mais eficiente e ágil pode ser alcançado. Além disso, por menos tempo de inatividade da produção e melhor possibilidade de prever e adaptar as mudanças que

podem ser realizadas na produção. Isso fornece uma posição melhor para a fábrica no mercado.

2.1.6. Cibersegurança

Segundo Rodrigues (2020), torna-se cada vez mais fundamental que as organizações adotem uma cultura forte e sólida de Cibersegurança, para integrar essa cultura no cotidiano da organização e em todas as vertentes da organização. É importante perceber e esclarecer que nos dias atuais, todas as vertentes de uma empresa se encontram ligadas à Segurança da Informação e que a organização deve ter os três pilares da Segurança da Informação bem solidificados, sendo eles:

1. Disponibilidade – A informação deve ser acessada sempre que pretendido pelo utilizador;
2. Integridade – Garantir que a informação não seja alterada até chegar ao destinatário;
3. Confidencialidade – Somente pessoas autorizadas devem ter acesso à informação.

2.1.7. Cloud Computing

A *Cloud Computing* está se tornando muito popular, é uma tecnologia importante hoje em dia porque cada consumidor usa a nuvem para salvar dados pessoais, como número de telefone, endereço e e-mail. A conexão de alta velocidade com a *Internet* é o principal requisito para acessar serviços de computação em nuvem (ESTAMSETTY, 2021).

Para Estamsetty (2021) o princípio fundamental da computação em nuvem é diminuir a carga de processamento nos receptores de serviço em nuvem. A computação em nuvem é um dos mais importantes e crescentes modelos de TI para computação de alto desempenho, concentrando-se em produtos e serviços de TI "sob demanda". Os usuários usam diferentes dispositivos eletrônicos, como telefones celulares, laptops, computadores pessoais e dispositivos inteligentes para acessar diferentes aplicativos utilitários, plataformas de desenvolvimento de TI e armazenamento na *Internet* usando protocolos padrão. A computação em nuvem usa máquinas virtuais para reduzir a infraestrutura física da TI, como RAM, armazenamento, servidores e bancos de dados. A máquina virtual funciona como um computador normal e executa as tarefas usando infraestrutura virtual de TI. A *Cloud Computing* permite uma maior virtualização e segurança no compartilhamento de informações.

Zanetti; Borges; Ricarte, (2016) alertam que a *Cloud Computing* é uma inovação em computação na última década, possui potencial de organização e exploração dos dados sobre diversas perspectivas. Exige um pouco de investimento, mas todos concordam que o seu desenvolvimento e implementação proporcionarão enormes vantagens competitivas às organizações como um todo.

2.2. Planejamentos para a Indústria 4.0 – O caso da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil

Os planejamentos para a Indústria 4.0 vão em direção às inovações tecnológicas para a manufatura inteligente, tendo como base a precursora Alemanha com o plano *Industrie 4.0*. Em 2013, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONU DI) apresentou o relatório da Universidade de Cambridge “Tendências emergentes no mundo da manufatura avançada” que apontou que o futuro da manufatura global enfrentará enormes desafios. Da perspectiva da estrutura populacional, devido ao aumento da expectativa da vida útil da população, declínio da fertilidade e consequente tendência demográfica do envelhecimento da sociedade, mudanças na proporção da força de trabalho afetarão a competitividade das empresas nacionais. Portanto, muitos países apresentaram planos de revitalização do setor industrial. Seguindo a política do *Industrie 4.0*, outros países propuseram políticas para implantação dessa nova onda tecnológica. Cada um deles com sua própria proposta, os detalhes e as áreas da indústria diferem de país para país (KUO; SHYU; DING, 2019). Neste sentido, este estudo traz os pontos principais dos planos para desenvolvimento da Indústria 4.0 de quatro países, sendo eles; Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil.

2.2.1. O Plano da Alemanha – *Industrie 4.0*

O conceito *Industrie 4.0* teve origem na Feira Industrial de Hannover em 2011, com a intenção de elevar o nível de fabricação alemão por meio de novas tecnologias, como a Internet das Coisas.

Segundo Schuh et al. (2020) a introdução da *Industrie 4.0* na Alemanha envolveu uma atualização significativa das competências e capacidades digitais das empresas de manufatura e acarretou mudanças em grandes partes das organizações. As transformações foram complexas e ainda levará alguns anos para atingir o ponto ideal. Nesse sentido, o planejamento e implementação desse tipo de processo tende a ser demorado e muitas estratégias são avaliadas para se atingir pontos de lucratividade,

crescimento, eficiência, mudanças de hábitos, formas de trabalho e inserção de tecnologias e readequação de planejamentos ao longo dessa transformação.

Segundo a BMBF (2014) a estratégia de inovação alemã baseia-se nas medidas de utilizar o potencial das principais tecnologias (por exemplo, tecnologias digitais integradas à produção processos) em benefício da indústria; reforçar as empresas inovadoras de pequeno a médio porte; aumentar o número de *startups* inovadoras; melhorar os recursos de inovação de regiões estruturalmente fracas.

Segundo Arbix et al. (2018) o plano *Industrie 4.0* ocupa lugar central na atual política industrial e tecnológica da Alemanha. Três características principais dessa plataforma têm chamado a atenção dos mais diferentes governos, empresas e pesquisadores, são elas:

- Foco temático, que se concentra no desenvolvimento de tecnologias de manufatura avançada e tecnologias disruptivas¹;
- horizonte de médio e longo prazo; e
- natureza agregadora e a amplitude institucional, aberta à participação de representantes da iniciativa privada, academia, sindicatos de trabalhadores e outras instituições.

A mobilização social alcançada pelo *Industrie 4.0* foi resultado de esforços institucional de construção de consensos, que se originou na iniciativa privada, e se prolongou do seu anúncio na Feira de Hannover em 2011 até a adoção pelo governo alemão em 2015 como uma plataforma de convergência e de cooperação em defesa da competitividade da indústria alemã (ARBIX et al., 2018).

Segundo Lucena, Roselino e Diegues (2020), a estratégia alemã para a Indústria 4.0 foi pioneira e teve como motivação a modernização e manutenção da posição entre os principais sistemas de manufatura do mundo. Para este fim, a Alemanha criou sistema de institutos que financiam projetos, geram dados sobre o mercado, e fomentam a inovação tecnológica. Este ambiente voltado para a inovação faz com que a Alemanha estructure estratégias articulada com os agentes econômicos e respaldadas na formulação da política industrial do país, criando assim visibilidade nas esferas mais altas da sociedade.

¹ transformação de um serviço ou produto em algo novo. Ao pensar em transformação disruptiva, refere-se às tecnologias ou modelos que provocam mudanças drásticas.

Os programas industriais alemães concentraram-se em promover a inovação nas indústrias, que identifica prioridades nas principais áreas de pesquisa e inovação. O governo alemão reconhece que mesmo as empresas com produtos altamente inovadores podem enfrentar difíceis condições de mercado, como acesso a financiamento, possibilidade de explorar plenamente os retornos das inovações. Porém, o financiamento público pode ajudar as empresas superar esses desafios do mercado e, eventualmente, criar mais empregos e crescimento (LINKS, 2013).

2.2.2. O Plano da China – *Made in China 2025*

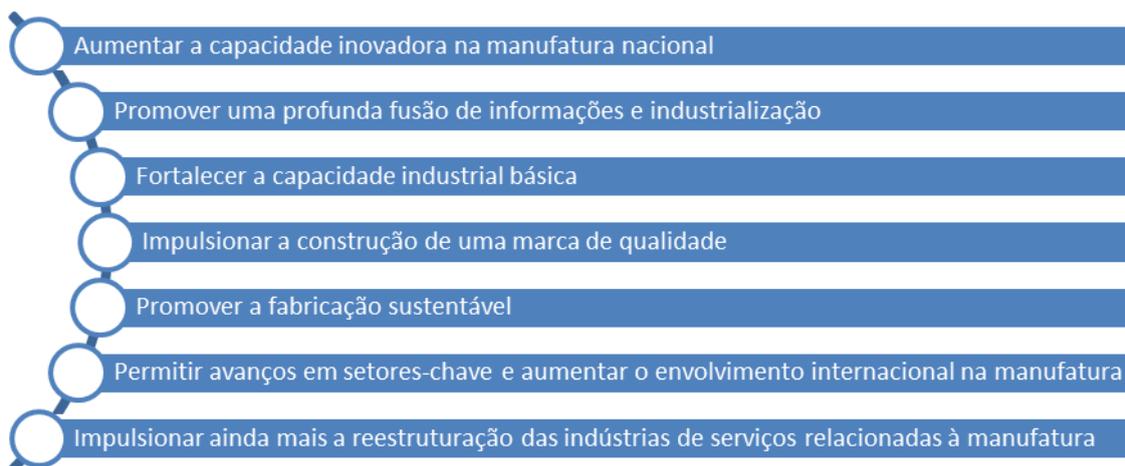
A imagem da China como celeiro da indústria da cópia barata e da mão de obra abundante e pouco qualificada já não é um retrato fiel dessa nação de 9,5 milhões de km² e quase 1,4 bilhão de habitantes (ARBIX et al., 2018). A China disputa a liderança em tecnologias da informação e comunicação.

O país está cada vez mais próximo de se tornar um dos parques tecnológicos mais bem desenvolvidos e planejados, com objetivos bem definidos para atingir o posto de líder em tecnologia inovação. No último trimestre de 2012, a China se tornou líder mundial em processos industriais e a segunda maior economia do mundo, com grande potencial para evolução, com processos produtivos eficientes e preparação da população para o que virá no futuro.

Em 2015, o Conselho de Estado da China apresentou um plano de 10 anos para atualizar a capacidade de fabricação do país para permitir que ele alcance potências industriais como a Alemanha e os Estados Unidos. O Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) da China liderou a criação da iniciativa *Made in China 2025* (ZHONG et al., 2017).

Segundo Zhong et al., 2017, a iniciativa tem como objetivos apresentados na Figura 2:

Figura 2 - Objetivos do Plano Made in China 2025



Fonte: Zhong et al. (2017)

Ainda segundo Zhong et al.(2017) para apoiar a transformação da manufatura, o governo chinês também propôs planos estratégicos tais como Conselho Estadual de Promoção da Internet + Ação; Orientação do Conselho Estadual de Aprofundamento da Integração da Manufatura e Internet e 13º Plano Quinquenal do Programa Nacional para a inovação em ciência e tecnologia.

Segundo Li e Pogodin (2018), o principal componente do programa "*Made in China 2025*" é uma compilação de informatização e industrialização com base nas quais a China desenvolveu um plano de desenvolvimento com início em 2015. O plano governamental da China considera a implementação da nova estratégia de produção em três etapas.

- Etapa 1 - até 2025, a China deve se juntar à fileira dos principais países industrializados.
- Etapa 2 - até 2035, a capacidade total de produção industrial chinesa deve se aproximar do nível dos países que lideram o ranking global.
- Etapa 3 - até 2049, que é o 100º aniversário do estabelecimento da República Popular da China (RPC). O poder econômico do país assumirá a posição de liderança entre os principais países industrializados do mundo.

Portanto, o programa "*Made in China 2025*" é a base para um maior desenvolvimento econômico do país.

De acordo com Li (2018), o plano "*Made in China 2025*" é o plano diretor do desenvolvimento industrial da China para os próximos 10 anos. O plano sinaliza a intenção da China de iniciar uma transformação intensiva na produção industrial com

rapidez e inovação. O “*Made in China 2025*” é a primeira etapa de um grande plano “trifásico”, que guiará a China a se tornar a grande potência da manufatura mundial tornando-se a grande oficina de produção do mundo. O plano se concentra na melhoria da qualidade dos produtos fabricados na China, criando marcas próprias da China, construindo uma sólida fabricação desenvolvendo tecnologias avançadas, pesquisando novos materiais e produzindo peças essenciais de principais produtos. Segundo o Conselho Estadual da República Popular da China (2017), as indústrias de tecnologia da informação, de controle e automação, de equipamentos aeroespaciais e de aviação, de equipamentos de engenharia marítima e fabricação de embarcações de alta tecnologia, de equipamentos ferroviários, de equipamentos elétricos e materiais para biomedicina e os principais produtos fabricados pela China foram priorizados.

Segundo Li (2018) o plano “*Made in China 2025*” terá três fases de implantação, com base na própria experiência chinesa de reforma econômica. A primeira fase teve início no ano de 2015 e durará até o ano de 2025; durante esse período, a China se esforça para ser incluída na lista dos países líderes da manufatura global. A fase dois vai do ano de 2026 a 2035; nesse período, a China subirá para o nível médio no campo da fabricação no mundo. A fase três, do ano 2036 a 2049, ano em que a República Popular da China celebra seu aniversário de 100 anos, a China almeja ser a potência líder de fabricação no mundo.

2.2.3. O Plano dos Estados Unidos – *National Network of Manufacturing Innovation* (NNMI)

O *National Network Manufacturing Innovation* (NNMI) trata-se de uma política norte-americana, elaborada pela Casa Branca (Presidência), voltada ao desenvolvimento da manufatura avançada no país, para manter a liderança tecnológica norte-americana e “repatriar” empregos industriais, particularmente os de melhor qualificação (SALERNO, 2017).

Em 2012, o governo Obama lançou o programa *National Network of Manufacturing Innovation* (NNMI), com o objetivo de criar ambientes compartilhados e orientados para a resolução de problemas, que já conseguiu aglutinar centenas de empresas privadas, instituições públicas, universidades e institutos de pesquisa. O ponto central do programa é um inovador sistema de transferência e de coogeração de tecnologias entre centros de excelência produtores de conhecimento e grandes, médias e pequenas

empresas privadas (ARBIX *et al.*, 2017). A principal característica do plano americano é a colaboração entre todos os setores econômicos, visando um desenvolvimento conjunto de todo o país.

O governo norte americano lançou em 2012 o programa *National Network of Manufacturing Innovation* (NNMI), recentemente renomeado para “*Manufacturing USA*”. Segundo Arbix *et al.*, (2017), o objetivo deste programa é criar ambientes orientados e compartilhados para a resolução de problemas, segundo. Para Kuo *et al.* (2019), o plano dos Estados Unidos, o NNMI está voltado para a coordenação de investimentos públicos e privados para aumentar a competitividade e produtividade da indústria de manufatura americana através da elaboração de uma rede robusta de institutos de inovação em manufatura e áreas de tecnologia de fabricação avançada.

Nos EUA, o governo Obama lançou a estratégia para a inovação americana, que reconheceu o papel fundamental do governo no investimento em ciência e inovação e na promoção da inovação tecnológica no setor industrial. Essa estratégia foi baseada no pressuposto de que promover a inovação pode levar à melhoria da qualidade do emprego e ao crescimento econômico sustentado (LINKS, 2013).

O NNMI está voltado para a coordenação de investimentos públicos e privados para aumentar a competitividade e produtividade industrial dos Estados Unidos através de uma rede forte e bem elaborada de institutos de inovação em manufatura e áreas de tecnologia avançada de fabricação (KUO; SHYU; DING, 2019).

Segundo o autor supracitado, o governo dos EUA aplicou um total de 105 ferramentas de política de inovação. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Políticas de manufatura avançada aplicadas nos EUA

Setores	Ferramentas utilizadas	Quantidade	Porcentagem
Industrial	Desenvolvimento avançado de materiais	1	1%
	Mudanças na força de trabalho na manufatura	14	14%
	Desenvolvimento de processos inovadores de manufatura	4	4%

Ambiental	Co-investimento público e privado	3	3%
	Crédito tributário em P&D	1	1%
	Coordenação de investimentos federais	7	7%
	Princípios e objetivos da estratégia nacional	25	25%
Produção	Coordenação de investimentos federais	1	1%
	Consolidação de parcerias	41	41%
	Desenvolvimento de plataformas de tecnologia de produção	3	3%
Total			100%

Fonte: Adaptado de Kuo *et al.* (2019)

2.2.4. O Plano do Brasil – Grupo de Trabalho para a Indústria (GTI)

O panorama da Indústria 4.0 e os impactos previstos no cenário industrial chamam atenção para os desafios do Brasil. Segundo consenso de especialistas avaliado em 2016, a indústria brasileira ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a Indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a Indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação) (FIRJAN, 2016).

No Brasil, o movimento para a implantação da Indústria 4.0 tem como principal veículo difusor as grandes empresas multinacionais, com destaque para as alemãs, muito presentes no país (DAUDT; WILLCOX, 2016). Dado esse cenário, torna-se estratégico para a indústria brasileira acelerar o ritmo de difusão das tecnologias da Indústria 4.0 assim como intensificar as inovações do próprio país aproveitando a nova onda tecnológica. Por outro lado, o estágio atual de difusão dessas tecnologias ainda está muito pouco desenvolvido (IEDI, 2018).

De acordo com o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI), em abril de 2016, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) publicou uma sondagem especial sobre a Indústria 4.0 no Brasil. Foram consideradas 10 tecnologias digitais para

se obter informações como: adoção dessas tecnologias pelas empresas; objetivos da adoção das tecnologias; importância delas para a competitividade industrial; principais dificuldades para a sua aplicação, etc. Essas questões foram submetidas a 2.225 empresas do setor industrial brasileiro, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes empresas. O período de coleta de dados foi de 4 a 13 de janeiro de 2016.

Para esta pesquisa, realizada em 2016 pela CNI, contou com 29 setores da indústria de transformação e extrativa e constatou que o conhecimento da indústria brasileira sobre tecnologias digitais e a sua incorporação à produção, pré-condições para o avanço da Indústria 4.0, ainda é pouco difundido. Até 2016, 42% das empresas desconheciam a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e mais da metade delas, 52% não utilizavam nenhuma tecnologia digital de uma lista com 10 opções. Sendo estas opções, automação digital sem sensores; automação digital com sensores para controle de processo; monitoramento e controle remoto da produção com sistemas, tais como, MES e SCADA; automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis; sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos; manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D; simulações/análise de modelos virtuais (elementos finitos, fluidodinâmica computacional, etc.) para projeto e comissionamento; coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (*Big Data*); utilização de serviços em nuvem associados ao produto; incorporação de serviços digitais nos produtos (“Internet das Coisas” ou *Product Service Systems*).

Segundo a pesquisa realizada em 2016 pela CNI, haverá toda uma série de possíveis consequências da disseminação e da consolidação da Indústria 4.0, que exigirão uma nova concepção de política industrial para o Brasil. Entre estas, merecem destaque:

- Redução das vantagens comparativas espúrias, que tenderão a ser solapadas pelos ganhos de produtividade decorrentes da adoção das novas tecnologias, com a possibilidade de redefinir fatores determinantes de localização de investimentos produtivos;
- Ampliação da cooperação entre agentes econômicos, cujas operações serão cada vez mais integradas;
- Reforço da competitividade que se estabelece entre sistemas produtivos, que incluem empresas, fornecedores, clientes e ambiente;
- Estabelecimento de novos modelos de negócios e de inserção nos mercados, com a possível redefinição de setores de atividade econômica;

- Ampliação da escala dos negócios; e
- Surgimento de novas atividades e novas profissões, que demandarão adaptações no padrão de formação de recursos humanos.

O relatório “Desafios do Brasil para a Indústria 4.0”, elaborado pela CNI em 2016, apresenta uma série de propostas consideradas prioritárias relacionadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. Estas são visualizadas na Figura 3.

Figura 3 - Propostas prioritárias ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil



Fonte: Adaptado da CNI (2016)

Na Tabela 3 é apresentada uma comparação entre os planos da Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil a respeito da implantação da Indústria 4.0. Ainda na Tabela 3 são apresentados os países, na sequência o nome dado aos planejamentos estruturados por cada país, o ano da documentação inicial do plano, quais são os setores da indústria contemplados, o tempo de implementação e as fases.

Tabela 3 - Comparação entre os planos

País	Planos	Início do Projeto	Setores da Indústria Contemplados	Tempo de Implementação	Fases
Alemanha	<i>Industrie 4.0</i>	2013	Tecnologia Automóveis Eletrotécnica	10 - 15 anos	1 fase
China	<i>Made in China 2025</i>	2015	Energia Equipamento aeroespacial Pontes	10 anos	3 fases
Estados Unidos	NNMI	2014	Petróleo Aço Automóveis	Não informado	1 fase
Brasil	GTI	2016	Energia Mineração Automóveis	Não informado	1 fase

Fonte: Adaptado de CNI (2016) e Li (2018)

Diante de todos os planos estudados, observa-se que o Brasil ainda se encontra em fase inicial de desenvolvimento das técnicas aplicadas no processo de implantação dos pilares da Indústria 4.0 e que deve encontrar muitos desafios pela frente. Os principais obstáculos que as empresas brasileiras ainda enfrentam são a falta de domínio sobre tecnologias e pilares da Indústria 4.0 devido à falta de mão de obra qualificada. O que pode trazer inúmeras incertezas a respeito da forma como a Indústria 4.0 irá se estabelecer no país.

3. OS IMPACTOS DA PANDEMIA NO CENÁRIO DE IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Os anos de 2019, 2020 e 2021 foram marcados por inúmeras mudanças e restrições decorrentes do surgimento de um cenário pandêmico causado pelo vírus SARS-CoV-2 que espalhou pelos quatro cantos do mundo e atingiu não somente a área da saúde como outros setores, principalmente o setor industrial. Neste sentido, nesta pesquisa apresenta-se algumas percepções preliminares a respeito da influência que este evento pode ter causado aos planos de desenvolvimento de inserção das tecnologias da Indústria 4.0 nos países anteriormente citados.

3.1. Considerações sobre a pandemia no contexto industrial global

Por ser um vírus contagioso com alta possibilidade de mutação, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou a adoção de práticas de isolamento social, bem como medidas sanitárias rigorosas para conter a disseminação do vírus. Com isso as empresas se viram em um cenário de mudanças rápidas e drásticas no ambiente de trabalho, um exemplo foi a implantação do trabalho remoto, também conhecido como *home office*, que atualmente é considerada uma das medidas adotadas para manter os empregos e conter o avanço da contaminação.

Segundo Irge e Iazici (2020), com o surgimento da COVID-19 tornou-se inevitável para as empresas modificarem suas estratégias futuras. Uma das estratégias adotadas foi a aceleração da inserção de tecnologias da Indústria 4.0 nas atividades para gerar autonomia e deixar os sistemas mais fortes e ágeis. Pois, com a pandemia, os clientes priorizaram as compras *online*, com isso, enquanto algumas empresas passaram por um período de aumento nas vendas, outras estiveram prestes a fechar devido à pouca procura de seus produtos.

Ainda segundo Irge e Iazici (2020), quando os períodos pré – Covid-19 e pós – Covid-19 são levados em consideração é visto que, o mundo inteiro está em um estado de diversas mudanças. Milhões de pessoas se distanciaram socialmente devido as regras de bloqueio, e ajustaram o horário de trabalho de acordo com as restrições de contenção da doença, fato que conturbou o fluxo de trabalho global. Embora tenha havido alguns eventos dramáticos retardando certas tendências durante a pandemia; também houve outros acelerando-os. Antes da Covid-19, as empresas enfatizavam principalmente a

redução de custos, vantagem competitiva, sustentabilidade e inovação. No entanto, com o cenário pandêmico global, as empresas concentraram em como sobreviver e sustentar os negócios.

Como uma transformação disruptiva² é a atualização da industrialização autônoma, a Indústria 4.0 tem recebido atenção global significativa. Está digitalizando processos industriais tradicionais por unir os mundos físico e virtual e abrir possibilidades inimagináveis de crescimento dos centros industriais. Proposto pelo governo alemão, a Indústria 4.0 é uma estratégia que visa reconstruir a cadeia de valor industrial pela descentralização da produção por meio de instalações compartilhadas no sistema industrial global integrado (ACETO et al., 2020). O que pode ser a ferramenta chave para impulsionar a volta do crescimento das empresas para superar o período de crise trazido pelos efeitos da pandemia que ainda conturba o mundo.

Czifra e Molnár (2020), afirmam que antes da Covid-19, os líderes de negócios da Indústria 4.0 focavam na sustentabilidade e inovação para obter vantagem em um mercado competitivo, aumentar a produtividade e reduzir os custos. Depois da disseminação da Covid-19, as organizações industriais começaram a se concentrar em como sobreviver e mitigar os danos da pandemia. É visto que os impactos iniciais da Covid-19 estão diminuindo e as empresas em algumas partes do mundo enfrentam novas pressões. De acordo com os mesmos autores, é provável que essa situação continue por um bom tempo.

Para fazer frente à crise, Czifra e Molnár (2020) predizem que as empresas devem se tornar mais digitais em suas respostas. No entanto, conforme a frequência de adoção da tecnologia, as empresas de negócios precisam se tornar mais flexíveis e ágeis contra as restrições trazidas pela liquidez. Atualmente, as prioridades de muitas empresas incluem sobrevivência, resgate e regenerar alguns trabalhos no mundo pós-pandêmico. As experiências obtidas no momento da crise devem ser levadas em consideração para que uma forma mais ágil e um modelo de negócio resiliente possa ser estabelecido.

² transformação de um serviço ou produto em algo novo. Ao pensar em transformação disruptiva, refere-se às tecnologias ou modelos que provocam mudanças drásticas.

A Indústria 4.0, ferramentas e métodos mais eficientes serão necessários para ajudar a mitigar o impacto de quaisquer pandemias atuais ou futuras nas habilidades funcionais no mundo virtual. Em tempos de crise, alguns fatores precisam ser usados para aumentar a resiliência e as novas tecnologias trazidas pela Indústria 4.0 devem ser usadas rapidamente (CZIFRA; MOLNÁR, 2020).

A indústria de telecomunicações e tecnologia encontrou uma maneira de ajudar as empresas a manter as pessoas seguras e saudáveis. Eles ajudam as empresas a organizar e conduzir videoconferências, tanto quanto, liberando recursos e capacidade para tecnologias de telecomunicações. Elas ajudam os governos a divulgarem informações precisas sobre o vírus para os cidadãos e buscam informações sobre tecnologias autônomas para combater a pandemia. O papel da Indústria 4.0 na pandemia foi o de ajudar a garantir que mais empresas sobrevivessem, encurtando a fase de recuperação e ajudando que as empresas voltassem ao normal o mais rápido possível, bem como fornecer uma plataforma para desenvolver negócios novos e mais resilientes a médio e longo prazos (CZIFRA; MOLNÁR, 2020).

3.2. Consideração sobre a pandemia na China

Muitos relatos sugerem que a pandemia do Novo Coronavírus iniciou na península de Wuhan, na China, em dezembro de 2019. Este vírus era pouco comentado, por se tratar de uma doença não recorrente antes desta pandemia. Como o primeiro país atingido pela COVID-19, a China adotou a implantação de medidas sanitárias mais rigorosas desde janeiro de 2020, controlando efetivamente a propagação do vírus até o final de fevereiro, tendo maior estabilidade e controle em março de 2020. Desde o início de março de 2020, a China reabriu a economia gradualmente e lentamente, mesmo que alguns outros países ainda estivessem em recuperação. (Zhang et. al., 2020).

Desde o surto de Covid-19 em janeiro de 2020, o governo da China tomou medidas sem precedentes para conter a pandemia. Uma Liderança do Conselho Central do Grupo de Resposta a Epidemias e Mecanismo Conjunto de Prevenção e Controle do Estado foram estabelecidos. O presidente Xi Jinping solicitou que a prevenção e controle do surto de Covid-19 deveria ser a principal prioridade do governo em todos os níveis. Muitas medidas incluindo vários níveis de *lockdown* foram implementados e aplicados em toda a China. Essas medidas começaram a dar resultados rapidamente (Zhang et. al., 2020).

O número de casos infectados atingiu o pico em meados de fevereiro, seguido por uma

tendência de queda desde o início de março. No início de março, o novo diário de casos infectados caiu para menos de 100 e houve alguns dias com nenhum caso em meados de março. Com o surto de Covid-19 efetivamente sob controle, o governo chinês começou a implementar diversas medidas para retomar a atividade econômica no início de março. Muitas províncias mudaram seu alarme de emergência para níveis mais baixos e começaram a retomar a recuperação da economia (Zhang et. al., 2020).

Na China, as empresas do setor agrícola também mostraram impactos negativos. Durante o *lockdown*, as empresas enfrentaram o desafio da interrupção da logística, especialmente a escassez de insumos essenciais, como mão de obra e alimentação, e problemas de entrega. As empresas agrícolas encontraram escassez de insumos, o que interrompeu o setor. A partir de 10 de fevereiro de 2020, algumas poucas empresas agrícolas haviam retomado as operações. A produção de gado também diminuiu devido aos efeitos combinados da Covid-19. No entanto, os impactos econômicos potenciais da Covid-19, especialmente os impactos em indústrias individuais, particularmente no sistema agroalimentar da China ainda estão sendo estudados (Zhang et. al., 2020).

3.3. Considerações sobre a pandemia nos Estados Unidos

A China e os Estados Unidos são países significativamente diferentes em muitos aspectos, mas ambos os países foram fortemente afetados pela pandemia de Covid-19. Nos Estados Unidos, a pandemia começou no início de março e causou mais mortes e outros danos do que na China. Tanto a China quanto os Estados Unidos tiveram suas indústrias de laticínios afetadas pela pandemia (Wang et. al., 2020).

Em meados de março de 2020, a demanda por leite e outros produtos laticínios caíram até 50% em algumas regiões devido à ordem de ficar em casa para mitigar os impactos da pandemia. A paralisação nacional de instituições educacionais, restaurantes, hotéis e muitas outras empresas foram algumas das principais razões para essa redução da demanda (Wang et. al., 2020).

Alguma ajuda financeira do governo federal como empréstimos a juros baixos e programas de pagamento direto começaram a ser oferecidos no início do verão de 2020. Muitos afirmam que governos locais e organizações relacionadas à indústria também fizeram grandes esforços para ajudar as fazendas de leite, mas produtores e especialistas da indústria temem que possa ser tarde demais para salvar algumas fazendas leiteiras

(Wang et. al., 2020).

3.4. Considerações sobre a contribuição da Indústria 4.0 na pandemia

Para Czifra e Molnár (2020), a pandemia de Coronavírus levou à maior desaceleração econômica da história da Europa desde a Segunda Guerra Mundial, bem como ao desemprego em massa e ondas de falências. A economia da União Europeia (UE) passou por uma determinada ascensão ao final do ano de 2020, mas as perdas decorrentes da crise pandêmica não foram totalmente compensadas. O desempenho da economia europeia pode chegar ao patamar de 2019 em 2022. O Produto Interno Bruto (PIB) continuou em queda no ano de 2021, superando a maior queda de 2009. O ponto mais baixo veio, em seguida, a estabilização e recuperação no segundo semestre do ano de 2021.

Czifra e Molnár (2020) ainda afirmam que, a incerteza da previsão é maior do que o normal, o desenvolvimento dos processos depende se a pandemia pode ser gerida e quais medidas de restrições podem ser atenuadas. Apesar dos programas de resgate do governo, uma onda de falências é esperada em vários setores e o número de desempregados registrados pode aumentar em grande escala. Nesta situação, tem-se a oportunidade de explorar o potencial da Indústria 4.0 e apresentar soluções que ofereçam empregos e oportunidades para transformar e digitalizar a indústria, o comércio e a logística através da criação de novos empregos.

A Sputnik Brasil (2021), entrevistou Rafael Cagnin, economista-chefe do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI). O especialista afirma que há empresas brasileiras que estão se modernizando em direção a essas tecnologias. Mas são ainda ilhas de excelência tecnológica no sistema industrial brasileiro e não refletem a média das empresas do país, que, na verdade, ainda não incorporaram tecnologias da Terceira Revolução Industrial, ou seja, utilizam pouca automação e pouca informática. Mas a pandemia forçou algumas empresas a avançar para a transição.

Ainda segundo Rafael Cagnin, em entrevista a Sputnik Brasil (2021), a crise da Covid-19 teve um papel de acelerar esse processo de incorporação das tecnologias da Indústria 4.0 e de evidenciar a importância dessas tecnologias para a gestão do trabalho, para a organização das empresas. Para Rafael, funcionou como incentivo quase que forçado. Muitas dessas transições para tecnologias mais modernas foram feitas

compulsoriamente pela necessidade de realmente se adaptar aos protocolos de segurança sanitário.

No Brasil, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizou junto ao Instituto FSB Pesquisa um levantamento onde foram entrevistados, por telefone, entre 23 de outubro e 12 de novembro de 2020, executivos de 509 empresas industriais, compondo amostra proporcional em relação ao quantitativo total de empresas do setor em todos os estados brasileiros. Dentro de cada estado, a amostra foi controlada por porte das empresas (pequena, média e grande) e setor de atividade.

Este levantamento da Confederação Nacional da Indústria (CNI), mostra que empresas com tecnologias da Indústria 4.0 lucraram mais e conseguiram manter ou mesmo ampliar o quadro de funcionários durante a pandemia do Novo Coronavírus. De acordo com a pesquisa, o investimento na Indústria 4.0 no Brasil é encarado por muitos executivos como custo ou um item de baixa prioridade, este investimento é revertido em lucratividade, melhores perspectivas e maior capacidade de adaptação do negócio em um cenário adverso como o da pandemia de Coronavírus. O cruzamento de dados de empresas que adotaram tecnologia da Indústria 4.0 com as demais revela que as integrantes do primeiro grupo se saíram melhor da crise.

O levantamento também abordou quais as principais barreiras para a expansão da Indústria 4.0 no Brasil. A falta de recursos é o maior obstáculo para a inovação ou incorporação de tecnologias para 35% dos executivos. Em segundo lugar, apontado por 24% das lideranças empresariais como a principal barreira, ficou o alto custo aliado à dificuldade de acesso ao crédito.

Zhang et. al., 2021, destaca que empresas enfrentaram uma série de desafios na linha de produção durante a pandemia de COVID-19. A Indústria 4.0 tem foco na produção e oferece produtos de baixo custo e qualidade ao cliente de forma ágil. Portanto, as empresas devem adotar as mudanças trazidas pela Indústria 4.0, a fim de criar uma vantagem competitiva, inovação e sustentabilidade. Devido à digitalização e automação, estratégias competitivas baseadas em preços baratos e mão de obra não qualificada não são mais válidas.

Quando as revoluções industriais são estudadas, percebe-se que uma grande transformação tecnológica ocorre após cada uma delas. A era digital em que vivemos é uma prova viva disso. Sem dúvida, contra os desafios trazidos pela Covid-19, as empresas devem seguir e se adaptar rapidamente às tendências para popularizar a

automação e aplicar os pilares da Indústria 4.0. Ao fazer isso, as empresas terão a capacidade de descobrir o potencial da Indústria 4.0, para se digitalizar na criação de novos negócios e para criar soluções que ofereçam novas oportunidades (Zhang et. al., 2021).

4. METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentado o método de pesquisa utilizado para esta monografia. Sendo esta desenvolvida a partir de uma análise bibliográfica e um estudo bibliométrico.

Este trabalho possui caráter exploratório e ressalta a Indústria 4.0 e seus planos de implantação nos países: Alemanha, China, Estados Unidos e Brasil, dando suporte para a análise dos dados obtidos a partir de pesquisas publicadas em bases de dados científicas.

Em um primeiro momento, foi realizada a pesquisa de materiais contendo a palavra-chave “Indústria 4.0” nas plataformas nacionais (Google Acadêmico, Anais de Encontro Nacional de Engenharia de Produção e Portal CAPES) e nas bases de dados internacionais *Science Direct* e o gerenciador de referências *Mendeley*.

A plataforma internacional *Science Direct* e o gerenciador *Mendeley* foram escolhidas por oferecerem um vasto portfólio de diversos temas e publicações de estudos do mundo todo, o que as torna de grande relevância no cenário de pesquisa.

A plataforma *Science Direct* foi lançada em 1997 e é administrada pela empresa *Elsevier*, editora anglo-holandesa que tem participação em 25% de todas as publicações científicas em todo o mundo, tendo público de mais de 16 milhões de pesquisadores. É uma plataforma que oferece uma base multidisciplinar, com conteúdo englobando áreas da ciência, tecnologia, medicina e contém mais de 14 milhões de artigos completos em texto sobre estes temas. O site também disponibiliza acesso a revistas científicas publicadas pela própria *Elsevier* e editoras subsidiárias, contabilizando aproximadamente 3.800 revistas e 35.000 livros eletrônicos aproximadamente, em 22 áreas distintas.

O gerenciador *Mendeley* é uma empresa londrina, que oferece uma ferramenta digital de leitura de artigos, que possui versões *desktop* e *on-line* e auxilia pesquisadores a descobrir e compartilhar conteúdo para seus projetos. Sua característica principal é a opção de gerenciamento de referências bibliográficas, permitindo que seus leitores tenham uma biblioteca digital particular de artigos acadêmicos.

É importante ressaltar que a busca por artigos referentes ao tema estudado nas plataformas nacionais foi realizada pelo Google Acadêmico, Portal CAPES e Anais do ENEGEP, congresso nacional da área da Engenharia de Produção que representa

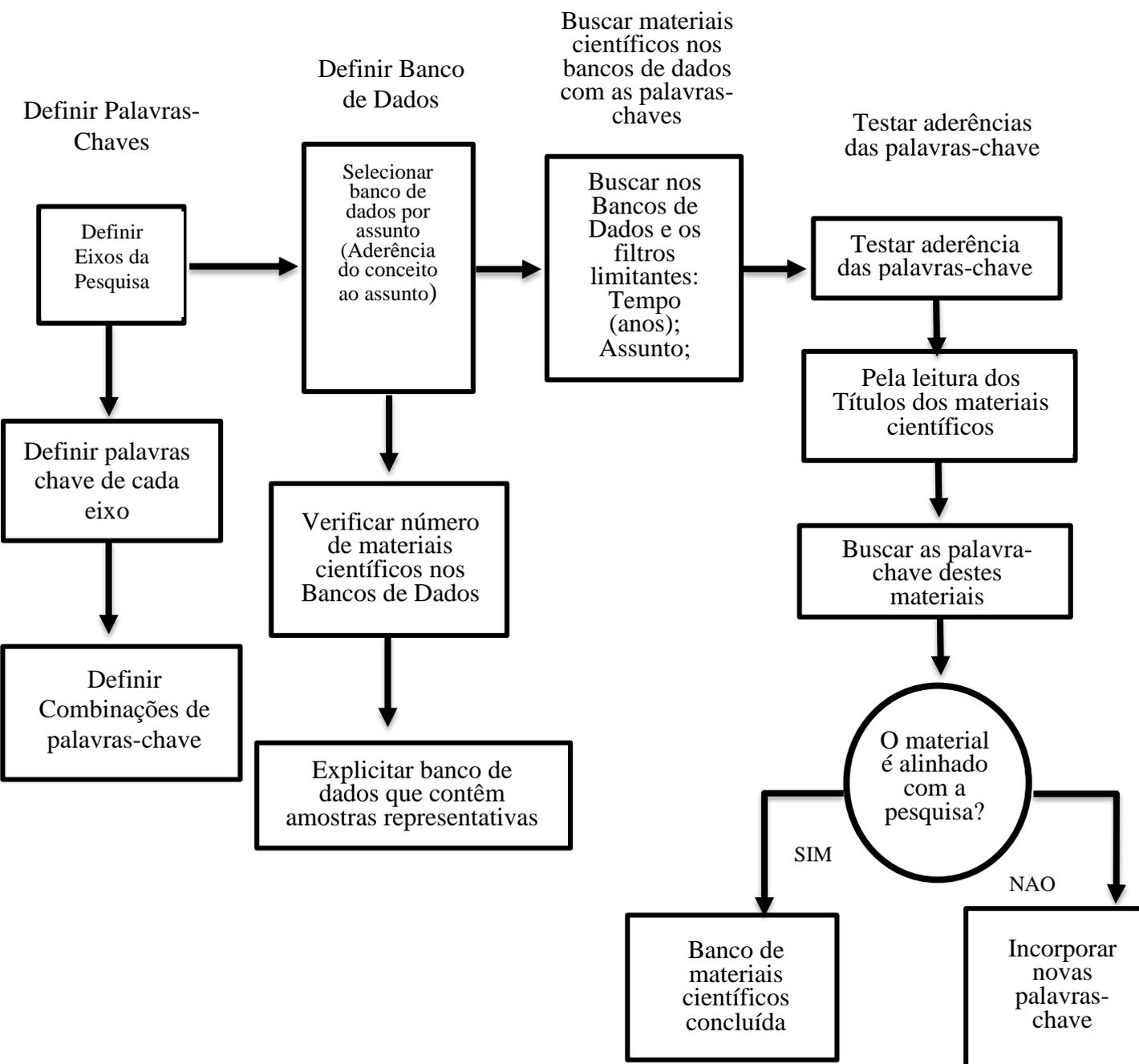
publicações referentes ao setor de maneira específica. No entanto, as plataformas internacionais não possuem esta característica singular, e a filtragem das publicações precisou ser mais elaborada, pois os resultados eram de pesquisas de todos os segmentos acadêmicos.

Com o objetivo de atingir o resultado esperado por esta pesquisa, para a escolha dos artigos internacionais houve a preferência por aqueles trabalhos que apresentavam os termos “*Industrie 4.0*”, “*Made in China 2025*”, “*National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)*”. E nas bases de dados nacionais houve a preferência por trabalhos que abordassem os termos “Indústria 4.0” e “Grupo de Trabalho para a Indústria (GTI)”. Considerados temas mais relevantes da Quarta Revolução Industrial para o presente trabalho.

Para a coleta de dados nas bases científicas foram selecionados trabalhos publicados considerando o período de 2013 a 2021, relacionados ao tema da pesquisa, onde foi feita a busca por publicações nas bases de dados com as palavras-chave, a seleção dos artigos nas plataformas e a filtragem dos materiais selecionados com base no alinhamento da pesquisa.

Para o processo de seleção dos materiais foi necessário a definição dos eixos da monografia, no caso tendo o tema Indústria 4.0 diretamente relacionado com o desdobramento dos planos de implantação da Quarta Revolução Industrial nos países estudados. Foram utilizados os seguintes termos como palavras-chave nas plataformas Google Acadêmico, ENEGEP, Portal CAPES, *Science Direct* e gerenciador *Mendeley*: “*Industrie 4.0*”, “*Made in China 2025*”, “*National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)*”, “Grupo de Trabalho para a Indústria (GTI)”. Essa etapa da pesquisa pode ser visualizada no Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma da escolha dos materiais utilizados na pesquisa



Fonte: Adaptado Ensslin, Ensslin e Pinto (2013)

Na etapa de filtragem dos materiais científicos, alguns aspectos foram levados em consideração, tais como:

- (a) a presença de materiais repetidos/redundantes;
- (b) o alinhamento dos títulos com o tema;
- (c) alinhamento dos resumos com o tema; e,
- (d) disponibilidade dos artigos/monografia/dissertações na íntegra nas bases.

Ao inserir todas as palavras-chave no processo de busca foram encontrados os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados do processo de busca

Busca Período 2013 - 2021	ENEGEP	Portal CAPES	Google Acadêmico	<i>Mendeley</i>	<i>Science Direct</i>
Indústria 4.0	55	2708	16300	472	171
<i>Industrie 4.0</i>	3	2796	28100	372	1494
<i>Made in China 2025</i>	1	14558	52200	372	16406
<i>National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)</i>	Não encontrado	84	2410	2	35
Grupo de Trabalho para a Indústria (GTI)	Não encontrado	13	1950	Não encontrado	Não encontrado

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Para refinar os resultados das buscas e facilitar a aplicação ao método do estudo bibliométrico, a inserção das palavras-chave no processo de busca trouxe os resultados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da inserção das palavras-chave

Busca Período 2013 - 2021	ENESEP	Portal CAPES	Google Acadêmico	<i>Mendeley</i>	<i>Science Direct</i>
Todos os planos juntos <i>(Indústria 4.0 e Made in China 2025 e National Network of Manufacturing Innovation (NNMI) e GTI)</i>	Não encontrado	Não encontrado	2	Não encontrado	Não encontrado
Brasil e Indústria 4.0	Não encontrado	1148	8460	8	299
Brasil e Made in China 2025,	1	2278	6950	9	3238
Brasil e National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)	Não encontrado	2	209	116	4316
Indústria 4.0 e Brasil e COVID-19	Não encontrado	17	9080	1	235
Indústria 4.0 e Tecnologia	87	1552	16800	229	155

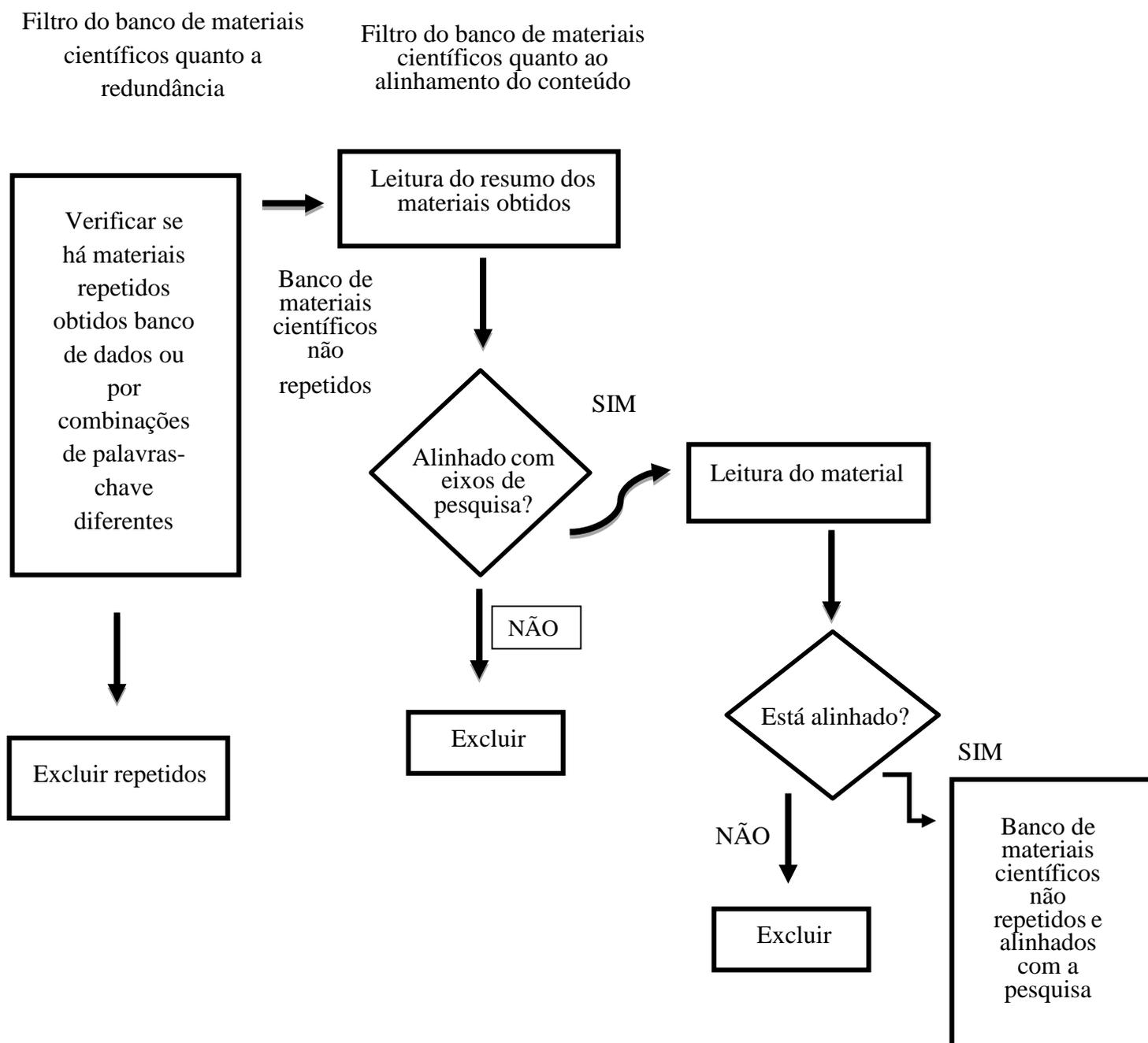
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A seleção final dos materiais de aprofundamento da pesquisa foi feita considerando os seguintes pontos:

- Publicações das áreas do conhecimento que abordam o contexto da Indústria 4.0 conforme os objetivos do presente estudo,
- Publicações mais citadas, considerando todos os materiais selecionados nas diferentes plataformas a partir das combinações das palavras-chave,

Na Figura 5 é apresentado como foi feita esta segunda análise.

Figura 5 - Fluxograma da filtragem dos materiais utilizados



5. ANÁLISE E RESULTADOS

Na etapa de análise dos resultados serão apresentadas primeiramente as percepções do conteúdo das publicações frente aos objetivos do presente estudo.

Na Tabela 6 é apresentada a relação dos estudos encontrados nas bases de dados científicas que serviram para análise na bibliometria da presente monografia. É apresentado também uma referência de A à R, que será como as publicações serão citadas no decorrer do texto.

Tabela 6 - Materiais selecionados para o estudo bibliométrico

Autores	Título	Ano	Referência	Plataforma
Matheus Costa Alcântara	Análise do desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil em relação às principais potências industriais	2020	A	Google Acadêmico
Joachim Lentjes, Nikolas Zimmermann, Michael Hertwig	Industrie 4.0 - Scouts Programme	2019	B	Science Direct
Luiz Fernando Cardoso dos Santos, Marly Monteiro Carvalho, Eduardo de Senzi Zancul	Industrie 4.0: Formação de Redes de Projeto em Manufatura Distribuída	2016	C	Research Gate
Lorena F. Leal, André Fleury, Eduardo Zancul	Starting up a Learning Factory focused on Industry 4.0	2020	D	Science Direct

Tabela 6 - Materiais selecionados para o estudo bibliométrico

Continua ...

Autores	Título	Ano	Referência	Plataforma
Chu-Chi Kuo, Joseph Z. Shyu, Kun Ding	Industrial revitalization via Industry 4.0 - A comparative policy analysis among China, Germany and the USA	2019	E	Science Direct
Victória Messina Ramos	Políticas industriais e o futuro da manufatura: <i>Made in China 2025</i> e <i>Industrie 4.0</i>	2018	F	Google Acadêmico
Felipe Lobo Siqueira Lima, Irce Fernandes Gomes Guimarães	<i>Industrie 4.0, Made in China 2025</i> e perspectivas do Brasil para a Manufatura Inteligente: Uma análise Preliminar entre três planejamentos e principais conceitos em duas fontes de publicação da Engenharia de Produção	2020	G	Research Gate
Irce Fernandes Gomes Guimarães, Felipe Lobo Siqueira Lima	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	2019	H	ENESEP

	pesquisas de dois anais da Engenharia de Produção			
--	---	--	--	--

Tabela 6 - Materiais selecionados para o estudo bibliométrico

Continua ...

Autores	Título	Ano	Referência	Plataforma
Mario Sergio Salerno	Políticas de inovação no Brasil: desafios de formulação, financiamento e implantação	2017	I	Research Gate
Diego Rafael Guedes dos Santos, Carlos Rodrigo Volante	A importância da tecnologia sem fio na Indústria 4.0	2018	J	Google Acadêmico
Glauco Arbix, Zil Miranda	Políticas de inovação em nova chave	2017	K	Google Acadêmico
Glauco Arbix, Zil Miranda	Inovação em tempos difíceis	2015	L	Google Acadêmico
Aleixa Mayara dos Reis	A Indústria 4.0 e suas tecnologias no contexto da pandemia de COVID-19: Um estudo bibliométrico	2021	M	Portal CAPES
Denise Franco, Geandra Alves Queiroz, Renata de Oliveira Mota, Nayara Cardoso de Medeiros, Moacir Godinho Filho	Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na Engenharia de Produção: uma revisão sistemática da literatura	2020	N	ENESEP

Tabela 6 - Materiais selecionados para o estudo bibliométrico

Continua ...

Autores	Título	Ano	Referência	Plataforma
Glauco Arbix, Zil Miranda, Demétrio Toledo, Eduardo Zancul	<i>Made in China 2025 e Industrie 4.0</i> A difícil transição chinesa do <i>catching up</i> à economia puxada pela inovação	2018	O	Google Acadêmico
Catarina Sabbadim Santana, Gabrielle da Silva Azevedo, Jéssika Coelho de Oliveira, Ercilia de Stefano, Sara Monaliza Sousa Nogueira	Home Office e Indústria 4.0 - Parceiros no combate à pandemia	2021	P	Research Gate
Gabriel Daudt, Luiz Daniel Willcox	Reflexões críticas a partir das experiências Dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada	2016	Q	Google Acadêmico
Dr. Alessandro Aveni	Estratégias pelo trabalho no futuro devidos a pandemia de COVID-19	2020	R	Portal CAPES

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A partir das bibliografias citadas na Tabela 6 foi possível abordar na seção de Análise e Resultados visões adicionais verificadas nos materiais consultados.

5.1. Análise dos materiais acadêmicos

O número de materiais acadêmicos selecionados (18) para análise desta monografia foi compatível ao esperado, isso devido à grande quantidade de estudos anteriores publicados sobre o tema principal da monografia, o que pode sinalizar uma gama de informações sobre o presente tema estudado.

A partir das bibliografias citadas na Tabela 6 foi possível abordar as visões adicionais

verificadas nos materiais consultados. Na Tabela 7 apresenta-se os materiais selecionados que abordam sobre alguns dos principais temas da Indústria 4.0.

Tabela 7 - Relação do número de publicações e tópicos abordados

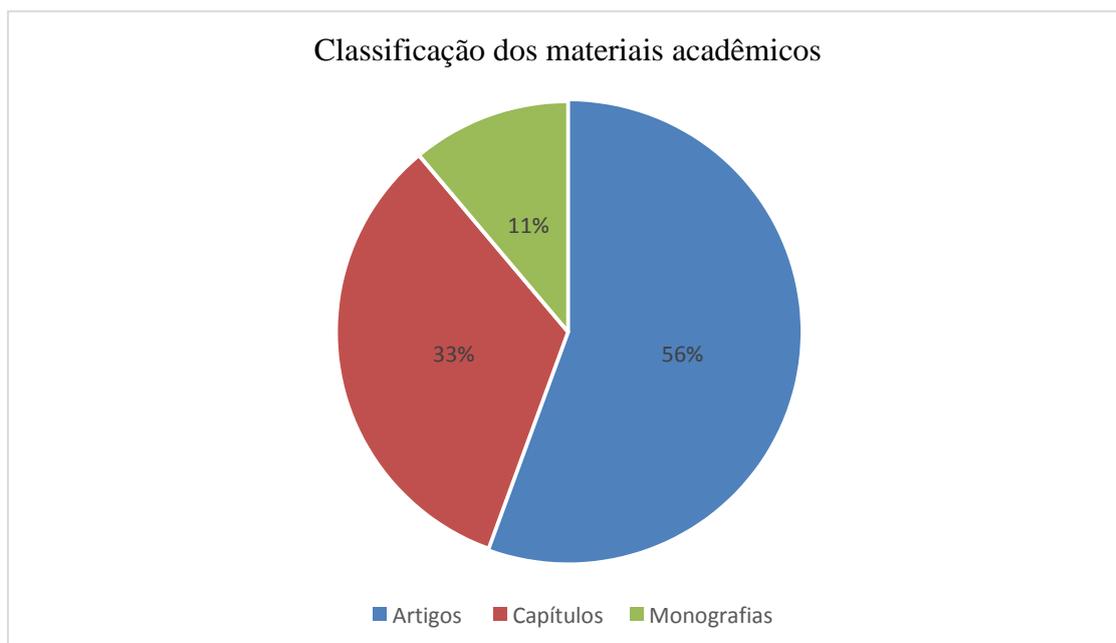
Tópicos	Materiais que abordam sobre os tópicos
Pilares da Indústria 4.0	F, G, H, M, N
Planos	A, E, F, G, H, O, Q
Metas dos planos	E, F, G, H, O
Programação	F, G, H, O
Estratégias	F, K, O
Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0	B, C, D, J, P
Comparativo do Brasil aos outros planos estudados	A, H, F, G, H, I, K, O
Desafios do Brasil	A, H, F, G, H, I, K, L, O, Q
O que a pandemia trouxe como desafio, contribuição	M, P, Q
Perspectivas de inserção de tecnologias durante ou pós pandemia	M, P, Q

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

É importante salientar alguns pontos percebidos nos materiais apresentados na Tabela 7. A maioria dos materiais selecionados para a análise abordam sobre os desafios do Brasil frente a implantação da Indústria 4.0 em relação aos países estudados. Porém, talvez pela atualidade do tema, poucos materiais abordaram sobre a questão da pandemia no cenário de implantação da Indústria 4.0 nos países citados neste estudo.

No decorrer das análises também foi possível perceber que as publicações mais atuais abordam as discussões trazidas pela pandemia ao que diz respeito às tecnologias da Indústria 4.0. As publicações utilizadas se dividem em artigos, monografias e capítulos de livros e revistas, sendo a maioria artigos. Pode-se verificar esta representatividade pela Figura 6.

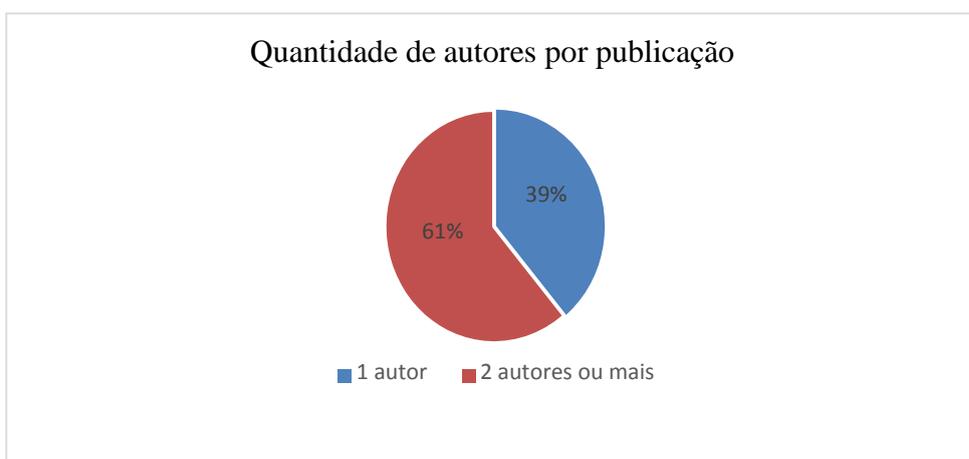
Figura 6 – Gráfico da classificação dos materiais acadêmicos



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Percebe-se que a maioria das publicações estudadas possuem mais de um autor, o que explica o fato de serem artigos. O que é mostrado através da Figura 7.

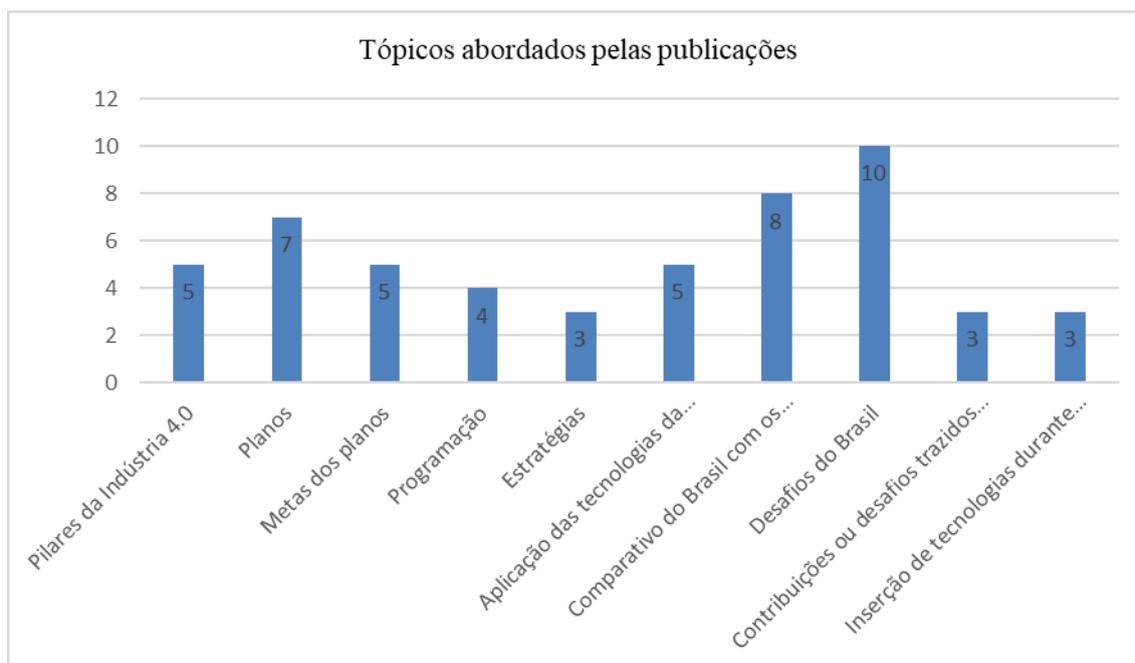
Figura 7 - Gráfico da quantidade de autores por publicação



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Sobre os tópicos abordados pelos materiais selecionados para a análise bibliométrica, na Figura 8 é mostrado que os desafios do Brasil frente a implantação das tecnologias da Indústria 4.0 foi o assunto mais abordado pelos autores.

Figura 8 - Gráfico da tópicos abordados pelas publicações



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em geral, os materiais acadêmicos se completavam nas informações, visto a popularidade da abordagem do tema em estudos já publicados sobre este assunto. O que pode representar a vasta exploração sobre o conteúdo frente as pesquisas encontradas nas bases de dados utilizadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa monografia apresenta uma análise preliminar, por meio de publicações científicas, das principais metas apresentadas nos planejamentos *Industrie 4.0*, o NNMI e o Plano *Made in China 2025* em questão ao respectivo plano do Brasil (GTI) e seus desafios para as indústrias brasileiras. Assinalando os impactos no desenvolvimento do setor produtivo brasileiro, considerando o estágio atual em que o setor vivencia períodos de baixa produtividade e poucos recursos em inovação. E a decorrência do período pandêmico frente a este cenário. Com o objetivo de fazer uma análise entre os planos a respeito da Quarta Revolução Industrial da Alemanha, Estados Unidos, China e Brasil, levantando os principais pontos e habilidades de cada país para a Indústria 4.0. E indicando principais impactos para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 na estrutura industrial brasileira.

Para verificar tal cenário, foi realizada uma pesquisa direcionada a levantar os principais pontos que vem sendo abordados em países como a Alemanha, Estados Unidos, China e Brasil, realizando um comparativo e observando quais as principais habilidades devem ser desenvolvidas pelo Brasil, acerca deste tema. Também foi abordado o cenário de implantação das tecnologias da Indústria 4.0 frente à pandemia de Covid-19, nos países estudados.

A análise bibliométrica revelou que os estudos acadêmicos recentes estão abordando com mais frequência os desafios do Brasil frente a implantação das tecnologias da Indústria 4.0, comparado aos trabalhos publicados antes da pandemia, o que possivelmente pode ter acarretado uma maior discussão sobre o tema por parte de pesquisadores, universidades e organizações industriais. Isso devido ao fato da situação do Brasil frente a pandemia ter gerado muitas incertezas e preocupações a respeito das práticas de gestão aplicadas no país serem pouco eficientes comparando ao cenário pandêmico vivenciado mundo a fora.

Desde o surgimento da Indústria 4.0 na Alemanha e todo o início da implementação dos seus pilares, alguns países resolveram aderir a necessidade de desabrochar a Quarta Revolução Industrial pelo mundo. Países esses que tiveram seus planos citados e estudados nesta pesquisa, como as grandes potências mundiais China e Estados Unidos, a própria Alemanha e o Brasil. Este nascer da Indústria 4.0 e o difundir das suas

tecnologias trouxe muitas discussões sobre o futuro da manufatura, os custos ao se implantar tais tecnologias nas indústrias e sobre os casos de países como o Brasil acompanharem tal evolução. Além disso, sobre a extinção de alguns postos de trabalho, já que houvera a necessidade de uma mão de obra mais qualificada para exercer algumas funções.

O termo Indústria 4.0, desde o seu surgimento, levava a ideia de que seria uma explosão tecnológica nos diversos campos que cercam a sociedade. Porém, com seu assustador avanço ao longo de um espaço de tempo menor que o esperado, este movimento passou a ter caráter revolucionário, sendo o elemento essencial para a consolidação da Quarta Revolução Industrial. Com seus conceitos bem difundidos em países como Alemanha, China e Estados Unidos, observa-se que cada um destes países está em busca de uma identidade própria para definir sua industrialização 4.0. Apesar de usarem metodologias e políticas diferentes, é possível encontrar semelhanças em seus respectivos planos para implantação dos pilares da Indústria 4.0.

O foco principal deste trabalho foi analisar, por meio de publicações e pesquisas científicas os planejamentos dos países citados, as principais metas apresentadas nos planejamentos *Industrie 4.0*, o NNMI e o Plano *Made in China 2025* em questão ao respectivo plano do Brasil e seus desafios para as indústrias brasileiras, assinalando os impactos no desenvolvimento dos planos frente ao período pandêmico. Pode-se perceber, pela análise dos termos abordados, que o grau de aprofundamento de alguns aspectos do tema Indústria 4.0 evoluiu com a pandemia, demonstrando o interesse acadêmico em elaborar e estimular pesquisas sobre o assunto. Muitos novos termos são inseridos neste contexto e ainda, no contexto brasileiro, as informações sobre o assunto estão em estruturação.

Vale ressaltar que o aprofundamento aqui considerado, faz referência à aspectos teóricos. Entretanto, temas que relatam a situação nacional, paradigmas à serem enfrentados e planejamentos nacionais e internacionais necessitam ser mais destacados. Até mesmo para estimular outras novas pesquisas. A metodologia aplicada e a análise do conteúdo podem gerar inúmeros debates e propostas de novos estudos. Foi obtido sucesso em classificar quais os termos são mais relevantes para esta pesquisa. Podem surgir inúmeras reflexões a partir destes resultados.

É importante entender e identificar os desafios e problemas com a implementação da Indústria 4.0 no Brasil. Pois, com o crescimento da implementação das tecnologias da

Indústria 4.0, novos nichos de trabalhos e fluxos de pesquisa são descobertos. Em muitas destas pesquisas definem a tecnologia como principal recurso para que um país se torne uma potência. No Brasil, as iniciativas voltadas à manufatura inteligente são tímidas e há uma grande defasagem na inserção de novas tecnologias em muitas indústrias. Porém, com a pandemia a utilização dos meios tecnológicos vieram como o principal aliado para garantir a sobrevivência das empresas e os negócios durante o período de *home office* na quarentena. Tendo alguns postos de trabalho totalmente reformulados após o cenário pandêmico com a adesão do *home office* e das ferramentas digitais em tempo integral. Isto gera um sinal de alerta ao país, visto que as revoluções industriais tendem a ter um tempo de permanência cada vez menores e a necessidade de adaptação ser cada vez mais rápida.

Dentre os diversos impactos trazidos pela Indústria 4.0, o lado social se encontra entre as maiores incertezas, principalmente no Brasil, onde o nível de escolaridade da população é baixo, e com a implantação da Indústria 4.0 vem a diminuição na oferta de postos de trabalho pouco qualificados e o crescimento de postos de trabalho com um nível de complexidade mais elevado e que requerem maior qualificação por parte dos trabalhadores.

Em países como a Alemanha, o governo investe em políticas sociais que oferecem suporte para aquelas pessoas que não se encaixam no contexto empregatício da Indústria 4.0, tendo como objetivo a mudança de cultura no aspecto identidade e trabalho. Todavia, o Brasil possui uma cultura mais robusta em relação ao trabalho, visto que para grande parte da população, o trabalho é visto como única maneira de inserção na sociedade, o que dificulta a aplicação de políticas sociais como estas efetuadas nas grandes potências mundiais. Agravando ainda mais este cenário frente à pandemia.

Por fim, propõe-se como estudos futuros pesquisas sobre investimentos em novas tecnologias da Indústria 4.0, a adoção e estruturação da Indústria 4.0 no Brasil, bem como as políticas de estruturação e acompanhamento da formação de mão de obra para este contexto.

REFERÊNCIAS

Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020). **Industry 4.0 and health: Internet of things, big data, and cloud computing for healthcare 4.0**. *Journal of Industrial Information Integration*

ALCÂNTARA, Matheus Costa. Análise do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil em relação às principais potências industriais. **Gestão da Produção em Foco Volume 41**, p. 53, 2020. - A

ARBIX, G; SALERNO, M. S.; ZANCUL, E.; AMARAL, G.; LINS, L., M. **O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos**. *Novos Estudos*, n. 109, p. 28-49, 2017.

ARBIX, G; MIRANDA, Z; TOLEDO, D; ZANCUL, E. *Made in China 2025 e Indústria 4.0: A difícil transição chinesa do catchingup à economia puxada pela inovação*, **Tempo Social, revista de sociologia da USP**, v. 30, n. 3, 2018.-O

ARBIX, GLAUCO; MIRANDA, Zil. Políticas de inovação em nova chave. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 49-73, 2017.-K

ARBIX, Glauco; MIRANDA, Zil. Inovação em tempos difíceis. **Plural: Revista de Ciências Sociais**, v. 22, n. 2, p. 18-36, 2015. – L

AVENI, Alessandro. Estratégias pelo trabalho no futuro devidos a pandemia COVID-19. **Revista Processus de Políticas Públicas e Desenvolvimento Social**, v. 2, n. 3, p. 04-14, 2020.

BELLUZZO, L. G.; GALÍPOLO, G. **A nova revolução industrial**. *Jornal Valor Econômico*, Brasília, Novembro 2016.

BMBF, Federal Ministry of Education and Research. *The new High-Tech Strategy Innovations for Germany*, 2014.

BRITO, Alexandra Antonia Freitas de Brito. **A Quarta Revolução Industrial e as Perspectivas para o Brasil**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Edição 07. Ano 02, Vol. 02. pp 91-96, Outubro de 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. A Indústria 4.0 e a Pandemia / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2020.

CORDEIRO, G., et al. ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0: UMA VISÃO SOB ASPECTOS ESTRATÉGICOS E OPERACIONAIS. 2017.

Czifra, G., & Molmár, Z. **Covid-19 and Industry 4.0**. Sciendo, Volume 28, Number 46. 2020.

DAUDT, G; WILLCOX, L. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. Set. 2016.

DA SILVA, M. C. A.; GASPARIN, J. L. A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira. Universidade Estadual de Maringá – Pr, 2006.

ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim; PINTO, Hugo de Moraes. Processo de Investigação e Análise Bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários. Revista de Administração Contemporânea, v. 17, n. 3, p. 325-349, 2013.

ESTAMSETTY, Venkata Prabhakar. Cloud Computing, Mobile Cloud Computing and its Comparative Study. Computing Department, Bournemouth University, Bournemouth – England, 2021.

FILHO, Mauro Faccioni. **Internet das Coisas**. Unisul Virtual, 2016.

FIRJAN. Panorama da Inovação - Indústria 4.0, 2016.

FRANCO D. et al., Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na Engenharia de Produção: uma revisão sistemática da literatura XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis” Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. - N

HARRISON, R.; VERA, D.; AHMAD, B. (2016). Engineering the smart factory. Chinese Journal of Mechanical Engineering, (29)6, 1046–1051.

ILANKOVIC, Zelić.; GUBAN, M.; SZABÓ, L. Smart factories – the product of Industry 4.0. *Prosperitas* Vol. VII. 2020/1.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI).

Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>>

IRGE, Necmiye Tulin; YAZICI, Ayse MERİÇ. **Industry 4.0 During Pandemic.** *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem Cilt/Volume 1, Sayı/No: 1, Yıl/Year: 2020.*

LENTES, Joachim; ZIMMERMANN, Nikolas; HERTWIG, Michael. Industrie 4.0-Scouts Programme. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 445-450, 2019.- B

DOS SANTOS DURÃO, Luiz Fernando Cardoso; DE CARVALHO, Marly Monteiro; DE SENZI ZANCUL, Eduardo. Industrie 4.0: Formação de Redes de Projeto em Manufatura Distribuída. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 131, 2017. – C

DOS SANTOS, Diego Rafael Guedes; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A importância da tecnologia sem fio na Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 245-254, 2018.-J

KUO, Chu-Chi; SHYU, Joseph Z.; DING, Kun. Industrial revitalization via industry 4.0—A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, v. 1, p. 3-14, 2019. – E

LI, Jingcheng; POGODIN, Sergey. **“Made in China 2025”:** China experience in **Industry 4.0.** DTMIS-2018.

LI, Ling. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 135, p. 66-74, 2018.

LEAL, Lorenna F.; FLEURY, André; ZANCUL, Eduardo. Starting up a Learning Factory focused on Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 45, p. 436-441, 2020.- D

Links, P. *Emerging trends in global advanced manufacturing.* University of Cambridge.2013.

LIMA, Felipe Lobo Siqueira; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes. *Industrie 4.0, Made in China 2025 e perspectivas do Brasil para a Manufatura Inteligente: Uma análise preliminar entre três planejamentos e principais conceitos em duas fontes de publicação da engenharia de produção.* Cap22- ed. Poisson. 2019
DOI: 10.36229/978-65-86127-60-7.CAP.22 - G

LIMA, Felipe Lobo Siqueira; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes. *Industrie 4.0, Made in China 2025 e perspectivas do Brasil para a Manufatura Inteligente: Uma análise preliminar entre três planejamentos e principais conceitos em duas fontes de publicação da engenharia de produção.* In: XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações” Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. -H

LUCENA, F. A.; ROSELINO, J. E.; DIEGUES, A. C. **Indústria 4.0: Uma Análise Comparativa Entre as Experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão.** Geosul, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 113-138, mai./ago. 2020.

RAMOS, Victória Messina. *Políticas industriais e o futuro da manufatura: made in China 2025 e Industrie 4.0.* 2018. – F

REIS, Aleixa Mayara dos. *A indústria 4.0 e suas tecnologias no contexto da pandemia de COVID-19: um estudo bibliométrico.* 2021.- M

RODRIGUES, Bernardo Francisco Silva. *O Fator Humano na Cibersegurança e a Engenharia Social.* 10/2020.

SADIKU, Matthew. N. O.; TEMBELY, Mahamadou.; MUSA, Sarhan. M. **Internet of Services.** International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering ISSN: 2277-128X (Volume-8, Issue-5). May 2018.

SALERNO, Mario Sergio. "Políticas de inovação no Brasil: desafios de formulação, financiamento e implantação", p. 79 -96. In: **Inovação no Brasil: avanços e desafios jurídicos e institucionais.** São Paulo: Blucher, 2017. –I

SANTANA, Catarina Sabbadim et al. *Home Office e Indústria 4.0-Parceiros no combate à pandemia.* **Gestão da Produção em Foco Volume 47**, p. 16. – P

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, v.27, 2016.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; DUMITRESCU, R.; KRUGER, A., HOMPEL, M.
Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies.
2020.

Sputnik News. <https://br.sputniknews.com/brasil/2021080917879990-industria-40-brasil-esta-muito-atrasado-e-leva-muito-pouco-a-serio-esse-debate-diz-especialista/>

TROPIA, Célio Eduardo Zacharias; SILVA, Pedro Paulo; DIAS, Ana Valéria Carneiro.
Indústria 4.0: Uma Caracterização do Sistema de Produção. XVII Congresso Latino Ibero – Americano de Gestión Tecnológica, 2017.

VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial**. Automação Industrial. Novembro, 2017.

ZANETTI, H. A. P; BORGES, M. A. F.; RICARTE, I. L. M. Pensamento Computacional no Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura Brasileira. V Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2016.

Zhang, Y.; Diao, X.; Chen, K. Z.; Robinson, S. Impact of COVID-19 on China's macroeconomy and agri-food system – an economy-wide multiplier model analysis. 2020.

ZHANG, C.; CHEN, Y.; CHEN, H.; CHONG, D. Industry 4.0 and its Implementation: a Review. 2021.

ZHONG, Ray Y. et al. **Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review**. Engineering 3 (2017) 616–630, 2017.

WANG, Q.; LIU, C.; ZHAO, Y.; KITSOS, A.; CANNELLA, M.; WANG, S.; HAN, L.
Impacts of the COVID-19 pandemic on the dairy industry: Lessons from China and the United States and policy implications. Journal of Integrative Agriculture 2020, 19(12): 2903–2915.

YAZDI, P. G., AZIZI, A. & HASHEMIPOUR, M. An empirical investigation of the relationship between overall equipment efficiency (oeo) and manufacturing sustainability in industry 4.0 with time study approach. Sustainability – mdpi, 2018.