

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TAMIRES MARQUES DE SOUZA RODRIGUES

**PROPOSTA DE UM FRAMEWORK TEÓRICO COM BASE NAS
CARACTERÍSTICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DA
INDÚSTRIA 4.0**

PONTA GROSSA

2021

TAMIRES MARQUES DE SOUZA RODRIGUES

**PROPOSTA DE UM FRAMEWORK TEÓRICO COM BASE NAS
CARACTERÍSTICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DA
INDÚSTRIA 4.0**

**PROPOSAL FOR A THEORETICAL FRAMEWORK BASED ON THE
CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF
INDUSTRY 4.0**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino



PONTA GROSSA

2021



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

Esta licença permite compartilhamento do trabalho, mesmo para fins comerciais, sem a possibilidade de alterá-lo, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

	<p>Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	--	---

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

PROPOSTA DE UM FRAMEWORK TEÓRICO COM BASE NAS CARACTERÍSTICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

por

TAMIRES MARQUES DE SOUZA RODRIGUES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 06 de dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O(A)s candidato(a)s foi(foram) arguido(a)s pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr(a). Rui Tadashi Yoshino
Prof. Orientador(a)

Prof. Dr(a). Joseane Pontes
Membro titular

Prof. Dr(a). Juan Carlos Claros Garcia
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

É necessário dizer que chegar a esse trabalho só foi possível pois ao longo da caminhada de minha graduação tive pessoas importantes, que de uma forma direta ou indireta, me ajudaram em diversos pontos que foram necessários para me desenvolver como profissional e pessoal.

Agradeço a minha mãe, Rosangela, pela mulher forte que é, por ter sido e por ser pai e mãe em todos os momentos, e por sempre ter apoiado minhas escolhas.

Agradeço a meu querido João, por ter me dado todos os apoios que foram necessários para entender que eu poderia sonhar grande em querer estar em uma grande universidade e por ter estado ao meu lado em todos os momentos, comemorando as vitórias e ajudando a superar os desafios.

Agradeço a minha tia Cristina, pois sem sua ajuda eu não teria conseguido sair de casa para ir em busca de minha graduação, minha imensa gratidão.

Agradeço minhas irmãs, Thais e Ana Elisa, por me socorrerem em alguns momentos e por sempre terem me apoiado.

Agradeço aos meus orientadores ao longo da graduação, Juan Carlos Claros Garcia e Rui Tadashi Yoshino, por me mostrarem o caminho da pesquisa científica e por compartilharem seus conhecimentos e ensinamentos.

Agradeço a professora Joseane Pontes, por ter contribuído muito em minha banca do TCC 1 e eu ter conseguido desenvolver melhor este trabalho.

Por fim, agradeço a todos meus amigos e pessoas que encontrei ao longo de minha graduação, a todos meus professores pelos ensinamentos, e a todos funcionários que fazem a universidade ser o que é.

A todos vocês, meu Muito Obrigada!

Após a defesa posso dizer: Vó Maria, deu certo! Sei que dai de cima, a senhora me acompanhou durante todos esses anos, obrigada por ter acreditado em mim!

RESUMO

RODRIGUES, Tamires Marques de Souza. **Proposta de um framework teórico com base nas características da inteligência artificial no contexto da indústria 4.0.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

Com os avanços significativos da tecnologia, as empresas e consumidores passaram para 4º Revolução Industrial, assim, nesse atual momento da indústria o consumidor muda de opinião constantemente, o que faz com que haja desenvolvimentos tecnológicos. Com a ideia de ter algo artificial que simula a inteligência humana em uma máquina tem o surgimento de inteligência artificial. A tecnologia teve seu surgimento em meados de 1955, e ainda em pleno século XXI, há dificuldade sobre o tema, assim, o estudo aprofundará em um mapeamento conceitual sobre inteligência artificial dentro do contexto da indústria 4.0. Sendo assim, foi feita uma Revisão Sistemática da Literatura trazendo uma análise bibliométrica e de conteúdo, contando com o método de pesquisa PRISMA para definir o portfólio com pontos relevantes e com o auxílio do software NVIVO para análises. O principal resultado é a geração de um material que contém o geral teórico para conseguir ter um conhecimento conveniente sobre inteligência artificial, além de ter sido proposto frameworks teóricos com o intuito de trazer informações de uma forma visual. Assim, nota-se a importância, os desafios, as oportunidades e como essa tecnologia está em constantes mudanças, se moldando ao mundo.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Indústria 4.0; Tecnologia.

ABSTRACT

RODRIGUES, Tamires Marques de Souza. **Proposal for a theoretical framework based on the characteristics of artificial intelligence in the context of industry 4.0.** 2021. Course Conclusion Paper (Bachelor of Production Engineering) – Federal Technological University of Paraná, Ponta Grossa, 2021.

With the significant advances in technology, companies and consumers moved to the 4th Industrial Revolution, thus, in this current moment in the industry, consumers are constantly changing their minds, which causes technological developments. With the idea of having something artificial that simulates human intelligence in a machine, artificial intelligence arises. The technology had its emergence in mid-1955, and even in the XXI century, there is difficulty on the subject, so the study will deepen in a conceptual mapping on artificial intelligence within the context of industry 4.0. Thus, a Systematic Literature Review was carried out, bringing a bibliometric and content analysis, using the PRISMA research method to define the portfolio with relevant points and with the help of NVIVO software for analysis. The main result is the generation of a material that contains the theoretical general to get a convenient knowledge about artificial intelligence, besides having been proposed theoretical frameworks in order to bring information in a visual way. Thus, it is noted the importance, challenges, opportunities and how this technology is constantly changing, shaping the world.

Keywords: Artificial intelligence; Industry 4.0; Technologie.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Áreas de atuação Inteligência Artificial.....	11
Quadro 2 – Estrutura do trabalho	15
Quadro 3 – Abordagens conceituais Indústria 4.0 de acordo com alguns autores....	17
Quadro 4 – Definição dos pilares da Indústria 4.0.....	21
Quadro 5 – Abordagens conceituais de Inteligência Artificial de acordo com alguns autores.	23
Quadro 6 – Linhas de pensamento de Inteligência Artificial de acordo com alguns autores.	24
Quadro 7 - Quadro resumo de IA.	28
Quadro 8 - Características da classificação da pesquisa.....	30
Quadro 9 – Eixos de pesquisa e termos de busca.....	33
Quadro 10 - Lista do portfólio final de artigos.....	38
Quadro 11 - Conceitos de Inteligência Artificial de acordo com autores do portfólio final.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frequências das palavras para definição de Indústria 4.0.	18
Figura 2 – Datas marco das Revoluções Industriais.	19
Figura 3 – Frequências das palavras para definição de Inteligência Artificial.	25
Figura 4 – Uma visão conceitual dos sistemas de Inteligência Artificial.	25
Figura 5 – Áreas relacionadas com a Inteligência Artificial.	27
Figura 6 – Etapas metodologia PRISMA.	31
Figura 7 – Fluxograma das etapas da metodologia PRISMA.	32
Figura 8 - Interface NVivo 12.	36
Figura 9 – Estratégia de busca de artigos (diagrama de fluxo PRISMA).	37
Figura 10 - Artigos por ano de publicação.	40
Figura 11 - Frequência de palavras chaves usadas pelos autores.	41
Figura 12 - Palavras chaves com número de artigos indexados.	41
Figura 13 - Artigos publicados por Journals.	42
Figura 14 - Framework histórico inteligência artificial.	55
Figura 15 – Framework breve contextualização dos períodos de inteligência artificial.	56
Figura 16 - Framework definição de IA.	56
Figura 17 - Framework Principais pontos de IA.	57
Figura 18 - Framework IA no contexto da Indústria 4.0.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado das buscas.....	34
Tabela 2 - As tecnologias de IA previstas em 1973 com definições e a realidade de hoje.	48
Tabela 3 - Desafios de IA da literatura.....	51
Tabela 4 - Tendências futuras em IA.	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 DELIMITAÇÃO	14
1.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	16
2.1 INDÚSTRIA 4.0	16
2.1.1 Revoluções industriais	18
2.1.2 Pilares da Indústria 4.0	21
2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	23
2.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	29
3 METODOLOGIA	30
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2 FASES DA METODOLOGIA	31
3.2.1 Delimitações iniciais	33
3.2.2 Critérios de busca	34
3.2.3 Identificação	34
3.2.4 Seleção	35
3.2.5 Elegibilidade	35
4 RESULTADOS	38
4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	38
4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO	43
4.2.1 Concepção sobre IA	43
4.2.2 Inteligência artificial	44
4.2.3 Funções IA	49
4.2.4 Desafios e oportunidades IA	50
4.3 FRAMEWORK TEÓRICO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	54
5 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

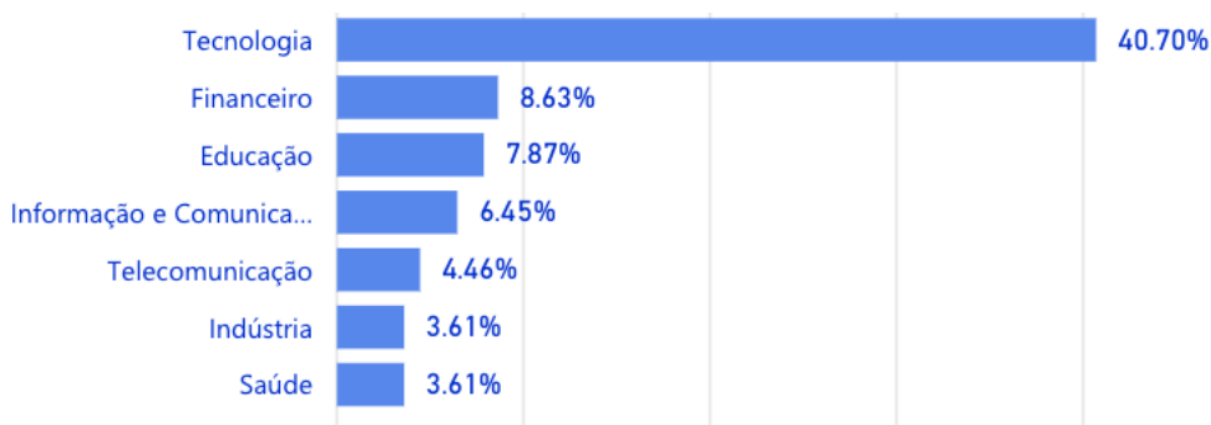
Atualmente, com avanços cada vez mais significativos relacionados a tecnologia, empresas e consumidores passaram da 3ª Revolução Industrial centrada no desenvolvimento de processos de automação e sistemas de gestão da manufatura, para inovações contemporâneas causadas pela 4ª Revolução Industrial, que é circundada por conceitos como: dados, otimização, robótica, integração, modularidade e inteligência (DURAN, 2020).

Um ponto essencial que emerge neste contexto é a manufatura inteligente, essa busca ampliar a interconexão entre máquinas e a tomada de decisão automatizada através da inteligência artificial, onde minimização das interações homem-máquina e valendo-se das capacidades humanas somente em momentos específicos (DURAN, 2020).

Os diversos pilares da Indústria 4.0, tais como a Internet das Coisas, Big Data, realidade aumentada e outros estão sendo de grande importância para o avanço do mercado, sendo assim, aqui vê-se a importância da utilização da inteligência artificial, pois nesse contexto, um ponto essencial é a manufatura inteligente, que busca ampliar a interconexão entre máquinas e tomadas de decisão automatizadas, e isso ocorre através do uso da inteligência artificial.

Com a ideia de ter algo artificial que simula a inteligência humana em uma máquina, tem-se o surgimento da inteligência artificial. Desde *machine learning* a processamento de linguagem natural, a tecnologia permite que máquinas sintam, compreendam, atuem e aprendam, com o objetivo de transformar as relações entre as pessoas e a tecnologia indo de encontro a uma nova era de disrupção e produtividade, trazendo grandes mudanças na maneira como pessoas e empresas se relacionam com tecnologia, compartilham dados e tomam decisões (ACCENTURE, 2021).

Com as mudanças tecnológicas, com a inteligência artificial é possível conseguir arcar com muitas das necessidades que tem sido esperada no mercado e do consumidor. Segundo um levantamento feito pela Lambda3 (empresa de tecnologia e negócios digitais), 80% das pessoas já utilizaram inteligência artificial pelo menos uma vez na vida. Através do estudo é possível notar as áreas de atuação da inteligência artificial no ano de 2018, mostrado no Quadro 1 a seguir (NOGARE; LONGARINI; GOMES; SANTOS; VENTURIM, 2021).

Quadro 1 - Áreas de atuação Inteligência Artificial.

Fonte: (NOGARE; LONGARINI; GOMES; SANTOS; VENTURIM, 2021).

Além da importância que a tecnologia tem para as empresas, há o seu potencial sobre a economia. Em 2017, a China que possui o segundo maior PIB do mundo, investiu mais de 300 bilhões de dólares em tecnologias de inteligência artificial. Segundo uma pesquisa da Microsoft, investir na área de inteligência artificial pode ter como benefício o aumento do PIB, e consequentemente o aumento da produtividade no país (MORAES, 2021).

Segundo uma estimativa feita pela IDC (International Data Corporation) em maio de 2021 previa que para esse mesmo ano, a inteligência artificial poderia gerar investimentos de R\$2,4 bilhões para o Brasil, em aplicações da tecnologia. Porém ainda com essa previsão, segundo um estudo realizado em 2020 pela Universidade de Oxford, mostra que o Brasil está na 63ª posição do índice de preparo para investir e aplicar inteligência artificial, sendo prejudicial ao país, justamente pelos benefícios que a inteligência artificial traz, como: redução de custos e otimização operacional, eficiência e agilidade com os dados, segurança, dentre outros (CARRIJO, 2021).

Em virtude da importância do estudo para a inovação dos diversos nichos de mercado, organizações, economia e indústria, o trabalho aprofundará a caracterização desta temática, tendo a seguinte pergunta:

Como compreender a perspectiva sobre inteligência artificial no contexto da indústria 4.0?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um *Framework* teórico com base nas características de inteligência artificial no contexto da indústria 4.0.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Identificar abordagens conceituais sobre indústria 4.0 e inteligência artificial;
- b) Identificar as principais interações, características e as tecnologias de inteligência artificial;
- c) Analisar sobre a influência da inteligência artificial no contexto da indústria 4.0, com os desafios e oportunidades.

1.2 JUSTIFICATIVA

A Indústria 4.0 objetiva aumentar a produtividade e prover crescimento da receita, já que consegue trazer melhorias nas condições de trabalho e permite investimentos na área tecnológica, alavancando o avanço da indústria e dos setores que ela agrega. A quarta revolução industrial tem como base a comunicação inteligente das máquinas através de sistemas interligados entre si, fazendo com que os processos possam ser cada vez mais ágeis, flexíveis, padronizados e livre de produtos não conforme (HERMANN, PENTEK, OTTO; 2016).

A inteligência artificial tem estado cada vez mais presente na vida do ser humano, estando praticamente em todos os lugares, pois a maioria dos equipamentos eletrônicos a utilizam, estando na automatização dos carros e das indústrias, nos computadores, na medicina, etc (SILVA; VANDERLINDE, 2012).

O termo de inteligência artificial teve seu surgimento em 1955, porém, até meados do ano de 2010 a tecnologia ainda era associada ao universo de ficção científica, parecendo algo que estaria em um futuro muito distante. Ainda no ano de 2021, é visto em diversos artigos como a inteligência artificial ainda é considerada

uma tecnologia relativamente nova, havendo uma série de dificuldades sobre o tema, tendo a necessidade de o assunto ser debatido, pesquisado e fundamentado, pois assim as tecnologias conseguem melhor serem difundidas no mercado da indústria 4.0.

Uma pesquisa realizada em 2019, pela MOB INC, uma empresa de consultoria de pesquisa especializada, mostrou que 40% dos brasileiros não conhecem os conceitos como: inteligência artificial e *chatbot*, não sabendo como definir ou explicar para que serve esses temas. Ainda que 86% dos entrevistados respondessem que já foram atendidos por robôs, e outras tecnologias que possuem inteligência artificial, houve essa falta de conhecimento sobre essas tecnologias (Equipe TD, 2019). O *chatbots* são uma grande invenção da indústria 4.0, conseguindo impactar na maneira de atender clientes, e a inteligência artificial tem sido necessária para arcar com as necessidades que tem sido esperada das empresas e pessoas na indústria 4.0

Assim o trabalho pretende contribuir com um entendimento abrangente sobre o conceito de Inteligência Artificial, bem como uma pesquisa sobre sua importância relacionados aos desafios e oportunidades para as organizações que adotam essa nova abordagem, criando uma maior acessibilidade frente ao mercado e permitindo que organizações tenham a percepção da importância da automatização de seus processos se tornando mais estratégicos e bem sucedidos, sendo possível de ocorrer através da inteligência artificial que promove algumas contribuições para indústria, como: aumento na produtividade, tempo e custo eficiência, redução de erro humano, decisões de negócios mais rápidas, previsão de preferência do cliente e maximização de vendas.

O estudo em questão justifica sua importância acadêmica, social e econômica por abordar uma temática que tem tido cada vez mais força no mercado, sendo fundamental para o mundo da indústria 4.0, além de uma contribuição científica. Algumas das contribuições são:

- Contribuição acadêmica: geração de material sobre a interface de indústria 4.0 e inteligência artificial, afim de ser utilizado como base de estudos futuros que estejam relacionados essa temática;
- Contribuição social: trazer um entendimento sobre inteligência artificial de uma maneira mais explicativa e com facilidade para entendimento.

- Contribuição Econômica: apontamento de uma tecnologia inovadora que vem mudando o mercado, chamando a atenção para investimentos que podem ser feitos nas empresas.

1.3 DELIMITAÇÃO

Uma delimitação está em encontrar estudos que tenham sido feitos a partir do ano de 2011, pois foi a partir desse ano que se ouviu pela primeira vez o termo “Indústria 4.0”, contexto do qual será abordado o tema do trabalho. Também há a questão de propor um *Framework* teórico sem que tenha uma intervenção prática.

1.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A inteligência artificial é uma tecnologia com um campo de estudo multidisciplinar que foi originado da: computação, engenharia, psicologia, matemática e da cibernética, tendo como objetivo construir sistemas que apresentem um comportamento inteligente além de desempenhar tarefas com um grau de competência igual ou melhor que o do ser humano (SELLITTO, 2002).

A Engenharia de Produção é proveniente da Engenharia Industrial, e foi notada como uma nova forma de atuação no setor de serviços no ano de 1990, o que causou um novo arranjo econômico (SOUZA, 2012). Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO (2020), a área de atuação de um engenheiro de produção é definida por:

Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologias, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto de engenharia! (Elaborado a partir das definições do International Institute of Industrial Engineering - IIIIE).

O engenheiro de produção é um profissional capaz de atuar no segmento industrial e nas áreas de serviços, sendo responsável por diversas áreas, como: logística, melhoria de processos, planejamento, análises de risco, gestão da

qualidade, dentre outras funções que são ligadas desde a linha de produção até a chegada ao consumidor final (BILBAO, 2021).

O engenheiro de produção deve-se adequar as tecnologias que estão presentes cada vez mais nos mercados da indústria 4.0, tendo como uma das principais a inteligência artificial. Ainda que há limitações de recursos provenientes da inteligência artificial na indústria, ainda há a possibilidade de torná-la mais presente, conseguindo ganhar corpo em tarefas operacionais (BILBAO, 2021).

A inteligência artificial consegue andar junto a engenharia de produção a fim de resolver desafios que são fatores decisivos para a ampliação de muitos resultados em uma organização, tendo como alguns exemplos: análise de informações e dados relacionados a processos e sistemas, domínio dos métodos de modelagem, dentre outros (BILBAO, 2021).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho em questão encontra-se organizado em cinco capítulos, assim, o Quadro 2 expõem a forma como este está estruturado, com seus respectivos temas abordados e as entregas necessárias para a aplicação deste trabalho.

Quadro 2 – Estrutura do trabalho

Capítulo	Pontos abordados	Objetivos consolidados
1. Introdução	Introdução Objetivos (geral e específicos) Justificativa Delimitação do tema Estrutura do trabalho	
2. Referencial teórico	Indústria 4.0 Inteligência artificial	Objetivo específico (a).
3. Metodologia	Classificação de pesquisa Metodologia proposta	
4. Resultados	Análise bibliométrica Análise de conteúdo	Objetivo geral e objetivos específico (b) e (c).
5. Conclusão	Considerações finais	

Fonte: Autora (2021).

O objetivo específico (a) será consolidado no capítulo 2 que contém o referencial teórico. Já o objetivo geral e os objetivos específicos (b) e (c) estarão no capítulo 4 com os resultados, onde será apresentado a análise de conteúdo.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo serão apresentados os conceitos e temas pesquisados na literatura, com o objetivo de que o trabalho de conclusão de curso tenha um embasamento teórico. Sendo assim, o presente capítulo está dividido nos seguintes tópicos: Indústria 4.0 e Inteligência Artificial.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

As características de consumo passaram a modificar o mercado, com produtos com alto nível de customização e flutuações em suas demandas, precisou-se de um novo mercado que atendesse a essas produções, assim surge o termo indústria 4.0. Iniciou-se em 2011 quando foi lançada pelo governo alemão afim de promover uma estratégia com alta tecnologia, com o objetivo de lançar a visão de mercado com uma indústria completamente conectada (LASI; FETTKE; KEMPER; FELD; HOFFMANN, 2014). A indústria 4.0 tem como principal objetivo fazer as máquinas ficarem interconectadas, com equipamentos de fabricação ligados a sistemas de TI, afim de ter uma melhoria dos processos de produção e suas vendas (SEOK KANG et al., 2016).

Algumas das primeiras empresas a adotar o conceito de fábrica inteligente foram as fabricantes de automóveis Volkswagen, Daimler e BMW. Com essa nova revolução industrial, hoje na quarta era, os desafios são os mesmos do passado, manter a segurança e a privacidade da tecnologia da informação, com a melhoria das transferências digitais e novas formas de interação entre o homem e a máquina (REYES; VISICH; JASKA, 2020).

É uma nova era industrial que se baseia na comunicação autônoma de toda a cadeia produtiva, trazendo revoluções nos processos, na disponibilidade dos produtos, mão de obra, além de conseguir atingir os segmentos de pesquisas, segurança e a proteção por IP (internet Protocol), conseguindo assim garantir a competitividade de uma organização tanto em nível nacional, quanto global (EUROPEAN PARLIAMENT, 2016).

Essa quarta revolução industrial está permitindo que as empresas tomem decisões que sejam certas para estarem preparadas às transformações, assim é

possível ter o conceito de fábrica inteligente, com as produções conectada em rede aos sistemas de comunicações, criando uma cadeia de valor integrada, onde é possível que pessoas e máquinas se comuniquem e cooperem diretamente entre si (BARZ et al., 2019).

Ainda que seja um conceito recente, a indústria 4.0 tem diferentes definições de acordo com cada autor e em diferentes anos. Sendo assim, algumas dessas abordagens conceituais são mostradas no Quadro 3.

Quadro 3 – Abordagens conceituais Indústria 4.0 de acordo com alguns autores.

Definição	Autor (ano)
É um conjunto de tecnologias de alto padrão acoplado em máquinas e ligados a internet, com o objetivo de tornar o sistema de produção mais eficiente, mais colaborativo, podendo reduzir tempo e custos para a indústria.	Santos et al. (2018)
O termo indústria 4.0 significa a quarta revolução industrial, pois nele incorpora inovações técnicas emergentes para melhorar o setor e enfrentar alguns desafios globais.	WANG et al. (2016)
A Indústria 4.0, também conhecida internacionalmente como Internet Industrial das Coisas, refere-se à integração de tecnologias IoT em indústrias de criação de valor, permitindo aos fabricantes alavancar suas cadeias de valor totalmente digitalizadas, conectadas, inteligentes e descentralizadas.	KIEL et al. (2017)
O conceito Indústria 4.0 está relacionado à aplicação de tecnologias CPS, como Internet das Coisas (IoT), Internet das Coisas Industrial (IIoT) e Big Data, levando a manufatura à 4ª revolução industrial.	SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA (2014)
A Indústria 4.0 é a soma de todas as inovações disruptivas derivadas e implementadas em uma cadeia de valor para abordar tendências em digitalização, capacitação, transparência, mobilidade, modularização, redes e socialização de produtos e processos.	PFOHL et al. (2017)
A indústria 4.0 pode ser entendida como um termo colaborativo para tecnologias e conceitos que abrangem toda a cadeia de valor da organização. É a integração de máquinas e dispositivos físicos complexos com sensores e software em rede, usados para prever, controlar e planejar melhores resultados comerciais e sociais.	HERMANN; PENTEK; OTTO (2016)
A Indústria 4.0 é um sistema tecnológico complexo, fundamentalmente moldado pela conectividade, integração e digitalização da produção, enfatizando as oportunidades de integrar todos os elementos em um sistema de valor agregado.	NEUGEBAUER et al. (2016)
A indústria 4.0 pode ser entendida como um impulso para um novo futuro industrial, onde os processos de criação de valor devem ser mais inteligentes e eficientes.	BARZ et al. (2019)

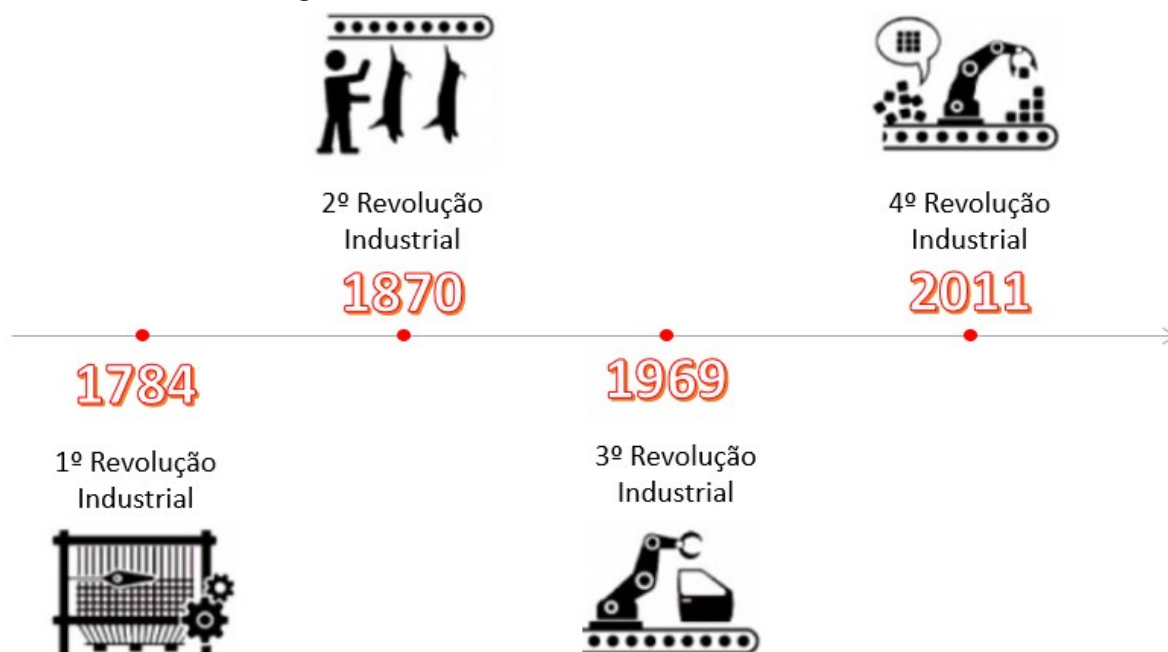
Fonte: Autora (2021).

Nas definições apresentadas é possível notar a presença de concordância entre os autores, ainda que suas definições sejam diferentes, dessa forma, há interseção de termos que são utilizados para definir indústria 4.0, sendo assim, na Figura 1 é mostrado a frequência das palavras para definir indústria 4.0.

- 2ª Revolução Industrial: em 1870, com a introdução de energia elétrica, produção em massa e a divisão no trabalho. Primeira linha de produção;
- 3ª Revolução Industrial: em 1969, com a introdução de TI e automação na manufatura. Primeiro controlador lógico;
- 4ª Revolução Industrial: surgimento em meados de 2011, atual revolução em 2021. Baseada em sistemas Ciber- Físicos.

Na figura 2 é apresentado uma linha do tempo com os respectivos anos de cada marco das revoluções industriais, a fim de ter-se uma melhor didática.

Figura 2 – Datas marco das Revoluções Industriais.



Fonte: Autora (2021).

A primeira revolução industrial foi compreendida entre os anos de 1760 a 1840, onde ocorreu a substituição dos métodos artesanais de fabricação para a utilização de máquinas a vapor. A partir do momento em que houve a introdução de máquina à vapor na manufatura com os processos se tornando mecanizados, a indústria têxtil foi o segmento que mais sofreu impacto em seu ambiente social e econômico. Após a contribuição trazida por essa revolução, notou-se a padronização na fabricação dos produtos, tendo uma maior conformidade (DRUCKER, 2000).

A segunda revolução teve seu início em meados de 1870 e teve seu foco na Europa, Estados Unidos e Japão. A transição da primeira revolução para a segunda

ocorre devido a eletricidade, que passou a ser um componente fundamental para se ter a produção em massa. A partir disso, foi possível que as produções fossem produzidas por diversos bens dos consumos, o que contribuiu para o crescimento da economia no século XX (DUARTE, 2017).

Para Mokyr (1988), a segunda revolução industrial foi a mais importante devido às tecnologias da Inglaterra que foram conhecidas no mundo todo. Assim começou a busca pela liderança da tecnologia, tendo os métodos da primeira revolução industrial aprimorados, e as empresas que a utilizavam acabavam se impulsionado.

Em meados de 1960, tem o surgimento da terceira revolução industrial, dando-se seu início principalmente após a segunda guerra mundial, tendo como principal objetivo auxiliar na redução da participação humana no processo de produção, trazendo às máquinas o sistema de CLP's (Controladores lógicos programáveis), robôs e TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) (DIEESE, 1994).

É nesse momento que o sistema Toyota de produção surge com o objetivo de eliminação completa de todos os desperdícios, com a otimização dos processos e a novas tecnologias que possibilitaram a produção dos produtos de uma forma mais padronizada (DELOITTE, 2014).

Com a terceira revolução industrial foi possível ter economias mundiais que se destacassem novas tendências de inovação tecnológica trazendo automação flexível as linhas de produção, alianças tecnológicas, além de mudanças nas estratégias. Isso fez com que as organizações saíssem à frente no mercado competitivo e também trouxe o peso crescente do complexo eletrônico (SILVA, 2017).

A partir do crescimento e avanços tecnológicos ocorridos na terceira revolução industrial, é possível citar a quarta revolução industrial, também conhecida como indústria 4.0, sendo apresentada de acordo com o modelo exigido pelo mercado, com a exigência cada vez mais de fábricas inteligentes, havendo cada vez mais uma integração entre máquinas e humanos (KAGERMANN, 2013).

2.1.2 Pilares da Indústria 4.0

A indústria 4.0 vem com o objetivo de criar processos que sejam mais rápidos, flexíveis e eficientes, fazendo com que indústrias produzam conectando máquinas, sistemas e ativos a fim de produzir produtos com maior qualidade a custos reduzidos. Para que seja alcançado esses resultados, a indústria 4.0 precisa gerar um alto nível de articulação entre as principais tecnologias que compõem o conceito, ou seja, seus pilares.

Sendo assim, Rüßmann et al. (2015) afirma que são necessários os nove pilares tecnológicos para atingir os benefícios que proporciona e sustenta a indústria 4.0, sendo: (I) Big Data e Analytics, (II) Robôs Autônomos, (III) Simulação, (IV) Integração de Sistemas Horizontal e Verticalmente, (V) IoT (Internet of Things), (VI) Segurança Cibernética, (VII) Cloud Manufacturing (Computação em nuvem), (VIII) Manufatura Aditiva e (IX) Realidade Aumentada.

A partir do Quadro 4 é possível conter as definições de cada pilar de acordo com os autores estudados.

Quadro 4 – Definição dos pilares da Indústria 4.0.

Pilar	Definição	Fonte
Big Data e Analytics	Modelagem estatística de um conjunto grande, dinâmico e diversos de dados que são gerados pelos usuários e os seus rastros digitais. Aumenta a performance e otimização dos processos industriais, proporcionando uma melhor leitura de cenários e tomadas de decisões mais rápidas. É resumido em: volume, variedade, velocidade, veracidade e valor.	Davenport (2014) Boyd & Crawford (2012) Luvizan et al. (2015) Abbasi et al. (2016) Müller et al. (2016)
Robótica	Os robôs conseguem ser mais autônomos, flexíveis e cooperativos, havendo a interação de trabalho ao lado do humano. A empresa ganha em desempenho e disponibilidade, além de reduzir custos e aumentar a produção.	Rüßmann et al. (2015)
Simulação	Através de simulações virtuais que são feitas nos processos e operações reais, é possível fazer com que ajustes sejam testados conseguindo melhorar a produção, aproximando ainda mais o mundo físico e virtual.	Rüßmann et al. (2015)
Integração com Sistemas	A proposta de que haja uma melhor harmonia entre todos os que fazem parte do ecossistema, para garantir uma gestão integral conseguindo com que as cadeias de valor sejam automatizadas, funcionando através de um sistema de produção em rede, permitindo que o CPS proporcione um sistema flexível.	Rüßmann et al. (2015) Li e Xu (2017)

Internet das Coisas (IoT)	É a conexão entre a rede de: objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas, por meio de dispositivos eletrônicos, tendo a capacidade de interagir-se com inventários de fornecedores, os sistemas de suporte aos clientes e com os aplicativos de inteligência.	Lee e Lee (2015)
Segurança Cibernética	A Indústria do futuro demanda que as empresas tenham sistemas de ciber segurança robustos para proteger seus sistemas e informações de possíveis ameaças e falhas que causem problemas na produção.	Rüßmann et al. (2015)
Cloud Computing	Com o crescimento do número de tarefas relacionadas à produção de bens e serviços, se faz cada vez mais importante o armazenamento em nuvens, a fim de melhorar o desempenho das tecnologias envolvidas e a relação entre as companhias, conseguindo também que o cliente tenha acesso a todas as etapas do ciclo de vida do produto.	Rüßmann et al. (2015) Li e Xu (2017)
Manufatura Aditiva	Conhecida como impressão 3D, é uma produção descentralizada de produtos que são customizados, conseguindo reduzir custos com estoque e transporte, além da redução de tempo e eficiência na execução das tarefas.	Rüßmann et al. (2015)
Realidade Aumentada	É uma tecnologia capaz de trazer ao mundo real objetos: virtuais, textuais, com sons, imagens, tudo através de um dispositivo tecnológico, oferecendo vantagens de construção e de desenhos complexos, conseguindo otimizar tomadas de decisões.	Rüßmann et al. (2015)

Fonte: Autora (2021).

Internet das coisas, ao longo do estudo, mostra que há vários outros sinônimos, como: web-of-things, internet of everything e industrial internet. Esse conceito é defendido como o principal pilar da indústria 4.0, principalmente pela sua ampla abrangência de áreas, sendo tanto no setor produtivo, quanto no administrativo, sendo assim, para alguns autores, a internet das coisas se torna o principal pilar de sustentação à indústria 4.0 (Silva, 2017).

Outro ponto importante a se considerar que emerge no contexto da quarta revolução industrial é a manufatura inteligente, que através de inteligência artificial busca a ampliação da interconexão entre a máquina e a tomada de decisão automatizada. A tecnologia consegue trazer exatamente os benefícios que são esperados pela indústria 4.0, como: melhor qualidade, tempo e custo, geração de oportunidade do aproveitamento de dados, além de impulsionar melhoria contínua nos processos de fabricação (DURAN, 2020).

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial é utilizada nas organizações há séculos, desde de equipamentos que eram utilizados para marcar tempo, até aqueles que eram usados para simular o comportamento dos animais. De acordo com o tempo, houve aperfeiçoamento do conceito onde começou a ser aplicado para fazer relógios, técnicas para se calcular, chegando aos computadores, tendo sua evolução a partir da segunda guerra mundial (BITTENCOURT, 2001).

A inteligência trata-se de tudo aquilo que o homem tem a capacidade de escolher entre uma coisa e outra, além de ser o modo de resolver problemas e de realizar tarefas, sendo assim, a inteligência artificial pode ser entendida como um tipo de inteligência que é produzida pelo homem para conseguir beneficiar as máquinas com alguma habilidade que é natural da inteligência do homem (FERNANDES, 2003).

Para Shannon (1985), a inteligência artificial atua em dois grandes campos, sendo: imitação das habilidades humanas (como: visão, falas, gestos, etc.) e duplicação de resultados estabelecidos pelo homem através de suas habilidades e/ou experiências. O Quadro 5 apresenta as abordagens de Inteligência Artificial de acordo com alguns autores.

Quadro 5 – Abordagens conceituais de Inteligência Artificial de acordo com alguns autores.

Definição	Autor (ano)
São os sistemas capazes de compilar a experiência de um especialista, de um campo de atuação, em uma série de regras que são utilizadas para gerar inferências e sugerir ao usuário uma ação para um problema.	Shannon (1985)
A inteligência artificial são os sistemas de processamento de informações que através ocorre através da utilização da combinação de raciocínio simbólico com os processamentos de dados.	Kerchoff (1986)
A inteligência artificial são tecnologias viáveis que permitem uma nova abordagem para solucionar problemas de decisão. É um programa computacional que limita o comportamento de busca dos especialistas humanos na solução de problemas.	M.S.Fox (1990)
Inteligência artificial é estudar a forma de como os computadores podem realizar tarefas em que são melhores feitas pelos humanos.	Rich (1988)
Parte da ciência da computação que é voltada para o desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes que irão se relacionar a inteligência no comportamento do homem.	Feigenbaum (Fernandes, 2003)

Fonte: Autora (2021).

Ainda há como definir a inteligência artificial seguindo quatro linhas de pensamentos que surgiu ao longo do tempo. O Quadro 6 apresenta essas linhas de pensamento de acordo com alguns autores.

Quadro 6 – Linhas de pensamento de Inteligência Artificial de acordo com alguns autores.

Linha de pensamento	Definição	Autor (ano)
Sistemas que pensam como seres humano	“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem... máquinas com mentes, no sentido total e literal.”	Haugeland (1985)
Sistemas que atuam como seres humanos	“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.”	Kurzweil, 1990
Sistemas que pensam racionalmente	“O estudo das faculdades mentais pelo seu uso de modelos computacionais.”	Charniak; Mcdermott (1985)
Sistemas que pensam racionalmente	“A Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.”	Poole et al., (1998)

Fonte: Gomes (2010). Adaptado pela autora (2021).

As linhas I e II estão relacionadas ao processo de pensamento e raciocínio, medindo o sucesso em termos de fidelidade ao desempenho de um ser humano, já as linhas de pensamentos III e IV referem-se ao comportamento, medindo o sucesso comparando-o a o que é considerado um conceito ideal de inteligência, sendo a racionalidade, ou seja, aquilo que faz tudo certo a partir dos dados que se tem (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Nas definições apresentadas, assim como nas linhas de pensamentos que se tem de inteligência artificial nota-se a presença de concordância entre os autores, havendo interseção de termos, sendo assim, na Figura 3 é mostrado a frequência das palavras para definir inteligência artificial.

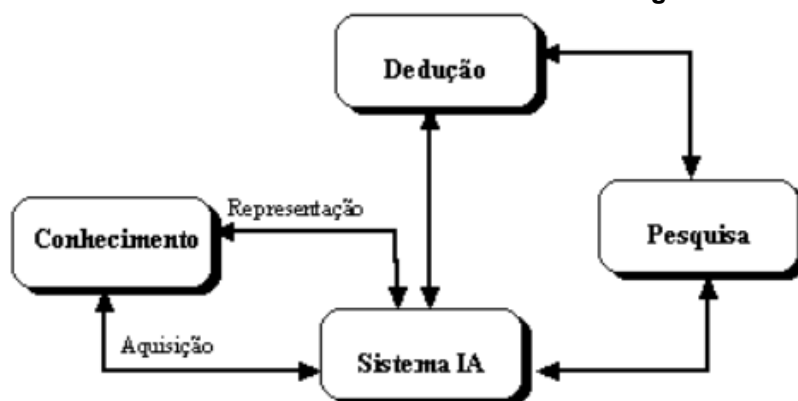
Figura 3 – Frequências das palavras para definição de Inteligência Artificial.



Fonte: Autora (2021).

Um sistema de inteligência artificial além de armazenar a manipular dados, ele também é capaz da aquisição, representação e manipulação do conhecimento. Na manipulação inclui a capacidade de deduzir ou de inferir novos conhecimentos e a partir disso resolver problemas complexos não quantitativos. Com a adoção de uma máquina de inferência o sistema de IA é reduzido à obtenção e codificação de regras e fatos que sejam suficientes para um determinado domínio do problema, esse é conhecido como engenharia do conhecimento, porém, ainda assim, um projetista de IA precisa estar atento a: aquisição, representação e manipulação do conhecimento, sendo assim a Figura 4 mostra a inter-relação entre os componentes de um sistema de IA, de como era visto em 1987 (SCHUTZER, 1987).

Figura 4 – Uma visão conceitual dos sistemas de Inteligência Artificial.



Fonte: Schutzer (1987).

1.2.1 Fases da Inteligência Artificial

A inteligência artificial deu seu início nos meados da década de 50, onde teve o primeiro grande trabalho reconhecido como IA o que foi realizado por Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943. Eles sugeriram uma pesquisa que apresentava modelos de neurônios artificiais onde cada neurônio era considerado como “ligado” ou “desligado” para assim ser analisado e definir seu estímulo adequado (RUSSELL; NORVIG, 2004).

A primeira fase da inteligência artificial é marcada pelo entusiasmo e otimismo, entre 1952-1969, onde houve grandes progressos na área. Os desenvolvedores conseguiram ter grande sucesso em suas criações, conseguindo assim se tornarem mais confiantes. Foi a partir disso que começaram a ter metas cada vez mais ambiciosas, porém acabaram falhando de uma forma desastrosa, quando entra na próxima fase (GOMES, 2010).

Nos anos entre 1966-1979, foi quando a inteligência artificial teve sua fase em sistemas baseados em conhecimento. Em 1969, a universidade de Stanford consegue desenvolver um programa que cria soluções capazes de encontrar as estruturas moleculares orgânicas através da espectrometria de massa das ligações químicas presentes em uma molécula desconhecida. Foi a partir desse programa, o DENDEAL, que surgiu a importância para o desenvolvimento de programas inteligentes (RUSSELL; NORVIG, 2004).

A partir de 1980 a inteligência artificial se torna uma indústria, os sistemas conseguiram abrir portas para as economias das empresas, conseguindo gerar uma demanda. De lá para cá, a inteligência artificial teve uma revolução tanto no seu conteúdo quando na sua metodologia, sendo elevada como ciência, onde consegue se ter uma maior compreensão dos problemas e de suas complexidades (GOMES, 2010).

1.2.2 Áreas de aplicações da Inteligência Artificial

A inteligência artificial é considerada um ramo da ciência da computação com o interesse em se ter computadores que pensem e se comportem de forma inteligente, sendo assim, torna-se muito amplo e está relacionada a diversas áreas, no ano de 2000 algumas aplicações já eram abordadas para serem explicitadas e explicar um pouco mais sobre algumas áreas de IA, assim como apresentada na Figura 5, (MONARD; BARANAUKAS, 2000).

Figura 5 – Áreas relacionadas com a Inteligência Artificial.



Fonte: Monard; Baranaukas (2000).

Os sistemas especialistas fazem parte de uma área de IA que é desenvolvido a partir das necessidades de processamento das informações não numérica apresentando conclusões sobre algum tema, emulando a especialização humana de algum domínio específico, sendo construída através dos conhecimentos que são formados por fatos, regras e heurísticas sobre o domínio (BARONE, 2003).

Os sistemas visuais envolvem *hardware* e *software* que permitem o computador capturar, armazenar e manipular imagens visuais. Estes são capazes de reconhecer características faciais e até mesmo ser usado juntamente à robótica. O processamento de linguagem natural é a área que permite o computador de reconhecer comando de voz em uma linguagem natural, existindo três tipos: comandos, discreto e contínuo (STAIR; REYNOLDS, 2006).

A área de planejamento e logística mostrou a presença de IA durante a Guerra do Golfo em 1991, onde foi distribuído uma ferramenta chamada Dynamic Analysis and Replanning Total para o planejamento logístico automatizado e para a programação de execução do transporte das tropas (STAIR; REYNOLDS, 2006).

Mesmo estando presente em diversas áreas, a inteligência artificial ainda é um tabu dependendo do assunto em que é abordado, porém, o que se sabe é que os conceitos desenvolvidos aos longos dos anos, trouxeram grandes benefícios para a humanidade e é notável que irá inovar e evoluir gradativamente (STAIR; REYNOLDS, 2006).

A seguir é apresentado o quadro 7, que traz um resumo de toda a caracterização de IA que foi trazida durante o referencial teórico, mostrando: abordagens de IA, linhas de IA, as fases de IA, assim como a áreas que tinha a tecnologia no ano de 2000.

Quadro 7 - Quadro resumo de IA.

Abordagens	Linhas	Fases	Áreas (2000)
São os sistemas capazes de compilar a experiência de um especialista, de um campo de atuação, em uma série de regras que são utilizadas para gerar inferências e sugerir ao usuário uma ação para um problema. - Shannon (1985)	Sistemas que pensam como seres humano - Feigenbaum (Fernandes, 2003)	1945: Surgimento de IA, Warrem macculloch e Walter Pitts, primeiro grande trabalho de IA. Modelos de neurônios artificiais.	Ciência da computação, Linguística, Engenharia, Filosofia, Processo de linguagem neural, Planejamento, Sistemas nebulosos, Visão, Aprendizado de máquina, Redes neurais, Robótica, Sistemas baseados em conhecimento, Psicologia, Biologia e Lógica matemática.
A inteligência artificial são os sistemas de processamento de informações que através ocorre através da utilização da combinação de raciocínio simbólico com os processamentos de dados. - Kerchoff (1986)	Sistemas que atuam como seres humanos - Kurzweil, 1990	1952-1969: Grande progressos, marcado pelo entusiasmo e otimismo. Desenvolvedores conseguem grande sucesso em suas criações.	
A inteligência artificial são tecnologias viáveis que permitem uma nova abordagem para solucionar problemas de decisão. É um programa computacional que limita o comportamento de busca dos especialistas humanos na solução de problemas. - M.S.Fox (1990)	Sistemas que pensam racionalmente - Charniak; Mcdermott (1985)	1966-1979: Sistemas baseados em conhecimento. Stanford desenvolve um programa inteligente capaz de encontrar estruturas moleculares orgânicas.	
Inteligência artificial é estudar a forma de como os computadores podem realizar tarefas em que são melhores feitas pelos humanos. - Rich (1988)	Sistemas que pensam racionalmente - Poole et al., (1998)	1980: Inteligência artificial como indústria. Os sistemas conseguiram abrir portas para as economias das empresas.	
Parte da ciência da computação que é voltada para o desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes que irão se relacionar a inteligência no comportamento do homem. - Feigenbaum (Fernandes, 2003)			

Fonte: Autora (2021).

2.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A indústria 4.0 foi criada na Alemanha a fim de conseguir gerar ganhos na produção que eram de larga escala, mas além disso, também veio para trazer qualidade, flexibilidade, eficiência e velocidade, ajudando na tomada de decisão e ajudando na satisfação dos consumidores.

Através dos nove pilares que são: Big Data e Analytics, Robótica, Simulação, Integração com Sistemas, Internet das Coisa (IoT), Segurança Cibernética, Cloud Computing, Manufatura Aditiva e Realidade Aumentada, a indústria 4.0 consegue garantir o alcance dos resultados que são esperados por ela.

As fases das revoluções industriais foram necessárias para que no século XXI esteja sendo vivenciada a quarta revolução industrial, ou seja, a indústria 4.0 vem sendo estudada e construída de forma simultânea, a fim de agregar cada vez mais benefícios ao setor de serviços e produtos.

Andando junto à indústria 4.0, tem-se a inteligência artificial, que tem se tornado cada vez mais necessária para o mundo e seu desenvolvimento. Essa tecnologia está alinhada aos princípios que são esperados pela indústria 4.0, pois consegue criar ambientes de trabalho mais seguros, aumentar a produtividade, reduzir custos, aumentar a qualidade dos produtos e serviços, trazer respostas ágeis às novas demandas do mercado, além de conseguir trazer novos produtos e serviços mais eficazes.

A inteligência artificial veio com a proposta de se tornar uma das estratégias que são utilizadas pela indústria 4.0, que está em constante evolução, possibilitando o aprendizado de máquinas para executarem tarefas como se fossem seres humanos. É um conceito ainda em busca de seus melhores benefícios, além dos que já estão presentes no mundo.

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo será apresentado a metodologia utilizada no trabalho que irá consolidar o objetivo geral e o problema de pesquisa, sendo assim, este será dividido em: classificação da pesquisa e as fases da metodologia proposta.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é considerada exploratória, pois o tema possui um assunto que ainda tem pouco estudos a seu respeito, assim o trabalho em questão irá proporcionar uma maior familiaridade com o problema em questão: Como ter uma perspectiva sobre inteligência artificial no contexto da indústria 4.0?

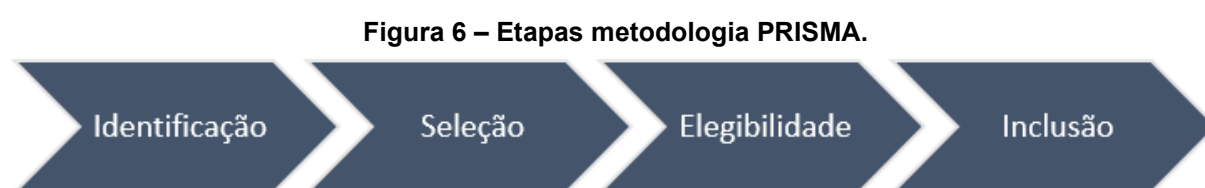
Pesquisas exploratórias observam e compreendem os variados aspectos relativos ao tema estudado, sendo comum ser feito levantamentos bibliográficos. É um fenômeno ainda pouco conhecido sendo difícil de formular hipóteses que sejam precisas e operacionáveis para esclarecimento (GIL, 2017). O Quadro 8 apresenta a classificação da pesquisa de acordo com os seguintes critérios considerado por Cauchick Milguel (2018): natureza, objetivos, abordagem do problema, método de pesquisa e o procedimento de coleta.

Quadro 8 - Características da classificação da pesquisa.

Critério	Classificação	Justificativa
Natureza	Básica	O trabalho tem como objetivo gerar novos conhecimentos dentro da área de inteligência artificial na indústria 4.0, não havendo consolidação de uma aplicação prática.
Objetivos	Exploratória	Proporcionar maior familiaridade com o tema.
Abordagem do Problema	Qualitativa	A pesquisa será descritiva pois os dados serão analisados indutivamente, de acordo com a interpretação observada e no significado em que carregam de acordo com a realidade em que está inserido.
Método de Pesquisa	PRISMA e análise de conteúdo	Tem-se a possibilidade de chegar ao máximo de artigos que tragam pontos relevantes do tema, para se tem um portfólio final.
Procedimento de coleta de dados	Pesquisa bibliográfica	Pesquisa embasada em materiais já publicados. Propicias bases teóricas para auxílio no exercício reflexivo e crítico sobre o tema.

Fonte: Autora (2021).

Para entender a inteligência artificial, o método de pesquisa é baseado em uma revisão sistemática da literatura com o apoio da metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And Meta-Analyses), que tem como propósito analisar e consolidar o objetivo proposto alinhado à natureza da pesquisa, ajudando a melhorar o relato das revisões sistemáticas. A recomendação do método consiste no *checklist* com 27 itens e um fluxograma com quatro etapas (ABATECOLA; MANDARELLI; POGGESI, 2013). Na Figura 6 é apresentado a ilustração do fluxograma das etapas.

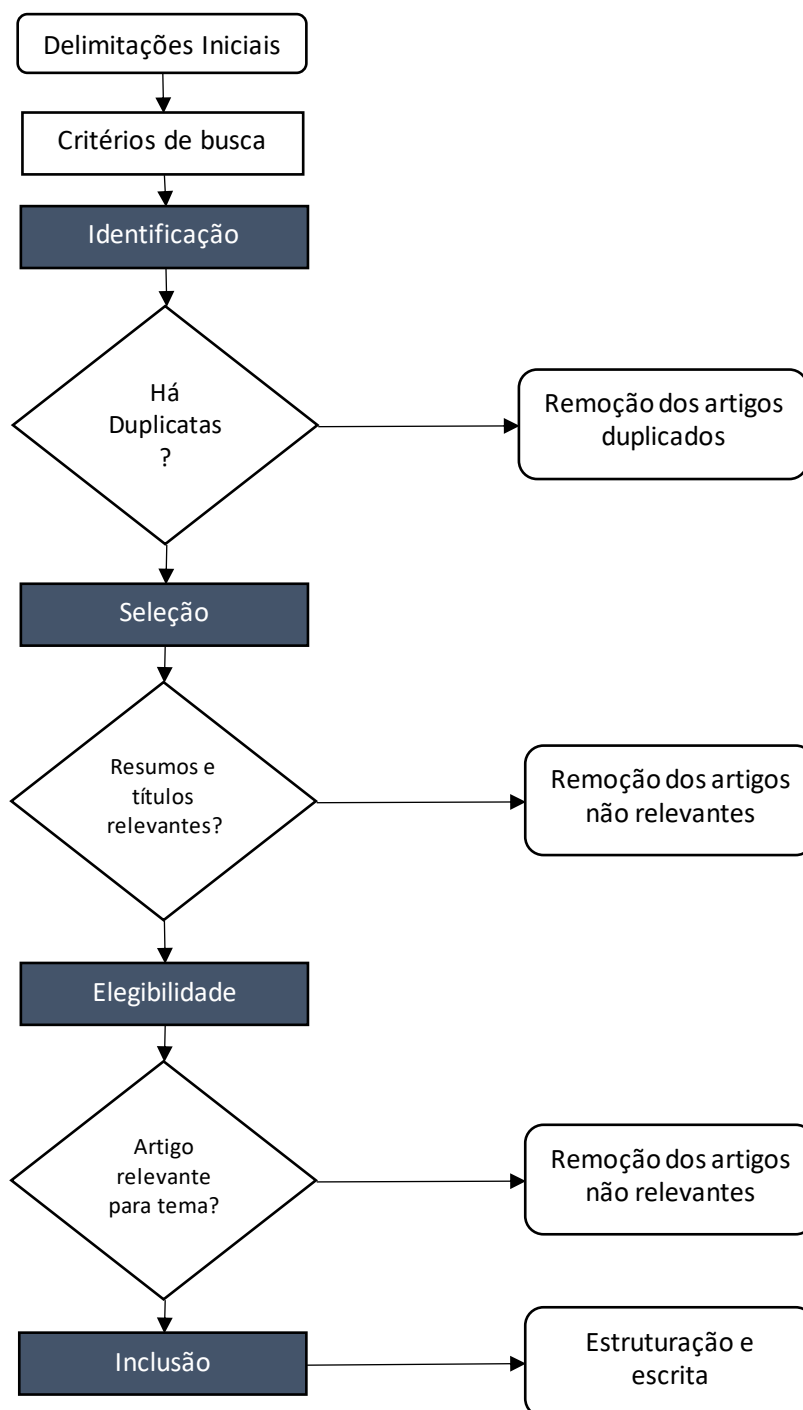


Fonte: Liberati et al. (2009), adaptado pela autora (2021).

A etapa de identificação consiste na fase de pesquisa que busca a quantidade máxima de artigos que sejam relevantes sobre o tema através da busca que ocorre através das bases de dados. A etapa de seleção, trata-se da fase de filtragem onde os artigos são excluídos de acordo com os pontos estabelecidos. A etapa de elegibilidade, ou seja, a fase de leitura, tem como objetivo ler todo o corpo do artigo, fazendo seleção daqueles que estão ligados ao eixo de pesquisa. Última etapa, inclusão, consiste no portfólio final, ou seja, todos os trabalhos que contenham correlação com o objetivo de pesquisa (LIBERATI et al.,2009).

3.2 FASES DA METODOLOGIA

A figura 7 traz um fluxograma ilustrando a etapas que são necessárias para que faça a realização da revisão sistemática da literatura para esse trabalho, com a utilização do método PRISMA.

Figura 7 – Fluxograma das etapas da metodologia PRISMA.

Fonte: Autora (2021).

As formas que se encontram em destaque são as etapas da metodologia PRISMA proposta por Liberati et al. (2009). Nos tópicos a seguir são descritas de forma detalhada as etapas e as fases do fluxograma.

3.2.1 Delimitações iniciais

O primeiro passo é definir o problema de pesquisa a ser analisado, chegando ao tema abordado: identificação da inteligência artificial no contexto indústria 4.0.

Para a realização da busca, os eixos de pesquisas foram Indústria 4.0, Inteligência Artificial e tecnologia, pois são os eixos que definem exatamente os assuntos a serem abordados. O Quadro 9 apresenta os eixos de pesquisa, assim como os termos de busca que são usados pela comunidade científica da área a ser tratada no presente trabalho.

Quadro 9 – Eixos de pesquisa e termos de busca.

Eixo de Pesquisa	Subgrupo	Termos de busca
Inteligência Artificial	1	artificial intelligence
Indústria 4.0	2	industrie 4.0
		industry 4.0
Tecnologia	3	technology

Fonte: Autora (2021).

Após a definição dos eixos de pesquisas e dos termos de busca, foi realizado uma combinação dos subgrupos em palavras chaves, ficando de uma forma eficaz para o momento de busca dos artigos, sendo:

- "artificial intelligence" AND ("industrie 4.0" OR "industry 4.0");
- "artificial intelligence" AND ("industrie 4.0" OR "industry 4.0") AND "technology".

Os estudos que apresentam informações relevantes sobre o assunto podem ser retomados nas bases de dados, as utilizadas foram: *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, estas são as selecionadas pois são utilizadas internacionalmente, mostrando-se mais completas para a coleta de dados científicos publicados, proporcionando amplas combinações de variáveis (LIBERATI; TETZLAFF; ALTMAN, 2009).

3.2.2 Critérios de busca

Antes da busca dos artigos nas bases de dados torna-se importante definir critérios que ajudam a chegar em um portfólio mais exato. Um dos critérios trata-se dos tipos de documentos de pesquisa, onde foi buscado apenas documentos do tipo artigos (articles) e revisões (Review). Outro critério foi a busca dos termos de pesquisa em: títulos, resumos e palavras-chaves.

Também se utilizou de alguns índices booleanos que ajudam durante a busca, sendo os utilizados:

- AND: utilizado entre os termos de buscas de diferentes eixos de pesquisa. Com esse operador é possível mostrar apenas os trabalhos que tenham pelo menos uma palavra-chave de cada grupo;
- OR: utilizado para conectar palavras que estejam dentro de um mesmo subgrupo de pesquisa, tendo como função unir os conjuntos, permitindo que as bases de dados retornem artigos que possuam pelo menos um dos termos de busca.

3.2.3 Identificação

A primeira etapa do fluxograma PRISMA consiste na identificação, ou seja, fase de pesquisa, onde são identificados os registros que tem sobre o tema. A pesquisa foi feita nas bases de dados utilizando os termos de pesquisa e delimitações apresentados anteriormente (3.2.1 e 3.2.2). A Tabela 1 mostra a quantidade de artigos encontrados de acordo com o cruzamento das palavras chaves.

Tabela 1 – Resultado das buscas.

Combinação de palavras-chaves	SCOPUS	WEB OF SCIENCE	SCIENCE DIRECT	Total
"artificial intelligence" AND ("industrie 4.0" OR "industry 4.0") AND "technology"	1211	303	300	1814
"artificial intelligence" AND ("industrie 4.0" OR "industry 4.0")	1233	626	302	2161
Total	2444	929	602	3975

Fonte: Autora (2021).

Nessa etapa foi utilizado o *software* Mendeley Desktop (2020), versão 1.19.8, para organizar as referências, além de conseguir excluir os artigos duplicados, que foram um total de 3975, e realizar a leitura dos títulos e resumos.

3.2.4 Seleção

A seleção, ou fase de filtragem, os artigos foram excluídos de acordo com: duplicidade (realizado no passo anterior, 1.2.3), leitura de títulos e leitura de resumos, que foram realizadas pelo *software* Mendeley após os artigos encontrados serem carregados na Plataforma.

Para um melhor resultado, foi pensado em um corte temporal após a exclusão de duplicata, priorizando artigos que estivessem nos anos a partir de 2011, já que foi nesse ano que se teve a primeira utilização do termo “Indústria 4.0”, porém não houve nenhuma exclusão de artigos por corte temporal, pois devido ao eixo “indústria 4.0” os artigos já foram buscados com anos posteriores a 2011.

Na etapa de leitura do título excluiu-se 962 artigos que não tiveram em seus títulos assunto que abordassem o tema em questão. Após foi feita a leitura dos resumos, onde houve o corte de 94 artigos, que também não havia assunto que fosse contribuir com os objetivos do trabalho, resultando assim em um portfólio de 67 artigos.

Após a leitura na íntegra, foram excluídos 23 artigos chegando ao um portfólio final de 44 artigos. Todos os artigos que foram excluídos não possuíam a relação com o tema foco deste trabalho. Porém, ao todo foram encontrados 26 artigos científicos para *download*, pois o restante não foi encontrado em nenhuma base de dados.

3.2.5 Elegibilidade

A fase elegibilidade, ou fase de leitura, trata-se da leitura na íntegra para se fazer análise de conteúdo, para ter-se a certeza de que o portfólio final apresenta artigos que sejam relevantes para concluir os objetivos definidos. Para isso haverá o auxílio da ferramenta NVivo 12 (versão 2020), para que possa ser feita a leitura e análise dos 32 artigos.

O *software* tem como objetivo organizar a leitura dos artigos, conseguindo conectar trechos que sejam relacionados a um mesmo assunto através dos nós denominados pelo NVivo. Esses nós permitem que seja realizado codificações sendo unificadas em um outro documento para apresentar os pontos que sejam pertinentes ao tema, o que facilita a leitura e a escrita que consolidará os objetivos que foram propostos.

Figura 8 - Interface NVivo 12.

Nome	Arquivos	Referências	Criado em	Criado por	Modificado em	Modificado por
Oportunidades IA	5	7	17/11/2021 20:43	TM	21/11/2021 21:11	TM
Desafios IA	5	5	17/11/2021 20:42	TM	21/11/2021 14:27	TM
IA em Indústria 4.0	3	4	17/11/2021 19:24	TM	21/11/2021 13:59	TM
Funções IA	4	4	17/11/2021 19:18	TM	21/11/2021 14:22	TM
Framework IA	1	1	17/11/2021 19:16	TM	17/11/2021 19:16	TM
IA no mundo	1	1	17/11/2021 19:15	TM	17/11/2021 19:15	TM
Classificações IA	1	1	17/11/2021 19:13	TM	17/11/2021 19:13	TM
Definições IA	2	3	17/11/2021 19:12	TM	17/11/2021 20:22	TM
Nascimento IA	3	4	17/11/2021 19:10	TM	21/11/2021 20:48	TM
Inteligência Artificial	11	16	17/11/2021 19:07	TM	21/11/2021 20:43	TM

Fonte: Autora (2021).

Os nós foram criados se baseando primeiramente na caracterização de IA que foi apresentado durante o capítulo 2, e acrescentado nós que ao fazer a leitura notou-se a necessidade de estar presente na análise de conteúdo para que assim o mapeamento conceitual tivesse uma linha que abordasse IA desde seu início, até chegar ao âmbito da indústria 4.0

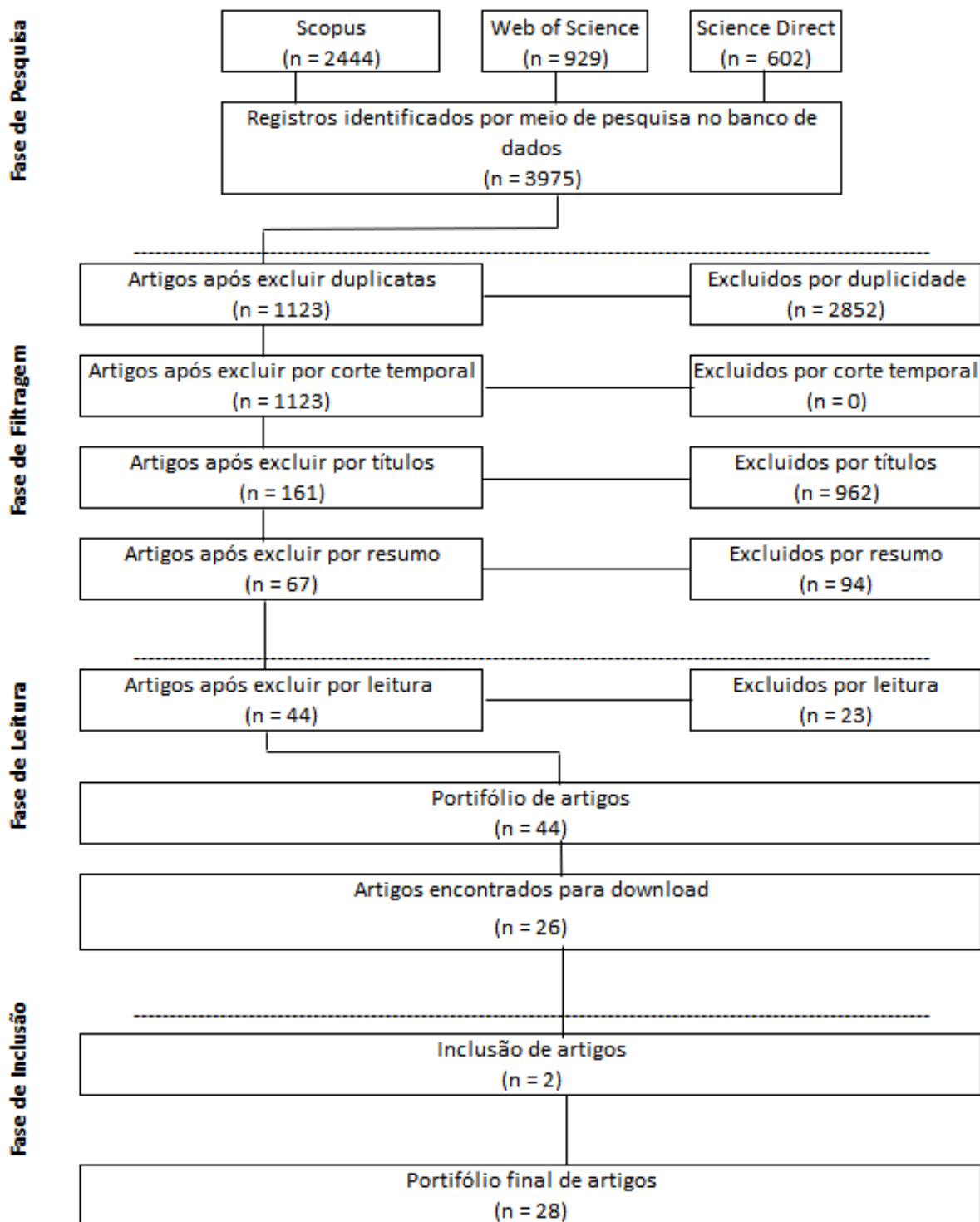
3.2.5 Inclusão

Essa fase consiste em buscar por artigos que foram listados em referências dos trabalhos selecionados e inclui-los ao portfólio de artigos.

A partir do portfólio final foi possível acrescentar 2 referências que ajudarão na construção do conteúdo sobre o tema abordado.

A Figura 9 apresenta o fluxograma PRISMA com a estratégia de busca de artigos.

Figura 9 – Estratégia de busca de artigos (diagrama de fluxo PRISMA).



Fonte: Liberati et al. (2009), adaptado pela autora (2021).

4 RESULTADOS

No total foram encontrados 28 artigos que estavam correlacionados a inteligência artificial no contexto da indústria 4.0, assim, a seguir será realizado uma análise bibliométrica, seguido da análise de conteúdo com os principais pontos dos autores. Após será apresentado as considerações do capítulo seguido do *Framework* teórico de inteligência artificial na indústria 4.0.

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Após a aplicação da metodologia PRISMA, é possível apresentar o portfólio de artigos que serão usados para obter a construção do objetivo geral e específicos (b) e (c).

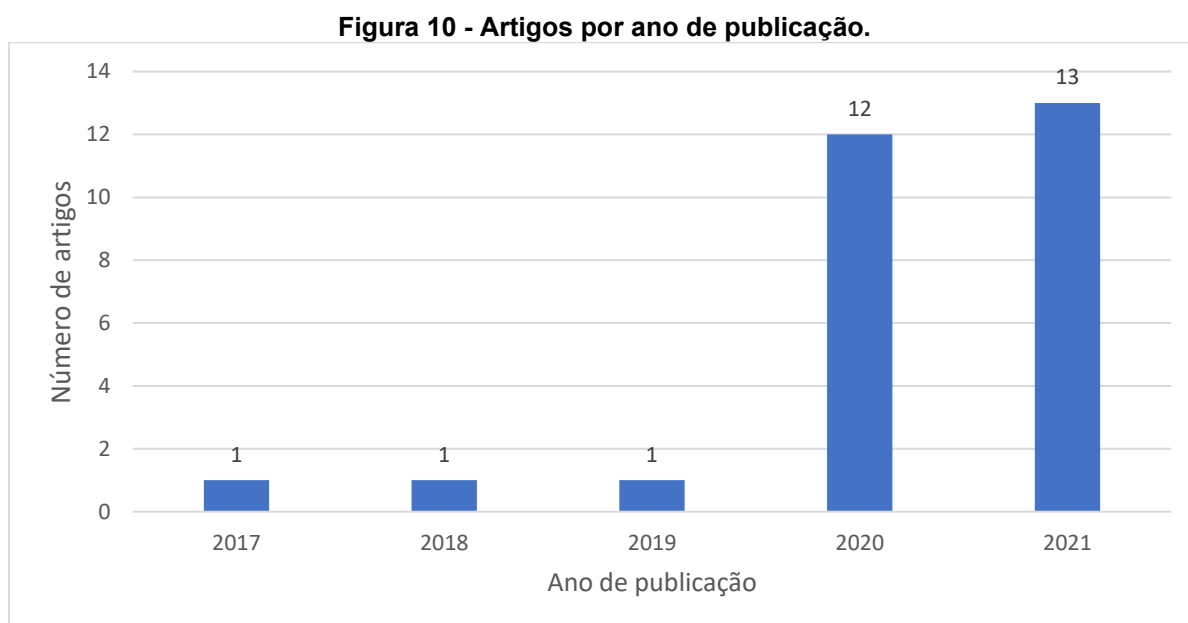
Quadro 10 - Lista do portfólio final de artigos.

Autor	Título	Ano
Li, B.H. et al.	Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review	2017
Lee, J. et al.	Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems	2018
Singh, S. et al.	Internet of Things Transformative effects of iot , Blockchain and Artificial Intelligence on cloud computing : Evolution , vision , trends and open challenges	2019
Aldo, B. and Monachino, D.	Managing knowledge at the time of artificial intelligence : an explorative study with knowledge worker	2020
Alexopoulos, K. et al.	Digital twin-driven supervised machine learning for the development of artificial intelligence applications in manufacturing	2020
Górriz, J.M. et al.	Artificial intelligence within the interplay between natural and artificial computation: Advances in data science, trends and applications	2020
Graglia, M.A.V. and Huelsen, P.G.V.	The sixth wave of innovation : artificial intelligence and the impacts on employment a sexta onda de inovação : inteligência artificial e	2020
Hansen, E.B., Iftikhar, N. and Bøgh, S.	Scienedirect Concept Concept of of easy-to-use easy-to-use versatile versatile artificial artificial intelligence intelligence in in industrial industrial small enterprises	2020
Cioffi, R. et al.	Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Smart Production: Progress, Trends, and Directions	2020

Krupiy, T.(T.	A vulnerability analysis: Theorising the impact of artificial intelligence decision-making processes on individuals, society and human diversity from a social justice perspective	2020
Krupiy, T.(T.	Critical success factors for integrating artificial intelligence and robotics	2020
Krupiy, T.(T.	Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era	2020
Peres, R.S. et al.	Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 -Systematic Review, Challenges and Outlook	2020
Soni, N. et al.	Artificial Intelligence in Business: From Research and Innovation to Market Deployment	2020
Woschank, M. et al.	A review of further directions for artificial intelligence, machine learning, and deep learning in smart logistics	2020
Dwivedi, Y.K. et al.	Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy	2021
Hansen, E.B. and Bøgh, S.	Artificial intelligence and internet of things in small and medium-sized enterprises: A survey	2021
Holton, R. and Boyd, R.	'Where are the people? What are they doing? Why are they doing it?'(Mindell) Situating artificial intelligence within a socio-technical framework	2021
Luis Ruiz-Real, J. et al.	Artificial intelligence in business and economics research: trends and future	2021
Kitsios, F. and Kamariotou, M.	Artificial intelligence and business strategy towards digital transformation: A research agenda	2021
Kitsios, F. and Kamariotou, M.	Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda	2021
Kitsios, F. and Kamariotou, M.	Impact of artificial intelligence on industry AI led organizations	2021
Mhlanga, D.	Artificial intelligence in the industry 4.0, and its impact on poverty, innovation, infrastructure development, and the sustainable development goals: Lessons from emerging economies?	2021
Mijwil, M.M. and Abttan, R.A.	Artificial Intelligence: A Survey on Evolution and Future Trends	2021
Radanliev, P. et al.	Artificial Intelligence and the Internet of Things in Industry 4.0	2021
Ribeiro, J. et al.	Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review	2021
Roberto, V. et al.	Implications of embedded artificial intelligence - machine learning on safety of machinery	2021
Roberto, V. et al.	Trust in artificial intelligence within production management – an exploration of antecedents	2021

Fonte: Autora (2021).

Após ter os dados dos artigos a disposição, é possível verificar a cronologia das publicações, assim como é mostrado na figura 10.



Fonte: Autora (2021).

O trabalho em questão teve sua pesquisa feita no ano de 2021, e nota-se que historicamente, a maioria dos trabalhos do portfólio final foram publicados nos anos de 2020 e 2021. O ano de 2021 é o que possui maior quantidade de publicações, podendo ser ainda maior já que estes dados estão sendo coletados no mês de novembro e 2021.

É possível através de uma análise ver quais são as palavras chaves mais citadas pelos autores. A Figura 11 apresenta a frequência das palavras chaves usadas, sendo as de maior destaque as palavras de mais reincidência entre os autores.

Figura 11 - Frequência de palavras chaves usadas pelos autores.

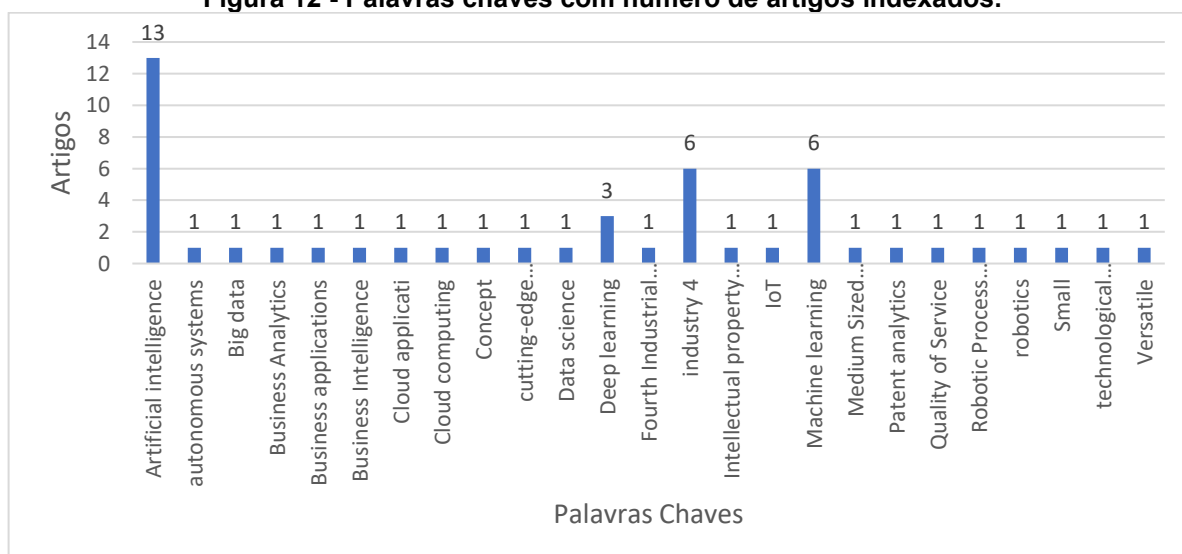


Fonte: Autora (2021).

Com Figura 11, é possível ser feita uma comparação à Figura 3, que apresentou a frequência de palavras para definir inteligência artificial. As principais palavras em comum em ambas as imagens são: inteligência, máquina, tecnologia. Assim é possível confirmar as palavras usadas na caracterização de IA que foi apresentado no capítulo 2.

A Figura 12 apresenta a quantidade de vezes em que a palavra-chave apareceu em um dos artigos do portfólio final.

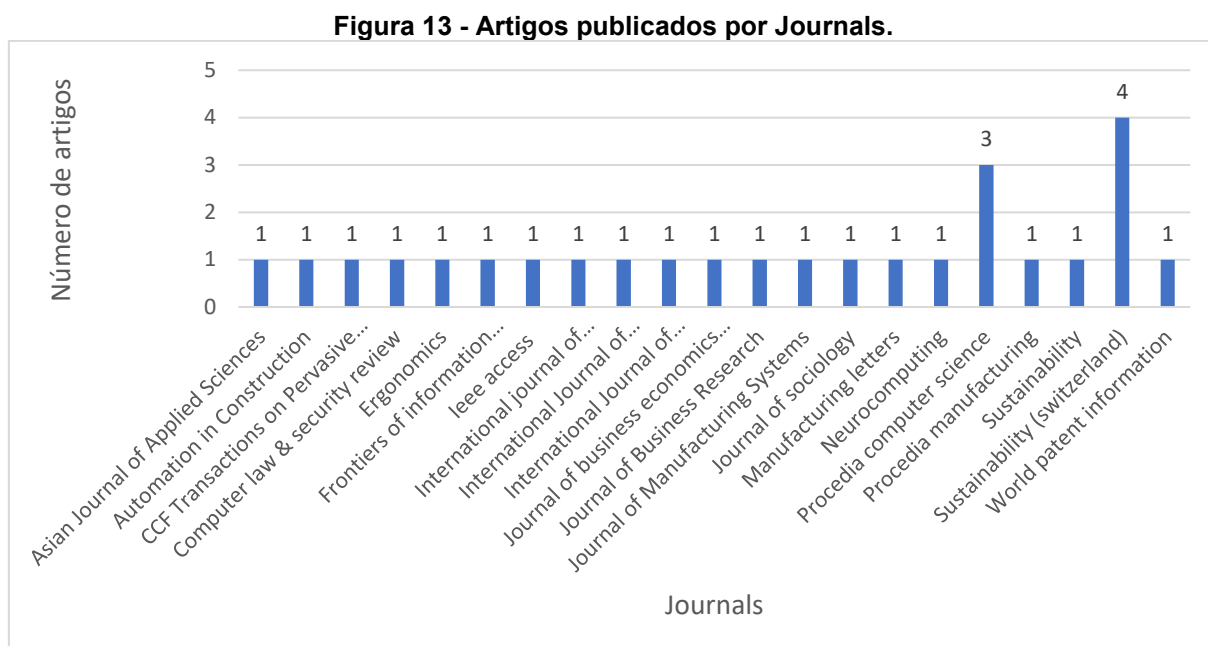
Figura 12 - Palavras chaves com número de artigos indexados.



Fonte: Autora (2021).

As palavras *Artificial Intelligence*, *Industry 4* e *Machine learning* são as que possuem maior número de repetições como palavras chaves nos trabalhos em análises.

Também foi feita uma análise de acordo com os meios de publicações dos artigos, assim como é mostrado na Figura 13.



Fonte: Autora (2021).

Nota-se que os journals com maior número de artigos publicados dentro do portfólio final é: Sustainability (Switzerland) com 4 artigos, seguindo de Procedia manufacturing com 3 artigos. Assim, para estudos futuros sobre o tema de inteligência artificial e indústria 4.0, esses journals podem ser uma porta de entrada para outros trabalhos que venham a contribuir com o assunto.

Um ponto interessante a ser notado, é que o journals com maior incidência de artigos que esteve no portfólio final, é journal sobre sustentabilidade, mostrando como inteligência está presente em diversos segmentos, e de como isso pode indicar um aumento do uso da tecnologia voltado para sustentabilidade.

A inteligência artificial consegue ser uma oportunidade única para a humanidade enfrentar problemas socioambientais, podendo ser aproveitada em diversos setores e situações econômicas, conseguindo contribuir com o gerenciamento de impactos ambientais e mudanças climáticas. Alguns exemplos de

aplicação de IA e sustentabilidade são: cadeia de suprimentos sustentáveis, melhor previsão de desastres, monitoramento e fiscalização ambiental, agricultura de precisão, dentre outros (ECYCLE, 2021).

4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Com o portfólio final de artigos é possível ser feita uma análise de conteúdo partindo do princípio de atingir os seguintes objetivos:

- Objetivos específicos (b) e (c):
 - Identificar as principais interações, características e as tecnologias de inteligência artificial;
 - Analisar sobre a influência da inteligência artificial no contexto da indústria 4.0, com os desafios e oportunidades.

A partir da análise é possível chegar aos principais pontos do tema em questão: Inteligência Artificial. Assim como, ter um estudo da arte, ou seja, conseguir entender como está a produção de conhecimento científico a respeito de inteligência artificial no contexto da indústria 4.0, conseguindo ser feito um levantamento, mapeamento e análise dos principais artigos que foram identificados sobre o tema.

4.2.1 Concepção sobre IA

Em estudos feitos pela Lambda3, uma empresa que é referência no setor tecnológico, é mostrada a percepção dos brasileiros sobre inteligência artificial. Foram realizadas duas pesquisas sendo, uma em 2017 logo após o lançamento do Watson no Brasil (inteligência artificial da IBM), e em 2018 com o objetivo de entender o que mudam na visão da sociedade sobre esse assunto nesse intervalo de tempo. Dentre as principais lembranças que remetem a IA, são:

- Rede Neurais (28% das menções);
- Robôs (26% das menções);
- Deep Learning (10,5% das menções);
- Ficção científica (7% das menções).

O resultado da pesquisa apontou que houve uma crescente relação do brasileiro com inteligência artificial, levando em consideração principalmente recursos que são usados no dia a dia. Também houve a pergunta de quais empresas são lembradas ao pensar em inteligência artificial, e o ranking respectivamente foi: Google, IBM, Microsoft, Amazon e Facebook (NOGARE; LONGARINI; GOMES; SANTOS; VENTURIM, 2021).

Em um evento chamado Gartner feito em outubro de 2018 feito por Symposium/Ixpo, mostrou que a inteligência artificial estaria com mais evidência a partir de 2019, já que as principais tecnologias pesquisadas eram: Internet da Coisas (IoT), *Chatsbots* e *Data Science*, sendo procuradas por empresas que estavam desejando se preparar para o mercado até 2020.

Em uma pesquisa feita pelo Capterra, onde foi analisado sobre a adoção de IA no país, mostra como a tecnologia teve seu uso acelerado durante a pandemia de covid, em 2020. O estudo foi feito com pacientes do país todo sobre a familiaridade com a inteligência artificial na saúde, e em um primeiro momento teve como resultado que 61% dos entrevistados não haviam tido contato com um *chatbot* de inteligência artificial (ROSSI, 2021).

4.2.2 Inteligência artificial

A tecnologia teve seu início na década de 1950 quando começaram as discussões sobre “máquinas pensantes”. Neste mesmo ano, Alan Mathison, publicou um artigo sobre “Máquinas e inteligência da computação”, propondo um teste que detectasse se o respondente é um humano ou uma máquina (MIR; SHARMA; KAR; GUPTA, 2020).

Porém, John McCarthy que é conhecido como o pai de IA, em 1955 ele estudou a fundo sobre máquinas pensantes lançando um projeto denominado como “Inteligência Artificial”, se concentrando na questão de como um computador pode ser programado para usar: linguagem, autoaperfeiçoamento, abstração, aleatoriedade e criatividade (MIR; SHARMA; KAR; GUPTA, 2020).

A inteligência artificial é uma tecnologia disruptiva que tem mudado o modelo de atuação das empresas em cada uma de suas funções, a tecnologia consegue mudar o modelo de relações de trabalho. No relatório da MIT Sloan Management

Review (2017), mostra que 85% dos CEOs consultados, acreditam que as tecnologias de IA oferecem vantagens competitivas (RUIZ-REAL; URIBE-TORIL; TORRES; PABLO, 2020).

Os conceitos e as tecnologias que abrangem a indústria 4.0 garante que haja desenvolvimento contínuo de todas as entidades, sendo micro ou macro econômica, se concentrando na interconectividade, digitalização e automação, dessa forma, nesse contexto, a inteligência artificial é vista como uma tecnologia grande para se ter produção inteligente (WOSCHANK; RAUCH; ZSIFKOVITS, 2020).

Dentro do portfólio em estudo é possível verificar que cada autor tem sua definição e seus conceitos para inteligência artificial. Dessa forma, o Quadro 11 traz a abordagem de alguns autores.

Quadro 11 - Conceitos de Inteligência Artificial de acordo com autores do portfólio final.

Conceitos de Inteligência Artificial	Autor (ano)
A investigação do comportamento inteligente de resolução de problemas e a criação de sistemas inteligentes sistemas de computador. Em outras palavras, AI descreve os processos de trabalho de máquinas que exigiria inteligência se realizada por humanos.	Gerlind wisskirchen et al. (2017).
Inteligência artificial é um conceito definido como um sistema capacidade de interpretar corretamente os dados externos, de aprender com esses dados e de usar esse aprendizado para alcançar objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível.	Nikitas, Michalakopoulou, Njoya e Karampatzakis (2020).
Definimos IA como uma tecnologia industrial que permite máquinas resolver problemas complexos de maneira semelhante aos humanos, aprendendo com os dados, raciocinando com base em restrições contextuais, replicando o conhecimento empresarial explícito e implícito, adaptando-se às mudanças nos ecossistemas internos e externos e prevendo futuros cursos de ações para auxiliar a tomada de decisão.	Mir, Sharma, Kar e Gupta (2020).
Um sistema de IA é que ele aprende autonomamente ao ser exposto ao seu ambiente e faz mudanças em seu modelo do ambiente externo com base nas mudanças percebidas no ambiente.	Krupiy (2020).
Os sistemas de inteligência artificial são os mais novos procedimentos de gestão de conhecimento proeminentes, sendo projetados para facilitar processos da empresa "replicadores" de mecanismos, normalmente adotados por humanos, para realizar as tarefas da empresa de forma imediata e eficiente.	Manuti e Monachino (2020).

A inteligência artificial é uma tecnologia que se refere a computadores, ou a máquinas que sejam suportadas por computadores, que tem a capacidade de entender algoritmos. Essa habilidade permite que a tecnologia tenha a capacidade de ter uma personalidade humana, conseguindo compreender, encontrar soluções, obter significado e aprender com a experiência anterior.	Mijwil; abttan (2021).
A tecnologia é conhecida por sua capacidade de aprender com as experiências, se ajustar a novas entradas e implementar tarefas semelhantes às humanas, conseguindo assim, ser uma entidade da inovação com o potencial mais significativo para ruptura.	Kitsios; kamariotou (2021).
Inteligência artificial (AI) é definida como "a capacidade de uma unidade funcional de realizar funções geralmente associadas à inteligência humana, como raciocínio e aprendizagem.	Anastasi, Madonna e Monica (2021).
No futuro, a inteligência artificial auxiliará as tarefas cognitivas na produção gestão da ação. A fim de tomar boas decisões, os humanos confiam na IA tem que ser bem criado. Para interações humanas-IA confiáveis, é benéfico que os humanos percebam a IA subjetivamente como capazes e compreensíveis e que eles próprios são digitalmente competentes.	Saßmannshausen, Burggräf, Wagner, Hassenzahl, Heupel e Steinberg (2021).

Fonte: Autora (2021).

Os autores tem bastante em comum nos seus conceitos sobre IA, a questão de a tecnologia ser um sistema que aprende e interpreta dados, de modo a parecer com a inteligência humana, ou seja, IA permite que máquinas sejam capazes de desenvolverem algumas tarefas que seriam desenvolvidas por humanos.

Nesse quadro é possível reafirmar a comparação feita entre as figuras 3 e 11, que trouxeram as principais palavras para definir IA, e as palavras chaves usadas nos artigos sobre esse tema. O quadro traz match com o que foi apresentado anteriormente, ou seja, a definição de IA tem as mesmas percepções desde seu surgimento em 1955 até 2021, havendo apenas diferentes formas de ser ditas.

Um programa de inteligência artificial tem um armazenamento suficiente para resolver problemas que sejam complexos, onde humanos não conseguem resolver. É possível que essas máquinas sejam capazes de avaliar e analisar dados para realizar tarefas da mesma maneira que um humano (MIJWIL; ABTTAN, 2021).

No início da tecnologia de IA, a maior dificuldade era conseguir executar atividades que são facilmente executadas por humanos, porém difíceis de explicar em relação a princípios matemáticos. Aqui viu-se a necessidade de obter a habilidade de

aprendizado de máquina, pois essa permite que ferramentas baseadas em computador identifiquem diretamente as tendências de dentro e de fora dos dados (KITSIOS; KAMARIOTOU, 2021).

Com o avanço de IA, houve a criação de algoritmos de aprendizado de máquina, onde uma pessoa deve projetar de forma manual os recursos que o algoritmo pode usar para apresentar um mapeamento de recursos.

A evolução de IA e seu avanço para vários campos, dá-se a três principais princípios, sendo: o grande volume de dados, melhores algoritmos e computadores consideravelmente melhorados. Com esses avanços é possível que uma tecnologia de IA alcance melhoria de desempenho, como resultados de: velocidade, flexibilidade, personalização, escala, inovação e tomada de decisão (KITSIOS; KAMARIOTOU, 2021).

Dentro dos principais benefícios oferecidos, estão: maior inovação, otimização de processos, otimização de recursos e melhoria da qualidade. Também há a questão de a tecnologia estar transformando a economia e a sociedade, isso nota-se, devido a 340.000 pedidos de patentes sobre inteligência artificial desde 1950 (CIOFFI; TRAVAGLIONI; PISCITELLI; PETRILLO; FELICE, 2020).

A inteligência artificial possui subcampos que têm se tornados importantes para as tecnologias, sendo: aprendizado de máquina, processamento de linguagem neural, processamento de imagem e mineração de dados. O uso da tecnologia está presente em diversos campos: fabricação inteligente, ciência médica, jogos, negócios, agricultura, dentre outros (CIOFFI; TRAVAGLIONI; PISCITELLI; PETRILLO; FELICE, 2020).

No ano de 1973, Firschein e Coles, fizeram uma lista com vinte e um produtos hipotéticos que seriam resultados da inteligência artificial na década de 1990. Assim, Soni, Sharma, Singh e Kapoor (2020) desenvolveu uma tabela onde é mostrado alguns produtos que foram previstos por eles, e que se tornaram realidade. A tabela mostra de forma traduzida para o português a tabela 2 de Soni, Sharma, Singh e Kapoor (2020).

Tabela 2 - As tecnologias de IA previstas em 1973 com definições e a realidade de hoje.

Produtos postulados	Habilidades propostas (Firschein 1973)	A realidade de hoje
Tradutor automático de linguagem	“Dispositivo de tradução de idiomas capaz de traduzir textos de alta qualidade de um idioma estrangeiro para outro. (Material técnico e comercial).”	Google Translator, Bing Microsoft Translator
Sistema de identificação automática	“Sistema para determinar automaticamente a identidade de uma pessoa, reconhecendo sua voz, impressões digitais, rosto, etc”	Apple Face ID, verificação de identidade Mastercard com NuData Security.
Diagnosicador automático	“Um sistema capaz de diagnóstico médico interativo e / ou automático com base na consulta ao paciente, exame de testes biológicos, etc.”	Qualcomm Tricorder, Medtronic Sugar.IQ Cognitive App em colaboração com IBM Watson.
Robôs industriais	“Um robô industrial autônomo capaz de inspeção e montagem de produtos em uma fábrica automatizada, usando habilidades visuais e manipulativas.”	Robôs de armazém Kiva, robôs inteligentes FANUC, robôs Mitsubishi
Motorista robô	“Carros robóticos capazes de operar nas ruas normais da cidade e rodovias rurais, usando sensores visuais”	Google Waymo, MercedesBenz E-Class, Volvo XC60
Jogador de jogo universal	“Um sistema capaz de jogar xadrez, damas, kalah, go, bridge, scrabble, monopólio, etc., em um nível controlável de proficiência, do nível mestre ao novato.”	AlphaGo, Deep Blue

Fonte: Soni, Sharma, Singh e Kapoor (2020), adaptado pela autora (2021).

A inteligência artificial tem uma maior aderência em empresas grandes, mas isso não significa que fica restrito a elas. Tem-se essa ideia pois quando estudado a maturidade para a indústria 4.0, não é considerado adequado para as pequenas e médias empresas. Para isso, tem o conceito chamado de IA Box que permite PMEs a utilizarem tecnologia da indústria 4.0, estando entre elas a inteligência artificial (HANSEN; IFTIKHAR; BØGH, 2020).

O objetivo do conceito IA Box, é levar tecnologias da indústria 4.0 para pequenas e médias empresas, através do uso de ferramentas versáteis e fáceis de usar, tendo vários modelos integrados de aprendizado de máquina, lidando com diferentes tipos de dados de medição (HANSEN; IFTIKHAR; BØGH, 2020).

O uso de IA torna a indústria de manufatura inteligente e capaz de enfrentar desafios modernos como requisitos personalizáveis, tempo reduzido para chegar ao mercado e aumento do número de sensores usados em equipamentos, reduzindo custos e melhorando a qualidade dos produtos e serviços, princípios fundamentais da inteligência artificial e indústria 4.0 (RIBEIRO; LIMA; ECKHARDT; PAIVA, 2021).

A inteligência artificial está entrando rapidamente em padrões dependentes de domínios e podendo substituir o trabalho em uma ampla gama de tarefas cognitivas não rotineiras, a tecnologia consegue ter impactos nas estruturas de trabalho, na economia e na sociedade (GRAGLIA; VON HUELSEN, 2020).

Uma característica da recepção cultural da IA é sua integração na vida cotidiana através do hábito. Ter o uso generalizado faz com que se torne a tecnologia se torne natural conseguindo atingir a um patamar maior, tendo um crescimento no interesse (HOLTON; BOYD, 2019).

4.2.3 Funções IA

As tecnologias de inteligência artificial têm conseguido atender às necessidades dos indivíduos, em médias e grandes empresas, que fazem seu uso nos produtos, aproveitando as oportunidades oferecidas pela tecnologia de realizarem análises avançadas em grandes dados, além de conseguir melhorar o desempenho dos produtos e serviços (GÓRRIZ; RAMÍREZ; ORTÍZ; MARTÍNEZ-MURCIA; SEGOVIA; SUCKLING; LEMING; ZHANG; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ; BOLOGNA, 2020).

A inteligência artificial consegue ter um campo bastante amplo e multidisciplinar, conseguindo estar incluso em estudos de ciências como: engenharia da computação, eletrônica, controle, mecatrônica, programação, filosofia, astronomia e medicina (MIJWIL; ABTTAN, 2021).

Quando as organizações adotam tecnologias de IA, conseguem criar valor a vários componentes da organização: envolvimento dos consumidores e funcionários, automação de processos, obtenção de conhecimento de dados para tomada de decisão, desenvolvimento e lançamento de novos produtos e serviços (KITSIOS; KAMARIOTOU, 2021).

Quando se trata do aprendizado de máquina e aprendizado profundo, existem três paradigmas (HANSEN; BØGH, 2021):

- Aprendizagem supervisionada: usado para separar diferentes classes, conseguindo classificar um novo objeto;
- Aprendizagem não supervisionada: os dados não possuem rótulos, assim não há um padrão conhecido e ainda sim precisa ser encontrado;

- Aprendizado por esforços: o algoritmo aprende seu objetivo através de tentativa e erro, obtendo recompensas e punições com base em suas decisões.

A inteligência artificial com as suas funções de aprendizagem profunda e a capacidade de poder ser empregada como uma ferramenta que, capacita as máquinas a resolverem problemas, ajudam a estabelecer uma nova era (NIKITAS; MICHALAKOPOULOU; NJOYA; KARAMPATZAKIS, 2020).

Dentre as ricas atividades de IA tem como principais áreas processamento de imagem, robótica, aprendizado de máquina, dentre outros, tendo como elementos chaves: big data, tecnologia analytics, nuvem, domínio de conhecimento e evidências (LEE; DAVARI; SINGH; PANDHARE, 2018).

4.2.4 Desafios e oportunidades IA

A inteligência artificial pode afetar as partes interessadas, como: (1) as partes interessadas internas, onde pode haver implicações para as empresas que usam IA para a força de trabalho e gestão; e (2) as partes interessadas externas, onde as implicações estão para questões de tendências futuras de IA, pois pode haver implicações por parte dos clientes, fornecedores, sociedade, governo, e outros grupos de interesse (LOUREIRO; GUERREIRO; TUSSYADIAH, 2021).

A implementação de uma tecnologia IA pode apresentar desafios tanto para o governo como para as organizações à medida que o escopo e as aplicações forem aumentando, fazendo com que o uso de IA se torne mais comum. A tabela 3 traz os desafios de IA da literatura de acordo com alguns autores (DWIVEDI; HUGHES; ISMAGILOVA; AARTS; COOMBS; CRICK; DUAN; DWIVEDI; EDWARDS; EIRUG, 2021).

Tabela 3 - Desafios de IA da literatura.

Desafio AI	Detalhes	Autores
Desafios sociais	Educação do paciente / clínico; Barreiras culturais; Direitos humanos; Perfis de doenças específicos de cada país; Expectativas irrealistas em relação à tecnologia de IA; Práticas médicas específicas do país e conhecimento insuficiente sobre os valores e vantagens das tecnologias de IA.	Xu et al. (2019), Sun e Medaglia (2019), Riss (2019).
Desafios econômicos	Acessibilidade das despesas computacionais necessárias; Custos elevados do tratamento para os pacientes; Custo alto e lucros reduzidos para hospitais; Desafios éticos, incluindo: falta de confiança em relação à tomada de decisão baseada em IA e uso antiético de dados compartilhados.	Reza Tizhoos e Pantanowitz (2018), Sun e Medaglia (2019), Bughin et al. (2018).
Desafios de dados	Falta de dados para validar os benefícios das soluções de IA; Quantidade e qualidade dos dados de entrada; Transparência e reprodutibilidade; Obstáculos de dimensionalidade; Tamanho insuficiente do pool de dados disponível; Falta de integração e continuidade de dados; Falta de padrões de coleta de dados; Formato e qualidade; Falta de integração e continuidade de dados e falta de padrões para a coleta de dados; Formato e qualidade.	Xu et al. (2019), Reza Tizhoos e Pantanowitz (2018), Varga-Szemes, Jacobs e Schoepf (2018), Sun e Medaglia (2019).
Desafios organizacionais e gerenciais	Realismo da IA; Melhor compreensão das necessidades dos sistemas de saúde; Resistência organizacional ao compartilhamento de dados; Falta de talento interno em IA; Ameaça de substituição de mão de obra humana; Falta de estratégia para o desenvolvimento de IA; Falta de talento interdisciplinar; Ameaça de substituição de mão de obra humana.	Reza Tizhoos e Pantanowitz (2018), Khanna et al. (2013), Sun & Medaglia (2019).
Desafios tecnológicos e de implementação de tecnologia	Natureza não booleana das tarefas de diagnóstico; Ataques adversários; Falta de transparência e interpretabilidade; Projeto de sistemas de IA; Segurança de IA; Especialização e expertise; Big data; Problemas de arquitetura e complexidades na interpretação de dados não estruturados.	Reza Tizhoos e Pantanowitz (2018), Cleophas e Cleophas (2010), Kahn (2017), Cheshire (2017), Thrall et al. (2018).
Desafios políticos, jurídicos e de política	Questões de direitos autorais; Governança de sistemas de inteligência autônomos; Responsabilidade e prestação de contas; privacidade / segurança; Ameaças à segurança nacional de empresas estrangeiras que coletam dados confidenciais, Ausência de regras de responsabilidade no uso de IA; Recursos humanos dispendiosos ainda legalmente exigidos para responder pelas decisões baseadas em IA; Falta de padrões oficiais da indústria de uso de IA e avaliação de desempenho.	Gupta e Kumari (2017), Zatarain (2017), Wirtz, Wey-erer e Geyer (2019), Sun e Medaglia(2019).
Desafios éticos	Responsabilidade e explicação da decisão tomada pela AI; processos relacionados a IA e comportamento humano, compatibilidade de máquina com julgamento de valor humano, dilemas morais e discriminação de IA.	Sun e Medaglia(2019), Duanet al., (2019), Gupta e Kumari (2017), Bostrom & Yudkowsky (2011).

Fonte: Dwivedi et al., adaptado pela autora (2021).

Segundo Mhlanga (2021), estudando alguns artigos nota-se que pesquisadores se argumentam se com esse crescimento contínuo da automação, robôs e computadores, se estes, ocuparão os empregos de trabalhadores dentro das indústrias, tornando um fator preocupante para o aumento de empregos de baixa qualificação ou de baixa remuneração (MHLANGA, 2021).

Também há a preocupação em implementar essa tecnologia, devido à falta de evidências suficientes de aplicações de sucesso de IA na indústria, mas ainda assim, há esforços na pesquisa para mostrar as conclusões da sua implementação assim como seus benefícios (PERES; JIA; LEE; SUN; COLOMBO; BARATA, 2020).

Ainda que há essa preocupação de aumentar as tensões sociais, Schwab argumenta que a questão de desigualdade não é exclusiva da indústria 4.0, já que em outras revoluções também começaram com desigualdade seguida de períodos de mudanças políticas e institucionais (MHLANGA, 2021).

Um dos desafios está na questão de como os direitos civis das pessoas podem ser preservados quando há um sistema de IA que gerencia certas atividades que são desenvolvidas principalmente por funcionários públicos (RUIZ-REAL; URIBE-TORIL; TORRES; PABLO, 2020).

Para se ter sucesso com as tecnologias de inteligência artificial em diversos campos, é necessário requerer a técnicas novas e tradicionais da inteligência artificial, conseguindo ter uma melhor compreensão e aproveitamento dos grandes conjuntos de dados, além de ter a capacidade de construir novos modelos com uma certa variedade de cenários que estejam em condições complexas (GÓRRIZ; RAMÍREZ; ORTÍZ; MARTÍNEZ-MURCIA; SEGOVIA; SUCKLING; LEMING; ZHANG; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ; BOLOGNA, 2020).

A inteligência artificial tem sido uma das forças motrizes para a automação industrial e o conceito de fábrica inteligente. Isso tem feito com que a automação industrial mude em direção à manutenção preditiva e qualidade, além da interação humano-máquina e cadeias de suprimentos adaptativas. Assim, nota-se como o mundo industrial está lentamente se acostumando com a indústria 4.0, porém o mundo já está evoluindo para indústria 5.0 (RADANLIEV; ROURE; NICOLESCU; HUTH; SANTOS, 2021).

As tendências enxergadas como oportunidades na área da inteligência artificial são: aprendizado de máquina, aprendizado ativo e aprendizado supervisionado; big data, agentes de inteligência e inteligência de negócios; mídia social e Twitter; a Internet das Coisas, tecnologia e robôs (automação); ética e sustentabilidade; análise preditiva, tomada de decisão em grupo, avaliação do ciclo de vida, algoritmos, modelagem e lógica *fuzzy* (RUIZ-REAL; URIBE-TORIL; TORRES; PABLO, 2020).

Estudos mostram que os benefícios da tecnologia terão níveis maiores de adoção em diversas aplicações, como: na manufatura, saúde, *marketing*, interesses acadêmicos, dentre outros. Quanto mais a produção se tornar automatizada maior as chances de as indústrias migrarem para plataformas mais inteligentes através do uso de IA (DWIVEDI; HUGHES; ISMAGILOVA; AARTS; COOMBS; CRICK; DUAN; DWIVEDI; EDWARDS; EIRUG, 2021).

A tabela 4 mostra dentre as principais tendências futuras e suas implicações, segundo o artigo “*Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda*”, que fez uma compilação em uma tabela após estudo das tendências, assim tem-se:

Tabela 4 - Tendências futuras em IA.

Tipo de tendência	Resumo da tendência	Implicações
Robôs e sistemas automatizados	O desenvolvimento de sistemas automatizados avançados para lidar com as tarefas diárias	Perda de trabalho (trabalhos repetitivos); Satisfação no Trabalho (trabalhos criativos); Engajamento e satisfação do cliente
BCI e DBS	Integração de neuro estimuladores e nano chips no cérebro para permitir a comunicação bidirecional	Transumanismo; Desempenho no trabalho; engajamento das partes interessadas; bem-estar humano
IoT e IA integrados	Dispositivos inteligentes conectados a sistemas de IA para maximizar a eficiência e relacionamentos	Cidades mais sustentáveis; Lucros aumentados
Lei e Ética	Definição de códigos éticos e normas legais para regular a IA	Agentes de IA, híbridos (meio humano, meio robô) e humanos irão coexistir na sociedade e no trabalho, portanto, sem regulamentação a sociedade pode se tornar caótica.
	AI se tornando mais inteligente que os humanos	Os seres humanos perdem o controle sobre as infraestruturas de suporte à vida humana e da sociedade

* interfaces cérebro-computador (BCI)

* estimulação cerebral profunda (DBS)

Fonte: Loureiro et al. (2021), adaptado pela autora (2021).

Segundo Conde e Twinn, a inteligência artificial tem mudado a economia mundial, estimando que seus avanços, até 2030, podem adicionar cerca de treze trilhões à economia de produção. A tecnologia tem conseguido melhorar a certeza e a confiabilidade de infraestruturas, assim como também sido provado que IA pode ajudar até resolver a questão de pobreza no mundo, através de imagens de satélites que ajudam a mapear a pobreza (MHLANGA, 2021).

Uma das maiores oportunidade é integrar IA para robôs, ainda que seja uma integração nada fácil, pois cada tecnologia foi desenvolvida para resolver diferentes conjuntos de problemas, mas ainda assim, atrai atenção pelo potencial benefícios que ambas tecnologias carregam (MIR; SHARMA; KAR; GUPTA, 2020).

Ter um espaço de trabalho digital permite que os funcionários trabalhem tanto em físico como em ciberespaço, o que facilita o aumento de produtividade, ajudando os funcionários a economizar deslocamentos desnecessários, ter flexibilidade, além de haver capacitação de gerenciamento de trabalho e conseguir colaborar sem que haja restrição de tempo e local (MALIK; TRIPATHI; KAR; GUPTA, 2021).

Também há por parte da tecnologia o auxílio e o aprimoramento no desempenho humano e várias partes do gerenciamento de operação, como: eficiência organizacional, qualidade, satisfação do cliente, além do retorno do investimento ao mesmo tempo que capacita os funcionários (MALIK; TRIPATHI; KAR; GUPTA, 2021).

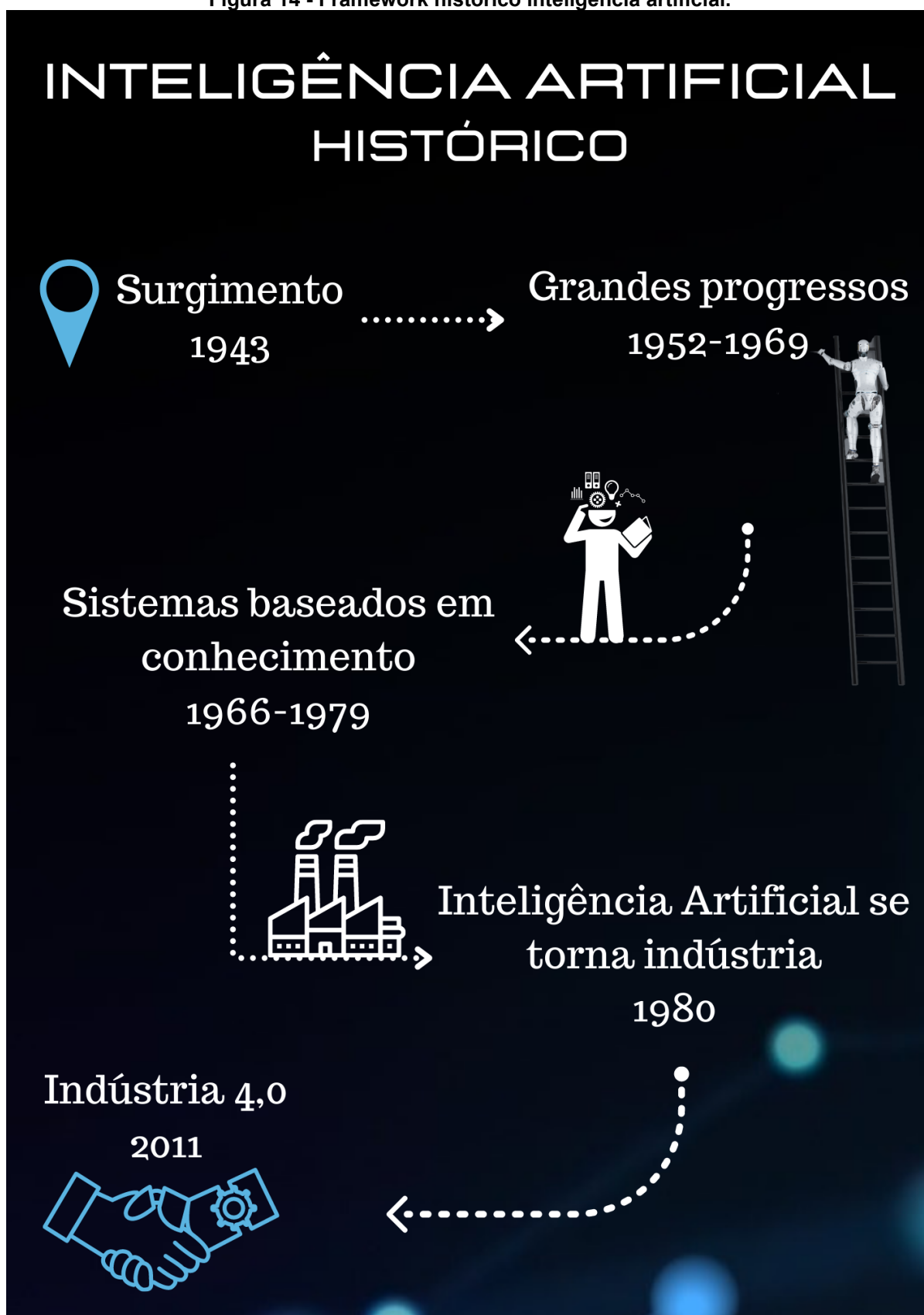
Com cada vez mais surgimentos de tecnologia IA, há a possibilidade de uma nova fase, IA 2.0, que consiste no surgimento da capacidade de percepção intuitiva sendo orientada por aprendizagem profunda, inteligência aumentada híbrido homem – máquina sendo orientada por uma tecnologia, assim como também o raciocínio entre mídias (LI; HOU; YU; LU; YANG, 2017).

4.3 FRAMEWORK TEÓRICO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Através de um *Framework* teórico será possível sanar o objetivo geral: Propor um *Framework* teórico com base nas características de inteligência artificial no contexto da indústria 4.0. O *Framework* teórico é um recurso visual, tendo como objetivo no atual trabalho ser uma espécie de mapa de direcionamento para entendimento sobre inteligência artificial.

A figura 14 traz um *Framework* teórico que apresenta o histórico de inteligência artificial de uma forma mais resumida, contendo as principais datas.

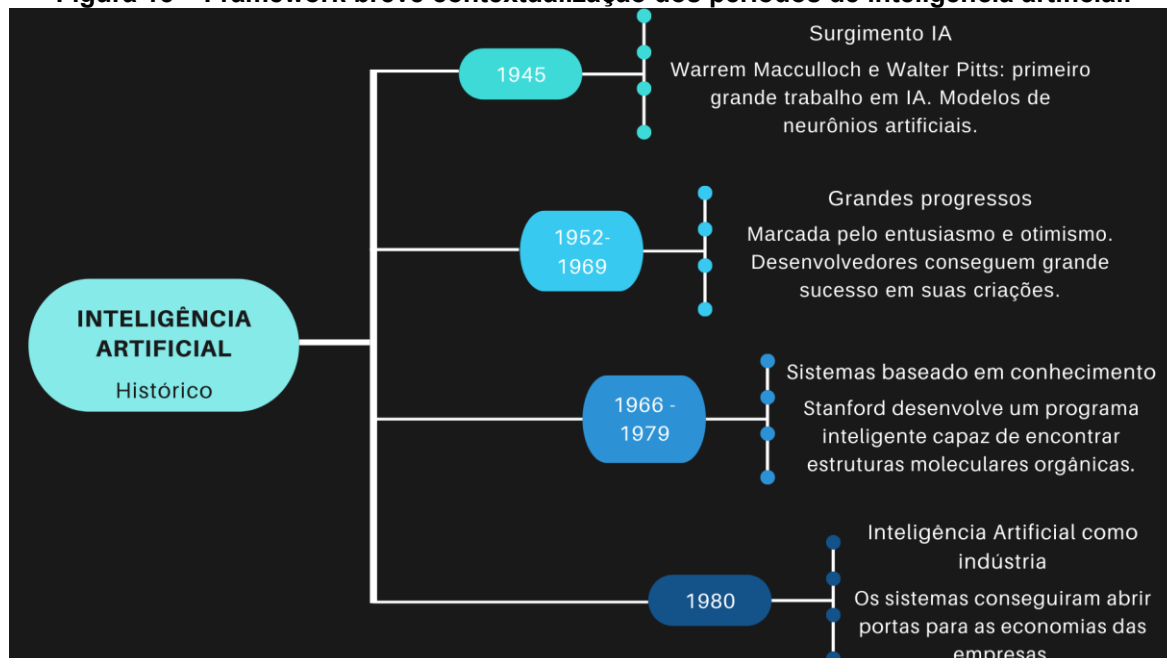
Figura 14 - Framework histórico inteligência artificial.



Fonte: Autora (2021).

A figura 15 apresenta um *Framework* teórico que traz o histórico de inteligência artificial com um brevíssimo texto contextualizando os períodos.

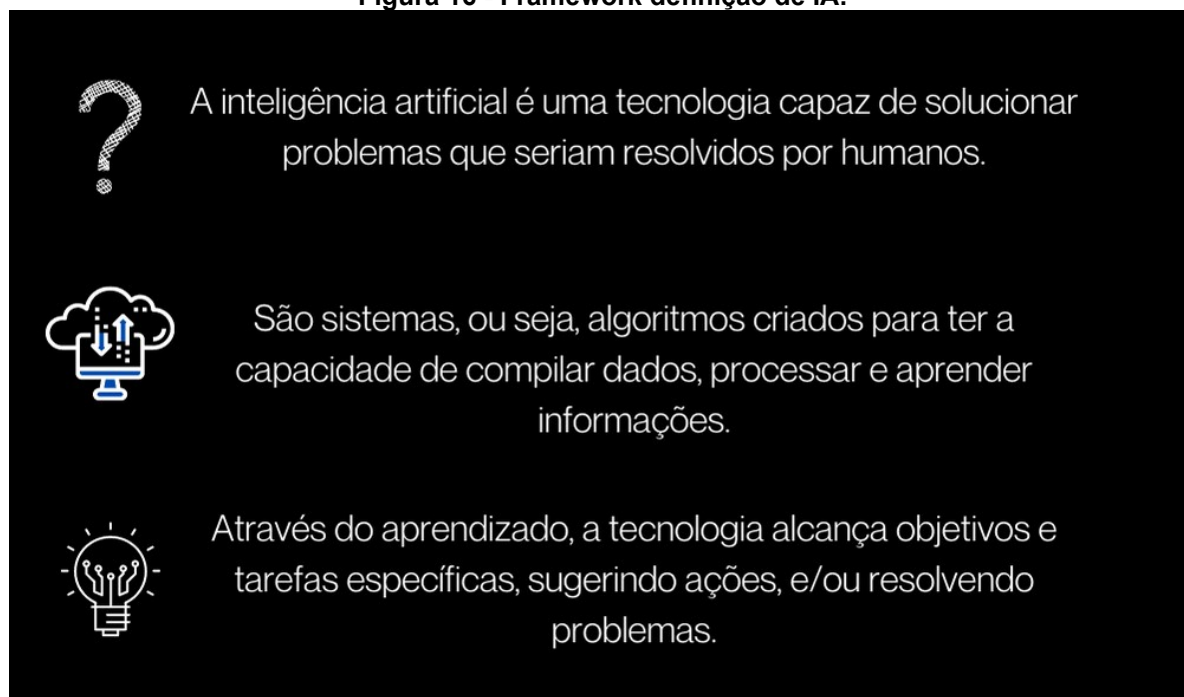
Figura 15 – Framework breve contextualização dos períodos de inteligência artificial.



Fonte: Autora (2021).

A figura 16 traz uma definição compilada de inteligência artificial que foi apresentado no referencial teórico e no mapeamento conceitual.

Figura 16 - Framework definição de IA.



Fonte: Autora (2021).

A figura 17 apresenta alguns pontos importantes sobre IA, sendo: suas principais aplicações, benefícios e desafios.

Figura 17 - Framework Principais pontos de IA.



Fonte: Autora (2021).

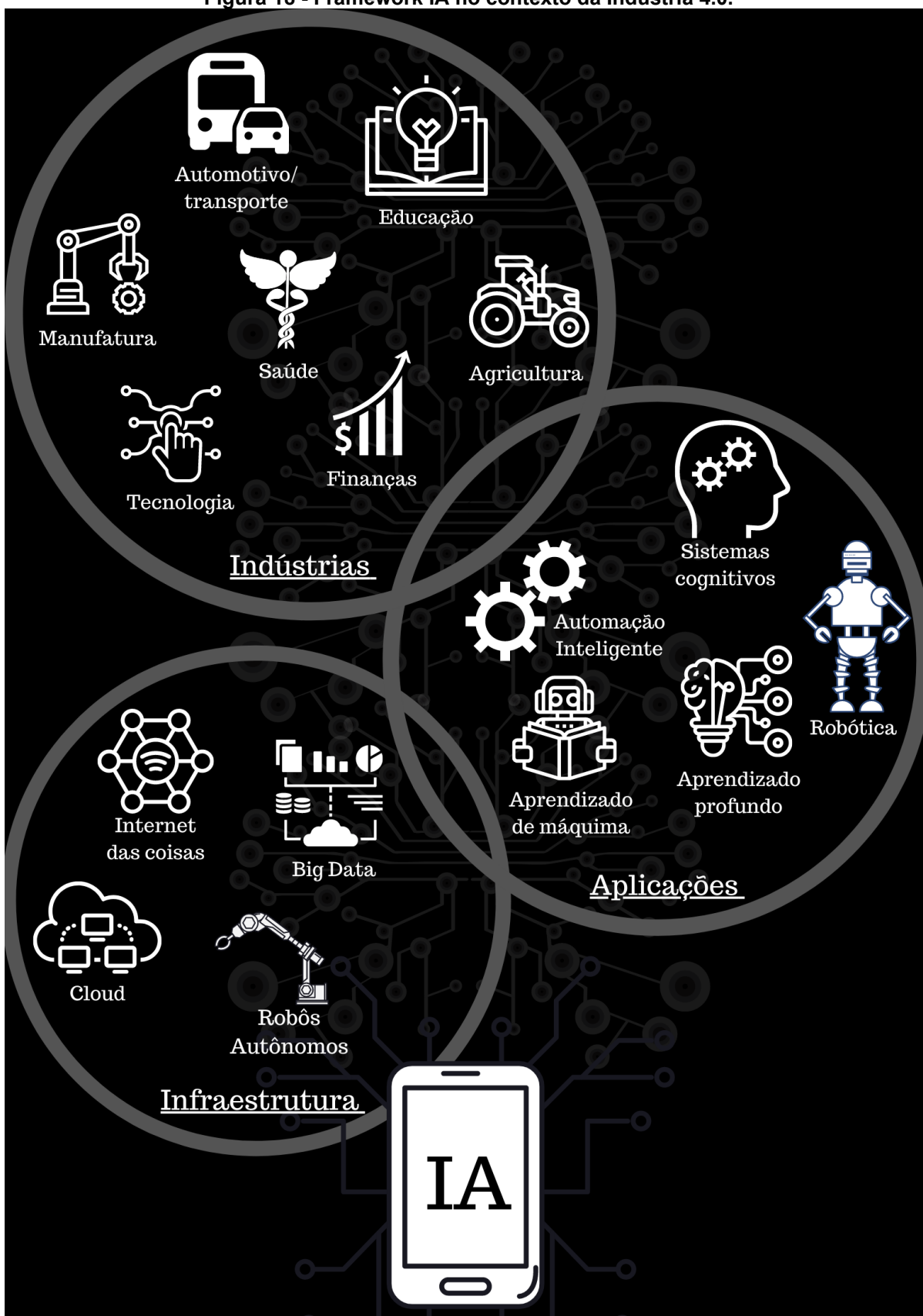
Com a análise de conteúdo, é possível chegar aos seguintes pontos:

- Infraestrutura de IA;
- Principais aplicações;
- Áreas de aplicação.

Assim, tem-se, as principais infraestruturas de IA no contexto da indústria 4.0, são: internet das coisas, big data, cloud e robôs autônomos, tendo como elementares aplicações o aprendizado de máquina, os sistemas cognitivos, a robótica, o aprendizado profundo e o aprendizado de máquina, sendo que, essas tecnologia tem sido aplicadas nas seguintes áreas: manufatura, tecnologia, saúde, educação, finanças, agricultura e automotivo/transporte.

Esses pontos são trazidos na figura 18, trazendo essas informações dentro do contexto da indústria 4.0

Figura 18 - Framework IA no contexto da Indústria 4.0.



Fonte: Autora (2021).

5 CONCLUSÃO

A indústria 4.0 tem causado grandes transformações nos meios produtivos e de serviços, fazendo com que o mundo esteja evoluindo cada vez mais em direção às tecnologias digitais, dentre estas, tem a inteligência artificial, que dentro do contexto da indústria 4.0, consegue ter seus objetivos cada vez mais alcançados, já que ambos conceitos tem a busca pela inovação.

A pergunta problema “Como compreender a perspectiva sobre inteligência artificial no contexto da indústria 4.0?” foi respondida ao longo do trabalho através dos objetivos que foram propostos e atingidos, da seguinte forma: os objetivos específicos (b) Identificar as principais interações, características e as tecnologias de inteligência artificial; e (c) “Analisar sobre a influência da inteligência artificial no contexto da indústria 4.0, com os desafios e oportunidades”, foram solucionado na seção 4.2. Assim, após ser feito o mapeamento conceitual foi possível sanar o objetivo geral: “Propor um *Framework* teórico com base nas características de inteligência artificial no contexto da indústria 4.0.” na seção 4.3.

Dentro das dificuldades esteve o grande número de artigos encontrados que eram destinados a alguma particularidade do tema inteligência artificial, assim, dentro do total de artigos encontrados nas bases, poucos foram os que sobraram para conseguir ser feito o mapeamento conceitual. Também houve a questão da delimitação com o *software* NVivo, que em sua versão gratuita permite o uso por 14 dias, o que limitou o tempo para ser feito a leitura dos artigos.

Também houve uma limitação ao se restringir a três bases de dados e aos mecanismos de pesquisas usados, pois não conseguem cobrir todas as fontes acessíveis de literatura de gerenciamento em que o termo Inteligência Artificial foi usado, ainda assim, há a oportunidade de aumento dessa revisão sistemática da literatura para futuras pesquisas e mesmo com estas sendo as principais dificuldades, todos os resultados foram alcançados.

Dentro de todo o mapeamento conceitual apresentado, há evidências suficientes para comprovar que as tecnologias de inteligência artificial oferecem novas oportunidades, podendo levar a uma transformação que seja notável. É uma tecnologia que tem conseguido revolucionar e remodelar o estilo de vida da sociedade.

É possível notar que a inteligência artificial está em desenvolvimento a cada dia, tendo novas ideias e conceitos que surgem sobre a ciência. Ainda que o trabalho tenha trazido o máximo de informação possível, ainda há diversas explicações sobre inteligência artificial.

Dentre as principais vantagens da automação, tecnologias cognitivas e análise de dados que usam algoritmos de inteligência artificial estão: aumento na produtividade, tempo e custo eficiência, redução de erro humano, decisões de negócios mais rápidas, previsão de preferência do cliente e maximização de vendas.

A inteligência artificial veio com a proposta de se tornar uma das estratégias que são utilizadas pela indústria 4.0, que está em constante evolução, possibilitando o aprendizado de máquinas para executar tarefas como se fossem seres humanos. É um conceito ainda em busca de seus melhores benefícios, além dos que já estão presentes no mundo.

Assim foi possível contribuir para o âmbito acadêmico, gerar um novo material sobre o tema e auxiliar na produção de materiais de estudos futuros sobre inteligência artificial, atingindo também o setor econômico, já que traz visibilidade a um assunto que mostra oportunidades de investimentos.

Também como contribuição acadêmica a trabalhos futuros, há a nuvem de palavras chaves apresentada, que ajudará a chegar nos eixos e nos termos de buscas de uma forma mais alinhada e assertiva, conseguindo melhores resultados em estudos a serem analisados, assim como informações dos principais journals que abordam sobre IA.

Os frameworks teóricos que foram desenvolvidos após as análises e seu principal objetivo está em trazer o conteúdo e informações sobre inteligência artificial de forma de imagem, para que seja algo mais prático e compreensível, conseguindo entregar de uma forma leve conhecimento as pessoas.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

1. Fazer aplicação de uma pesquisa na sociedade para saber sobre o conhecimento das pessoas quanto a inteligência artificial;
2. Expor os principais resultados dessa pesquisa, como os *Frameworks* teórico, com intuito de verificar a capacidade de transmitir a informação sobre IA.

REFERÊNCIAS

- ABATECOLA, Gianpaolo; MANDARELLI, Gabriele; POGGESI, Sara. The Personality Factor: How Top Management Teams Make Decisions. A Literature Review. *Journal of Management and Governance*, [s. l.], p. 1073-1100, November 2013.
- ABBASI, Ahmed; SARKER, Suprateek; CHIANG, Roger HL. Big data research in information systems: Toward an inclusive research agenda. *Journal of the Association for Information Systems*, v. 17, n. 2, p. 3, 2016.
- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?i=128>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- ACCENTURE. Inteligência Artificial: quanto sua empresa poderia avançar se todas as interações com a tecnologia fossem inteligentes? Quanto sua empresa poderia avançar se todas as interações com a tecnologia fossem inteligentes? Disponível em: https://www.accenture.com/br-pt/insights/artificial-intelligence-index?c=acn_br_artificialintelgoogle_11208362&n=psgs_0420&gclid=Cj0KCQjw24qHBhCnARIsAPbdtLVGPgBP9McDTU9vTjmsizmCJJwcfJ4PBR9ewPXA_r6r6zp9IIQApgaAv1jEALw_wcB&gclsrc=aw.ds. Acesso em: 26 jul. 2021.
- ALMADA-LOBO, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of innovation management*, 3(4), 16-21.
- ANASTASI, Sara; MADONNA, Marianna; MONICA, Luigi. Implications of embedded artificial intelligence - machine learning on safety of machinery. *Procedia Computer Science*, [S.L.], v. 180, p. 338-343, 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.171>.
- BARONE, Dante. *Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas*. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- BARZ, C., JALBA, C. K., ERDEI, Z., & HAHN, S. M. L. (2019). Approaches for the planning and implementation of Industry 4.0. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(1), 375-380.
- BILBAO, Henrique. Inteligência Artificial na Engenharia de Produção. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/inteligencia-artificial-na-engenharia-de-producao>. Acesso em: 26 jul. 2021.

BITTENCOURT, Guilherme. Inteligência artificial: ferramentas e teorias. 2. Ed. Florianópolis: UFSC, Ed. da Universidade, 2001.

BOYD, Danah; CRAWFORD, Kate. Critical questions for big data: Provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon. *Information, communication & society*, v. 15, n. 5, p. 662-679, 2012.

CARRIJO, Wesley. Inteligência Artificial pode fortalecer a economia do Brasil. Disponível em: <https://www.jornalcontabil.com.br/inteligencia-artificial-pode-fortalecer-a-economia-do-brasil/>. Acesso em: 16 out. 2021.

CIOFFI, Raffaele; TRAVAGLIONI, Marta; PISCITELLI, Giuseppina; PETRILLO, Antonella; FELICE, Fabio de. Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Smart Production: progress, trends, and directions. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 492, 8 jan. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12020492>.

DAVENPORT, Thomas H. Big data no trabalho. Elsevier Brasil, 2014.

DELOITTE. Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/chen-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 14 julho. 2021.

DIEESE. Trabalho e reestruturação produtiva: 10 Anos de Linha de Produção. São Paulo: DIEESE, 1994.

DIRETORIA DE POLÍTICAS E ESTRATÉGIA - DIRPE. Indústria 4.0: Novo desafio para a indústria brasileira. Brasília: Confederação Nacional da Indústria – CNI, 2016.

DRUCKER, P. O futuro já chegou. *Revista Exame*, [s.l.], v. 8, n. 710, p.12-19, 22 mar. 2000.

DURAN, Michel. O papel da Inteligência Artificial na indústria 4.0, 25 nov. 2020. Disponível em: <https://www.unisoma.com.br/inteligencia-artificial-industria-4-0/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DURAN, Michel. O papel da Inteligência Artificial na indústria 4.0. 2020. Disponível em: <https://www.unisoma.com.br/inteligencia-artificial-industria-4-0/>. Acesso em: 26 jul. 2021.

DWIVEDI, Yogesh K.; HUGHES, Laurie; ISMAGILOVA, Elvira; AARTS, Gert; COOMBS, Crispin; CRICK, Tom; DUAN, Yanqing; DWIVEDI, Rohita; EDWARDS, John; EIRUG, Aled. Artificial Intelligence (AI): multidisciplinary perspectives on

emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal Of Information Management*, [S.L.], v. 57, p. 101994, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>.

EUROPEAN PARLIAMENT. Service 4.0. União Europeia, 2016.

ECYCLE, Equipe. Inteligência artificial e sustentabilidade. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/inteligencia-artificial/#Inteligencia-artificial-e-sustentabilidade>. Acesso em: 11 dez. 2021.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. Inteligência artificial: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2003.

FOX, MS., "AI and Expert Systems Myths, Legends and Facts" *AI Magazine*, pp.8-20, Fev.1990.

GIL, Carlos, A. Como Elaborar Projetos de Pesquisa, 6ª edição. São Paulo, Atlas, 2017.

GLAS, A. H., & KLEEMANN, F. C. (2016). The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(6), 55-66.

GOMES, Dennis dos Santos. Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. *Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes*, v. 1, n. 16, p. 234-246, 10 ago. 2010.

GÓRRIZ, Juan M.; RAMÍREZ, Javier; ORTÍZ, Andrés; MARTÍNEZ-MURCIA, Francisco J.; SEGOVIA, Fermin; SUCKLING, John; LEMING, Matthew; ZHANG, Yu-Dong; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, Jose Ramón; BOLOGNA, Guido. Artificial intelligence within the interplay between natural and artificial computation: advances in data science, trends and applications. *Neurocomputing*, [S.L.], v. 410, p. 237-270, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2020.05.078>.

GRAGLIA, Marcelo Augusto Vieira; VON HUELSEN, Patricia Giannoccaro. THE SIXTH WAVE OF INNOVATION: artificial intelligence and the impacts on employment. *Journal On Innovation And Sustainability Risus*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 3-17, 14 jul. 2020. Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC-SP). <http://dx.doi.org/10.23925/2179-3565.2020v11i1p3-17>.

HANSEN, Emil Blixt; BØGH, Simon. Artificial intelligence and internet of things in small and medium-sized enterprises: a survey. *Journal Of Manufacturing Systems*, [S.L.], v. 58, p. 362-372, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.009>.

HANSEN, Emil Blixt; IFTIKHAR, Nadeem; BØGH, Simon. Concept of easy-to-use versatile artificial intelligence in industrial small & medium-sized enterprises. *Procedia Manufacturing*, [S.L.], v. 51, p. 1146-1152, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.161>.

HERMANN M., PENTEK T., OTTO B. (2016). "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios,"49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), ISSN 3928–3937,2016.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO,B.Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. In:ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON

HOLTON, Robert; BOYD, Ross. 'Where are the people? What are they doing? Why are they doing it?'(Mindell) Situating artificial intelligence within a socio-technical framework. *Journal Of Sociology*, [S.L.], v. 57, n. 2, p. 179-195, 28 ago. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1440783319873046>.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative. *Industrie 4.0: final report of the industrie 4.0 Working Group*. 82p, 2013.

KIEL, D., MÜLLER, J. M., ARNOLD, C., & VOIGT, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.

KITSIOS, Fotis; KAMARIOTOU, Maria. Artificial Intelligence and Business Strategy towards Digital Transformation: a research agenda. *Sustainability*, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 2025, 13 fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13042025>.

KRUPIY, Tetyana (Tanya). A vulnerability analysis: theorising the impact of artificial intelligence decision-making processes on individuals, society and human diversity from a social justice perspective. *Computer Law & Security Review*, [S.L.], v. 38, p. 105429, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clsr.2020.105429>.

LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H.-G., FELD, T., & HOFFMANN, M. (2014). *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.

LEE, In; LEE, Kyoochun. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, Macomb, v. 58, n. 4, p. 431-440, jul. 2015.

LEE, Jay; DAVARI, Hossein; SINGH, Jaskaran; PANDHARE, Vibhor. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, [S.L.], v. 18, p. 20-23, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>.

LI, Bo-Hu; HOU, Bao-Cun; YU, Wen-Tao; LU, Xiao-Bing; YANG, Chun-Wei. Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review. *Frontiers Of Information Technology & Electronic Engineering*, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 86-96, jan. 2017. Zhejiang University Press. <http://dx.doi.org/10.1631/fitee.1601885>.

LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. The PRISMA Group, [s. l.], 21 jul. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>. Acesso em: 10 agosto 2021.

LOUREIRO, Sandra Maria Correia; GUERREIRO, João; TUSSYADIAH, lis. Artificial intelligence in business: state of the art and future research agenda. *Journal Of Business Research*, [S.L.], v. 129, p. 911-926, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.001>.

LUVIZAN, Simone S.; DINIZ, Eduardo H.; MEIRELLES, Fernando S. Big data: Evolução das publicações e oportunidades de pesquisa. *Revista Electronica de Sistemas de Informacao*, v. 14, n. 3, p. 1, 2015.

MALIK, Nishtha; TRIPATHI, Shalini Nath; KAR, Arpan Kumar; GUPTA, Shivam. Impact of artificial intelligence on employees working in industry 4.0 led organizations. *International Journal Of Manpower*, [S.L.], v. --, n. --, p. 1-21, 18 jun. 2021. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijm-03-2021-0173>.

MANUTI, Amelia; MONACHINO, Dalila. Managing Knowledge at the Time of Artificial Intelligence: an explorative study with knowledge workers. *East European Journal Of Psycholinguistics*, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 1-12, 28 dez. 2020. Lesya Ukrainka Volyn National University. <http://dx.doi.org/10.29038/eejpl.2020.7.2.man>.

Mendeley Desktop for Windows 12. Elsevier. Disponível em: <https://www.mendeley.com/download-desktop-new/> Acesso em: 11 agosto 2021.

MHLANGA, David. Artificial Intelligence in the Industry 4.0, and Its Impact on Poverty, Innovation, Infrastructure Development, and the Sustainable Development Goals: lessons from emerging economies?. *Sustainability*, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 5788, 21 maio 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13115788>.

MIJWIL, Maad M.; ABTTAN, Rana A.. Artificial Intelligence: a survey on evolution and future trends. *Asian Journal Of Applied Sciences*, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 1-8, 29 abr. 2021. Asian Online Journals. <http://dx.doi.org/10.24203/ajas.v9i2.6589>.

MIR, Umar Bashir; SHARMA, Swapnil; KAR, Arpan Kumar; GUPTA, Manmohan Prasad. Critical success factors for integrating artificial intelligence and robotics. *Digital Policy, Regulation And Governance*, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 307-331, 12 ago. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/dprg-03-2020-0032>.

MOKYR, Joel. The Second Industrial Revolution, 1870 - 1914. 1988. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/769c/a06c2ea1ab122e0e2a37099be00e3c11dd52>. Acesso em: 14 julho. 2021.

MORAES, Livia. Qual o impacto da Inteligência Artificial na economia do Brasil? Disponível em: <http://www.ica.ele.puc-rio.br/2019/12/qual-o-impacto-da-inteligencia-artificial-na-economia-do-brasil/>. Acesso em: 16 out. 2021.

MÜLLER, Oliver et al. Utilizing big data analytics for information systems research: challenges, promises and guidelines. *European Journal of Information Systems*, v. 25, n. 4, p. 289-302, 2016.

NEUGEBAUER, R., HIPPMANN, S., LEIS, M., & LANDHERR, M. (2016). Industrie 4.0-From the perspective of applied research. *Procedia CIRP*, 57(1), 2-7.

NIKITAS, Alexandros; MICHALAKOPOULOU, Kalliopi; NJOYA, Eric Tchouamou; KARAMPATZAKIS, Dimitris. Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 2789, 1 abr. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12072789>.

NOGARE, Diego; LONGARINI, Andréa; GOMES, Orlando; SANTOS, Vanda dos; VENTURIM, Jaqueline. O que os brasileiros pensam sobre Inteligência Artificial? Disponível em: <https://www.lambda3.com.br/wp-content/uploads//2018/12/ebook-pesquisa-inteligencia-artificial.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.

NVivo12 for Windows 10. QSR Internacional. Disponível em: <<http://download.qsrinternational.com/Document/NVivo12/NVivo12-Getting-StartedGuide-Portuguese.pdf>> Acesso em: 11 agosto 2021.

P. SANTOS, B. et al. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. Revista Produção e Desenvolvimento, Covilhã, Portugal, v. 4, n. 1, p. 111-124, jan. 2018.

PERES, Ricardo Silva; JIA, Xiaodong; LEE, Jay; SUN, Keyi; COLOMBO, Armando Walter; BARATA, Jose. Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. Ieee Access, [S.L.], v. 8, p. 220121-220139, 2020. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2020.3042874>.

PFOHL, H. C., YAHSI, B., & KURNAZ, T. (2017). Concept and diffusion-factors of industry 4.0 in the supply chain. In Dynamics in Logistics (pp. 381-390). Springer, Cham.

RADANLIEV, Petar; ROURE, David de; NICOLESCU, Razvan; HUTH, Michael; SANTOS, Omar. Artificial Intelligence and the Internet of Things in Industry 4.0. Ccf Transactions On Pervasive Computing And Interaction, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 329-338, 16 mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42486-021-00057-3>.

REYES, Pedro M.; VISICH, John K.; JASKA, Patrick. Managing the Dynamics of New Technologies in the Global Supply Chain. IEEE Engineering Management Review, [s. l.], v. 48, 2020.

RIBEIRO, Jorge; LIMA, Rui; ECKHARDT, Tiago; PAIVA, Sara. Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review. Procedia Computer Science, [S.L.], v. 181, p. 51-58, 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104>.

RICH, Elaine. Inteligência Artificial. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

ROSSI, Lucca. Pandemia acelera uso da inteligência artificial na saúde. Disponível em: <https://www.capterra.com.br/blog/1944/inteligencia-artificial-saude>. Acesso em: 16 out. 2021.

RUIZ-REAL, José Luis; URIBE-TORIL, Juan; TORRES, José Antonio; PABLO, Jaime de. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS AND ECONOMICS RESEARCH: trends and future. Journal Of Business Economics And Management, [S.L.], v. 22, n.

1, p. 98-117, 29 out. 2020. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/jbem.2020.13641>.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Inteligência Artificial. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

RÜßMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, v. 9, 2015.

SAßMANNSHAUSEN, Till; BURGGRAF, Peter; WAGNER, Johannes; HASSENZAHL, Marc; HEUPEL, Thomas; STEINBERG, Fabian. Trust in artificial intelligence within production management – an exploration of antecedents. *Ergonomics*, [S.L.], v. 64, n. 10, p. 1333-1350, 3 maio 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2021.1909755>.

SELLITTO, Miguel Afonso. Inteligência Artificial: uma aplicação em uma indústria de processo contínuo. *Gestão & Produção*, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 363-376, dez. 2002. FapUNIFESP (SciELO).

SEOK KANG, Hyoung; YEON LEE, Ju; CHOI, Sangsu; KIM, Hyun; PARK, J.; SON, Jiyeon; KIM, Bo Hyun; DO NOH, Sang. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, [s. l.], p. 111-128, January 2016.

SHANNON, R.E.; MA YER, R.; ADELSBERGER, H.H., "Expert systems and simulation", *Simulation*, 44,6, pp. 275-284, 1985.

SHROUF, F., ORDIERES, J., & MIRAGLIOTTA, G. (2014, December). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In 2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management (pp. 697-701). IEEE.

SILVA, B. M. DA; VANDERLINDE, M. Inteligência Artificial, *Aprendizado De Máquina*. , p. 1–10, 2012.

SILVA, Danilo G. Indústria 4.0: Conceitos, tendências e desafios. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia. Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SONI, Neha; SHARMA, Enakshi Khular; SINGH, Narotam; KAPOOR, Amita. Artificial Intelligence in Business: from research and innovation to market deployment. *Procedia Computer Science*, [S.L.], v. 167, p. 2200-2210, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.272>.

SOUZA, Felipe Seixas. “Entretenimento Social Clube, Engenharia de Produção e a Economia de Experiência”. In: *Revista eletrônica Sistemas & Gestão*, Volume 7. Rio de Janeiro: 2012.

SOUZA, Paulo Henrique Moura de; JUNIOR, Silvio Jose Cavallari; DELGADO NETO, Geraldo Goncalves. *Indústria 4.0: Contribuições para setor produtivo moderno*. Abe-pro, Joinville, out, 2017. Anual.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. *Princípios de Sistemas de Informação*. São Paulo: Thomson, 2006.

SYSTEM SCIENCES, 49., 2016, Estados Unidos. *Proceedings*. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2016. p. 3928–3937.

TD, Equipe. TRANSFORMAÇÃO DIGITAL 40% dos brasileiros não conhecem inteligência artificial, diz estudo. 2019. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/transformacao-digital/40-dos-brasileiros-nao-conhecem-inteligencia-artificial-diz-estudo/>. Acesso em: 12 out. 2021.

Wisskirchen, G.; Biacabe, B.T.; Bormann, U.; Muntz, A.; Niehaus, S.; Soler, G.J.; von Brauchhirsch, B. *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace*; IBA Global Employment Institute: London, UK, 2017; p. 120.

WOSCHANK, Manuel; RAUCH, Erwin; ZSIFKOVITS, Helmut. A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 9, p. 3760, 6 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12093760>.