

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

**A Inteligência Artificial no campo Ciência, Tecnologia e
Sociedade: um estudo comparativo entre indicadores da
produção científica**

Luciana Castro Groenner

São Carlos – SP
2024

LUCIANA CASTRO GROENNER

**A Inteligência Artificial no campo Ciência, Tecnologia e
Sociedade: um estudo comparativo entre indicadores da
produção científica**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência, Tecnologia e Sociedade, do Centro de
Educação e Ciências Humanas, da Universidade
Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para
a obtenção do título de Doutora em Ciência,
Tecnologia e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana de Souza Gracioso

São Carlos – SP
2024

Groenner, Luciana Castro

A inteligência artificial no campo ciência, tecnologia e sociedade: um estudo comparativo entre indicadores da produção científica / Luciana Castro Groenner -- 2024. 171f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): Luciana de Souza Gracioso

Banca Examinadora: Leandro Innocentini Lopes de Faria, Sylvia Iasulaitis, Roniberto Morato do Amaral, Maria Cristiane Barbosa Galvão, José Eduardo dos Reis
Bibliografia

1. Ciência, Tecnologia e Sociedade. 2. Inteligência Artificial. 3. Mudança Tecnológica. I. Groenner, Luciana Castro. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Luciana Castro Groenner, realizada em 06/06/2024.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Luciana de Souza Gracioso (UFSCar)

Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria (UFSCar)

Profa. Dra. Sylvia Iasulaitis (UFSCar)

Prof. Dr. Roniberto Morato do Amaral (UFSCar)

Profa. Dra. Maria Cristiane Barbosa Galvão (USP)

Prof. Dr. José Eduardo dos Reis (UNICEP)

A Bruno meu parceiro de vida e
aos meus amores Lucas e
Matheus, sem vocês não faz
sentido a caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é uma das formas de honrar e reconhecer a importância e o auxílio que as pessoas a nossa volta têm em nossas vidas e, ou sobre nosso trabalho. Ao refletir sobre o quanto sou grata e a quem, percebo a minha interdependência e o quanto foram importantes a partilha, a colaboração, a escuta ativa e as trocas que tive com algumas pessoas durante esse período de doutoramento, para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa.

Dito isso, inicio meus agradecimentos à pessoa que esteve ao meu lado quando tudo era ideia imatura, assim, sou grata ao Bruno, meu parceiro de vida, pelo apoio incondicional, por ter sido a primeira pessoa a acreditar neste projeto, por ter segurado a minha mão e caminhado comigo todos esses anos intensos.

Da mesma forma sou grata aos meus filhos Lucas e Matheus por serem a minha força, a minha calma e o meu motivo para ação.

Sou grata as minhas amigas Carolina, Gisele, Lidiane e Flávia por estarem sempre presentes na minha vida e fazerem o meu riso mais feliz, por entenderem a minha ausência em alguns momentos, por apoiarem as minhas escolhas e, também, ao meu amigo Vitor pelos conselhos. Aqui faço um agradecimento especial a minha amiga Carolina, Carol você esteve lá por mim no momento mais crítico dessa jornada, muito obrigada de coração.

Sou grata aos meus pais, José Mauro e Maria José, por sempre me incentivarem a sonhar com o impossível e fazer do sonho um lugar habitável.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras pelo incentivo à qualificação das suas servidoras e servidores, valorizando o conhecimento e a ciência, tão maltratados neste país.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos pelo ensino e formação de excelência.

Agradeço as professoras e professores do PPGCTS pelas trocas, pela coragem e resiliência em continuarem com a nossa formação durante a pandemia do Covid-19, enfrentando todas as adversidades com coragem e perseverança.

Agradeço aos meus colegas de disciplinas por termos vividos juntos essa experiência nova para todos e todas, onde a sala de aula não ocupou um lugar físico no espaço e mesmo assim foi produtivo e trocas incríveis aconteceram virtualmente.

Agradeço as servidoras e servidores da UFSCar, pois sem o trabalho de vocês a minha formação não seria possível, imagino como foi desafiador fazer a roda rodar em meio a uma pandemia mundial.

Meus sinceros agradecimentos aos membros que compuseram a banca Prof. Dr. José Eduardo dos Reis, Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria, Profa. Dra. Maria Cristiane Barbosa Galvão, Profa. Dra. Sylvia Iasulaitis, pela disponibilidade e apreciada contribuição e ao Prof. Dr. Roniberto Morato do Amaral que não mediu esforços para que esta banca acontecesse no dia e hora previstos.

Agradeço de todo meu coração à minha orientadora, Profa. Luciana de Sousa Gracioso, por me guiar tão respeitosa durante todos os anos do doutoramento, seus ensinamentos seguirão comigo.

“Mas eu não estou interessado em nenhuma teoria
Em nenhuma fantasia, nem no algo mais
Longe, o profeta do terror que a laranja mecânica anuncia
Amar e mudar as coisas me interessa mais”.

(BELCHIOR, 1976)

RESUMO

Vivenciamos um momento de mudança tecnológica importante, onde as ferramentas e aplicações derivadas da Inteligência Artificial (IA) têm gerado desdobramentos na esfera individual e na coletiva. Essa área da ciência está ramificada em outros campos produzindo tecnologias cada vez mais utilizadas por indústrias, governos e indivíduos. Essa pesquisa investigou como está ocorrendo a pesquisa sobre a IA com especial interesse em identificar as pesquisas do campo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) sobre a IA, a partir de publicações na *Web of Science (WoS)*. A metodologia empregada envolveu a análise quantitativa, por meio da bibliometria, para mapear onde estão ocorrendo as pesquisas que desenvolvem ferramentas e aplicações da IA, bem como para identificar quais campos do conhecimento estão envolvidos nessa discussão, com a intenção de localizar o CTS nesse debate. Também foi realizada uma pesquisa qualitativa, para revisar a literatura que aborda IA, bem como a que aborda o CTS, para tecer as discussões desenvolvidas complementadas por uma análise de conteúdo nos artigos recuperados na *WoS*, sobre a IA, no campo CTS. Os resultados permitiram identificar como está ocorrendo a pesquisa da IA no Brasil e no mundo, descobrir que o campo CTS está debatendo de maneira crítica os desdobramentos dessa mudança tecnológica, porém, ainda é uma discussão inicial, principalmente no Brasil, com potencial para ser escalada. Demonstrou-se que o CTS pode contribuir sobremaneira para que, no Brasil, as questões que envolvem a IA possam ser debatidas de maneira crítica a fim de construir alternativas onde estas tecnologias sejam desenvolvidas e absorvidas mitigando os problemas decorrentes.

Palavras-chave: Ciência, Tecnologia e Sociedade; Inteligência Artificial; Mudança Tecnológica.

ABSTRACT

We are witnessing a moment of significant technological change, where the tools and applications derived from Artificial Intelligence (AI) have been generating consequences in the individual and collective sphere. This area of science is branched into other fields, producing technologies increasingly used by industries, governments, and individuals. This work investigated how AI research is taking place, with a special interest in identifying research in the field of Science, Technology and Society (STS) on AI, from publications in the Web of Science (WoS). The methodology employed involved quantitative analysis, through bibliometrics, to map where research is taking place that develops AI tools and applications, as well as to identify which fields of knowledge are involved in this discussion, with the intention of locating STS in this debate. Qualitative research was also carried out, to review the literature that addresses AI and STS, to weave together the discussions developed complemented by a content analysis of the articles retrieved in the WoS, on AI, in the field of STS. The results allowed us to identify how AI research is taking place in Brazil and in the world, to discover that the STS field is critically debating the consequences of this technological change, however, it is still an initial discussion, especially in Brazil, with the potential to be scaled up. It was demonstrated that STS can contribute significantly to ensuring that, in Brazil, the issues involving AI can be critically debated to build alternatives where these technologies are developed and absorbed, mitigating the resulting problems.

Keywords: Science, Technology and Society; Artificial Intelligence; Technological Change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As revoluções industriais.	20
Figura 2 - Paisagem de competências.....	48
Figura 3 - Fases da pesquisa.....	66
Figura 4 - Diagrama de fluxo das pesquisas bibliográfica realizadas na <i>WoS</i>	75
Figura 5 - Resultados quantitativos e protocolo da análise de conteúdo.	77
Figura 6 - Rede de coocorrência das 100 palavras-chave de maior ocorrência, nas publicações brasileiras sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> (2013-2022).....	87
Figura 7 - Rede de colaboração entre instituições brasileiras com maior número de publicações em IA indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	90
Figura 8 – Nuvem das 100 palavras-chave mais utilizadas por autores, na publicação mundial do CTS sobre IA, indexada na <i>WoS</i> (2013 - 2022).....	96
Figura 9 – Rede de coocorrência das 100 palavras-chave de maior ocorrência nas publicações do CTS sobre IA no mundo, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).....	97
Figura 10 - Principais tópicos CTS abordados nas publicações com autores brasileiros, recuperados na <i>WoS</i> (2013 -2022).	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - O crescimento do campo CTS e a ascensão da ciência.....	37
Quadro 2 - Expressões de busca implementada na WoS.	71
Quadro 3 - Periódicos selecionados para a busca na WoS, relacionados com o campo CTS, com classificação de acordo com Scimago (2022).	74
Quadro 4 – Artigos com participação brasileira do CTS sobre IA, indexadas na WoS (2013 - 2022).	100
Quadro 5 – Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, não selecionadas na pré-análise (2013 - 2022).	102
Quadro 6 – Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise (2013 - 2022).	104
Quadro 7 - Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise, mas que apenas fizeram uso das ferramentas da IA (2013 - 2022).	105
Quadro 8 - Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise e que discutiram sobre as tecnologias da IA (2013 - 2022).....	107
Quadro A - 1 - Bloco de palavras-chave para busca na SciELO.....	142
Quadro A - 2 - Relação de periódicos nacionais pesquisados.....	146
Quadro A - 3 - Dados recuperados na pesquisa realizada na base Oasisbr.....	156
Quadro A - 4 - Dados dos documentos resultado na pesquisa realizada nas 3 bases.....	158

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de publicações sobre IA no mundo, indexadas na <i>WoS</i> (1945 - 2022).	79
Gráfico 2 - Quantidade de publicações sobre IA, em escala logarítmica, no mundo, indexadas na <i>WoS</i> (1945 - 2022).....	80
Gráfico 3 - Quantidade de publicações, por país, sobre IA indexadas na <i>WoS</i> em 2022.	81
Gráfico 4 - Crescimento percentual médio anual, do número de publicações, por país e mundial, sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	82
Gráfico 5 - Evolução da posição dos países de acordo com o número de publicações sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> (1993 - 2022).....	83
Gráfico 6 - Evolução da participação do Brasil, China e Estados Unidos na publicação mundial sobre IA, indexada na <i>WoS</i> (1993 - 2022).	84
Gráfico 7 - Áreas de pesquisa sobre IA, das publicações brasileiras, indexadas na <i>WoS</i> (2013-2022).88	
Gráfico 8 - Quantidade de publicações sobre IA, por instituições brasileiras, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022)	89
Gráfico 9 - Quantidade de publicações do CTS sobre IA no mundo indexadas na <i>WoS</i> (1945 - 2022).92	
Gráfico 10 - Quantidade de publicações, por país, do CTS sobre IA indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	92
Gráfico 11 - Porcentagem de publicações, por país, sobre IA no campo CTS e da área de pesquisa em IA, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	93
Gráfico 12 - Evolução da participação do Brasil, China e Estados Unidos na publicação mundial do CTS sobre IA, indexada na <i>WoS</i> (2013 - 2022).....	94
Gráfico A - 1 - Número de artigos publicados por ano, em todos os periódicos relacionados ao campo CTS, no Brasil e América Latina, pesquisados individualmente (2013 - 2022), que abordam a IA.....	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os 20 principais meios de publicação de autores brasileiros sobre IA, recuperados na <i>WoS</i> (2013 - 2022).....	85
Tabela 2 - As 20 palavras-chave dos autores, de maior incidência em publicações sobre IA, indexada na <i>WoS</i> , com contribuição brasileira (2013 - 2022).....	86
Tabela 3 - As 20 palavras-chave dos autores, no mundo, de maior incidência, em publicações do CTS sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	95
Tabela 4 – As 4 palavras-chave dos autores brasileiros, de maior incidência, em publicações do CTS sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).	96
Tabela 5 – Os periódicos de maior incidência em publicações do CTS sobre IA no mundo, recuperadas na <i>WoS</i> (2013 - 2022).....	98
Tabela 6 – Os periódicos com publicação do CTS sobre IA, indexadas na <i>WoS</i> , com artigos de autores brasileiros (2013 - 2022).	99
Tabela A - 1 - Número de instituições, grupos, pesquisadores e pesquisadores doutores.....	148
Tabela A - 2 - Percentual de pesquisadores doutores em relação ao total de pesquisadores segundo a grande área predominante do grupo.	148
Tabela A - 3 – Quantitativo de documentos recuperados e expressões utilizadas na base SciELO. ..	151
Tabela A - 4 – Número de artigos recuperados e número de artigos que possuem relação com o campo CTS que abordam IA, em periódicos CTS do Brasil e América Latina (2013-2022).....	159
Tabela A - 5 - Número de artigos recuperados nos boletins da ESOCITE.BR.....	161
Tabela A - 6 - Quantidade de grupos, por área do conhecimento, recuperados na base do diretório dos grupos de pesquisa.	162
Tabela A - 7 - Quantidade de pesquisadores 1A, por área do conhecimento, do Currículo Lattes/CNPq.	163
Tabela A - 8 - Quantidade de pesquisadores 1A, por instituição, na base do Currículo Lattes/CNPq.	164
Tabela C - 1 As 100 palavras-chave de maior incidência utilizadas por pesquisadores do campo CTS recuperadas de artigos indexados na <i>WoS</i> (2013-2022).	171

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI -	<i>Artificial Intelligence</i>
BDTD -	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
C&T -	Ciência e Tecnologia
CAPES -	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ChatGPT -	<i>Chatbot Generative Pre-Trained Transformer</i>
CHC -	Cattel-Horn-Carrol
CNPq -	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTS -	Ciência, Tecnologia e Sociedade
ESPII -	Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional
EUA -	Estados Unidos da América
FIOCRUZ -	Fundação Oswaldo Cruz
IA -	Inteligência Artificial
IBM -	<i>International Business Machines Corporation</i>
IFES -	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.
IFSP -	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
JCR -	<i>Journal Citation Indicator</i>
MCP -	McCulltoch-Pitts
MIT -	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NPL -	<i>Natural Language Processing</i>
Oasisbr -	Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto
OEA -	Organização dos Estados Americanos
OMS -	Organização Mundial da Saúde
PLACTS -	Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade
PPGCTS -	Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade
PPO -	Otimização de Política Proximal
PUCRIO -	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUCRS -	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
QI -	Quociente de Inteligência
RNAs -	Redes Neurais Artificiais
RNNs -	Redes Neurais Recorrentes
SciElo -	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SHAP -	<i>SHapley Additive exPlanations</i>
STS -	<i>Science, Technology and Society</i>
TICs -	Tecnologias de Informação e Comunicação
UERJ -	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UFABC -	Universidade Federal do ABC
UFBA -	Universidade Federal da Bahia
UFC -	Universidade Federal do Ceará
UFF -	Universidade Federal Fluminense
UFJF -	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFMG -	Universidade Federal de Minas Gerais

UFPE -	Universidade Federal de Pernambuco
UFPR -	Universidade Federal do Paraná
UFRGS -	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ -	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN -	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC -	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar -	Universidade Federal de São Carlos
UFU -	Universidade Federal de Uberlândia
UnB -	Universidade Federal de Brasília
UNESCO -	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNESP -	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
UNICAMP -	Universidade Estadual de Campinas
UNIFESP -	Universidade Federal de São Paulo
UNIP -	Universidade Paulista
Unisc-RS -	Universidade de Santa Cruz do Sul Rio Grande do Sul
Unisinos -	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
USP -	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WIPO -	<i>World Intellectual Property Organization</i>
WoS -	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1. 1 PROBLEMA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	21
1. 2 JUSTIFICATIVA	22
2 APORTES TEÓRICOS	24
2.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	24
2.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	40
2.2.1 Mas o que é Inteligência?	50
2.2.2 Desdobramentos da Inteligência Artificial.....	58
3 APORTES METODOLÓGICOS	64
3.1 INDICADORES DA PRODUÇÃO DE ARTIGOS NA ÁREA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	68
3.2 INDICADORES SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CAMPO CTS	72
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
4.1 DA PESQUISA NA ÁREA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	79
4.2 DA PESQUISA SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CAMPO CTS.....	91
4.2.1 Discussões e Análise Qualitativa dos Artigos Nacionais CTS sobre IA	101
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
6 REFERÊNCIAS.....	132
APÊNDICE A.....	141
APÊNDICE B.....	165
APÊNDICE C.....	171

1 INTRODUÇÃO

A história humana envolve grandes revoluções e uma das que trouxeram transformações importantes foi a Revolução Científica, na qual teve início uma ruptura com as crenças nas antigas escrituras para explicar o mundo ao nosso redor. A confiança em que esse mundo pudesse ser mais bem compreendido pela matematização, experimentação e razão, nos levou à chamada Idade Moderna.

Ao longo dos séculos, a ciência desenvolvida como uma nova ferramenta para obtenção da verdade por meio do conhecimento, florescia juntamente com profundas transformações das sociedades nas quais ela se sedimentava. A crença em um futuro promissor, em um futuro melhor que o passado, fez com que também surgisse o capitalismo industrial. O capitalismo comercial ou pré-capitalismo existente não acreditava no aumento da riqueza mundial, apenas em sua redistribuição. Contudo, com a chegada da Revolução Industrial em 1760 na Inglaterra, favorecida pela ciência, a acumulação de capital e o liberalismo econômico (livre mercado e democracia), iniciou-se a crença e confiança no futuro, enquanto as máquinas transformavam os processos de manufatura.

Novamente na Inglaterra, na metade do século XIX, uma segunda Revolução Industrial se apresentou com o alcance de novos níveis de industrialização com o apoio da racionalização do trabalho, onde a descoberta de novas fontes de energia, a exemplo do petróleo usado no motor a combustão, da água nas usinas hidrelétricas e do urânio para gerar energia nuclear, trouxe novas modificações nos processos manufatureiros, bem como na sociedade. O pensamento liberal se fortaleceu inspirado pelo iluminismo que dominava a Europa no período. A burguesia que detinha os meios de produção era a classe dominante do período que concentrava o capital ao mesmo tempo que a mão de obra era desvalorizada.

Assim que a ciência se associa à tecnologia, uma convicção de que juntas resolveriam todos os problemas, como a fome, as guerras e as pestes, bem como impulsionariam o progresso e o bem-estar social, crescia. Após a Segunda Guerra Mundial, temos além da evolução do capitalismo para sua forma conhecida como capitalismo financeiro - no qual a acumulação de capital se dá grandemente pela especulação de mercado -, o desenvolvimento da Terceira Revolução Industrial, quando as indústrias se desenvolveram com a alta tecnologia devido ao surgimento da robótica, da automação, da computação, da internet dentre outros avanços, permitindo a manufatura em massa. Esse período foi de grande

euforia científica, acreditava-se na força da ciência e da tecnologia (C&T). A conquista espacial, o acesso a eletrodomésticos diversos, os automóveis em toda parte, a televisão, levaram a sociedade a crer que a C&T representavam o ápice da inteligência humana.

No entanto, nossa sociedade conheceu a fragilidade dessa dupla a partir dos acidentes petrolíferos, da contaminação e poluição dos rios, da atmosfera e das cidades, do aquecimento global, do vazamento de gases tóxicos, trazendo à baila a necessidade de uma consciência pública sobre as questões ambientais, bem como de políticas públicas.

Nesse período, com o intuito de confrontar o determinismo tecnológico que se propagava, um movimento contrário ao entendimento de uma natureza neutra e um conhecimento científico universal iniciou com o objetivo de entender de maneira crítica a influência das tecnologias. Contrária à ideia de que a C&T é algo externo a sociedade, um intenso debate sobre as questões do meio-ambiente, do armamentismo, da alienação e de como as questões políticas determinam profundamente a geração do conhecimento científico e tecnológico, se instalou. Isso trouxe à tona a discussão sobre como a sociedade é moldada (e, também modela) pela dupla ciência e tecnologia, sobre a capacidade delas de reduzir as desigualdades sociais e sobre como elas deveriam ser regulamentadas, percebendo a C&T como uma construção social e não como algo estranho, exógeno a sociedade. Esses são os chamados Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia, que tiveram início na primeira metade do século XX.

Com os grandes investimentos em C&T durante e após a Segunda Guerra Mundial, na supracitada Terceira Revolução Industrial, uma nova área de pesquisa, a da Inteligência Artificial (IA), teve início formal a partir de 1956, com a narrativa de grandes promessas e vultuosos investimentos. A possibilidade de construir máquinas que tenham a mesma capacidade humana de pensar e agir era entendida como verdade cada vez mais plausível e essa seria a grande criação do nosso milênio.

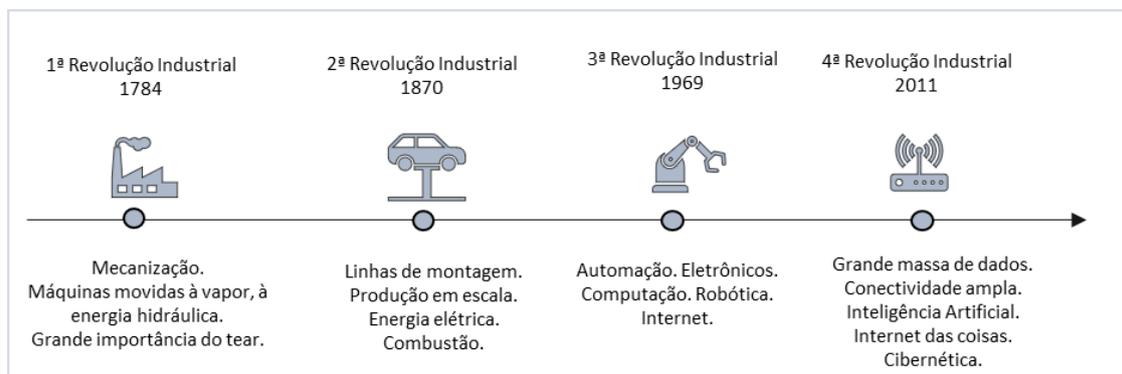
Nessa busca da máquina inteligente, uma Quarta Revolução Industrial entra em curso em 2011, sustentada pela revolução digital na qual as fábricas funcionam em sistemas ciberfísicos, sendo chamadas de fábricas inteligentes, ancoradas na Inteligência Artificial, nanotecnologias, neuro tecnologias, robótica, biotecnologia, sistemas de armazenamento de energia etc., novamente com a promessa de altos rendimentos e melhoria da qualidade de vida da sociedade. A expectativa é de ser uma transformação sem precedentes que trará alterações em áreas como as de finanças, indústrias, transportes, na geração e distribuição

de energia, nos cuidados com a saúde, na comunicação, nos sistemas jurídicos, na exploração espacial e principalmente nas nossas relações sociais.

Para que essa última revolução entrasse em curso, três fatores foram substanciais, quais sejam, computadores com alta capacidade de processamento, algoritmos mais eficientes e grandes bancos de dados. Por sua vez, essa revolução tem modificado a forma de atuação do capitalismo, agora voltado para a acumulação de capital por meio da vigilância.

Isso posto, podemos perceber que a evolução do processo de industrialização ocorreu à medida que novas descobertas científicas foram utilizadas para tornar o trabalho cada vez mais mecanizado e automatizado. Começando pela substituição do trabalho artesão pelas máquinas, capazes de realizar o mesmo trabalho com maior precisão e em menor tempo, sendo o trabalho humano ainda necessário, porém, precarizado, até a eliminação cada vez maior da força de trabalho humana com o objetivo de tornar a indústria completamente robotizada. A Figura 1 resume esse processo.

Figura 1 - As revoluções industriais.



Fonte: elaboração própria.

O conhecimento histórico ajuda na compreensão humana, para que tenhamos a consciência de que somos nós que construímos o nosso tempo. Assim, podemos perceber que a história não pode ser explicada de maneira fixa, são muitas forças e interações complexas que conduzem a humanidade desde os seus primórdios. Sabemos que a ciência e a tecnologia moldam a nossa sociedade e é moldada por ela, são guiadas e financiadas por forças políticas e econômicas que ditam a sua agenda e que esse processo não ocorreu, nem ocorre, sem danos colaterais e sem desigualdade social.

Portanto, essa pesquisa, inserida no campo complexo e interdisciplinar dos estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade, se propõe a adotar uma postura participativa nesse

momento disruptivo do nosso tempo. O recorte a ser aqui apresentado margeia as implicações que a Inteligência Artificial, uma área de pesquisa relativamente nova que possui ramificações em várias outras áreas da pesquisa científica e tecnológica, tem sobre a sociedade do nosso século. Para tecer a discussão dentro desse enquadramento, este trabalho contextualiza a IA dentro do campo CTS, diante dos desafios que essa quarta revolução industrial apresenta, haja vista a expertise desse campo para a compreensão das complexas relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade, como as aplicações tecnológicas se conectam com os demais desenvolvimentos sociais, além da sua capacidade de questionar como a ciência e a tecnologia se desenvolvem e operam, para que não caiamos no engodo da inevitabilidade, no fascínio das promessas vãs e do entorpecimento causados pela Inteligência Artificial.

1. 1 PROBLEMA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS

De acordo com Kerlinger (1980), um problema de pesquisa deve ser considerado científico e para isso deve compreender variáveis para as quais existe a possibilidade de serem testadas empiricamente. O teste empírico permite que se obtenha evidências reais sobre o nexos proposto no problema. Assim, o problema de pesquisa envolve uma pergunta que questiona como as variáveis estão relacionadas. Dessa forma, considerando o protagonismo que a Inteligência Artificial alcançou enquanto área de pesquisa e o importante papel do campo CTS para investigar as consequências das mudanças científicas e tecnológicas para a sociedade, o problema investigado nesta tese se ergue a partir da seguinte pergunta de pesquisa: como o campo CTS do Brasil tem se dedicado à investigação da Inteligência Artificial e de suas implicações?

Posto o problema, essa tese se propõe a construir uma resposta provisória para essa questão. De acordo com Kerlinger (1980, p. 38), “uma hipótese é um enunciado conjectural das relações entre duas ou mais variáveis”. Portanto, essa tese pressupõe, como hipótese a ser investigada, que o campo CTS brasileiro tem se dedicado de maneira ainda inicial ao estudo da IA, sem um aprofundamento sobre os vieses e implicações desta tecnologia.

De acordo com Marconi e Lakatos (2017, p. 234) o objetivo geral “está ligado a uma visão global e abrangente do tema. (...) Vincula-se diretamente à própria significação da tese proposta pelo projeto”. Assim, para articular o debate proposto nesta tese e definir aonde se quer chegar com esta pesquisa, tem-se como objetivo central investigar qual é e como está

ocorrendo a pesquisa sobre Inteligência Artificial no Brasil, com ênfase na participação do campo de pesquisa Ciência, Tecnologia e Sociedade nas discussões que a envolvem.

Os objetivos específicos por sua vez, como mostra Gil (1987), devem tentar detalhar o problema de pesquisa e estabelecer como ocorre a relação entre as variáveis estabelecidas no problema. Portanto, para alcançar o objetivo geral, o problema estabelecido e testar a hipótese, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- a) mapear as pesquisas em IA no Brasil e no mundo;
- b) mapear as pesquisas do campo CTS sobre IA no Brasil e no mundo;
- c) investigar quais são os temas debatidos no campo CTS sobre a IA no Brasil e no mundo;

A estrutura adotada nesta tese, para percorrer o caminho necessário para investigar o problema, demonstrar se a hipótese é verdadeira ou não e alcançar os objetivos propostos, foi de estabelecer, após essa breve introdução, o capítulo dois com fins de apresentar os aportes teóricos adotados para compreensão da importância do campo CTS para discutir os questionamentos críticos e reflexivos acerca do determinismo científico-tecnológico e suas implicações sociais, bem como compreender o que é a área Inteligência Artificial. No capítulo três, a metodologia é apresentada, no quarto os resultados são discutidos, no quinto seguem as considerações finais e, por fim, estão as referências bibliográficas utilizadas, seguidas dos apêndices.

1. 2 JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa encontra justificativa no papel da C&T como influenciadoras do mundo moderno, nas expectativas postas sobre essa parelha que muitas vezes leva à ilusão de que juntas serão capazes de eliminar todos os males que assolam as sociedades ao longo do planeta, garantindo um futuro de prosperidade igualitário. Principalmente com o advento das tecnologias decorrentes da IA, projeções sobre um futuro auspicioso para a humanidade são cada vez mais proclamadas pelos detentores dessas tecnologias. Dessa forma, o debate crítico e reflexivo é necessário, pois é importante considerar as incertezas sobre a aplicabilidade e o acesso a essas tecnologias, bem como seus riscos potenciais, os quais merecem atenção tanto quanto seus supostos benefícios.

Assim, uma investigação ponderada a respeito das repercussões da IA no contexto social é necessária e urgente. Portanto, cabe também ao campo CTS abraçar esse debate uma vez que faz parte de sua constituição a crítica à tradicional imagem essencialista da C&T, o

estudo da dimensão social da C&T, a contextualização dos processos que envolvem a C&T com as questões sociais, culturais e ambientais, além da compreensão de seus antecedentes e suas consequências.

O tema IA é abrangente e deve ser estudado e debatido para além das disciplinas técnicas, como as engenharias e a computação. Haja vista sua amplitude e desdobramentos, as análises e investigações devem ser multi e interdisciplinares. Portanto, o escopo dessa pesquisa delimita-se na diligência que o campo CTS pode realizar sobre esse tema e se insere na linha de pesquisa em Gestão Tecnológica e Sociedade Sustentável do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PPGCTS) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

O esteio que sustenta a aderência desse trabalho a essa linha de pesquisa está (i) no propósito desta última em direcionar sua ação para questionar as possibilidades e anomalias que os desafios tecnológicos presentes e futuros podem ocasionar, bem como apresentar alternativas para a formulação de estratégias para a sustentabilidade voltadas às dimensões sociais, econômicas e ambientais; e (ii) no propósito da pesquisa em entender as oportunidades e os desafios da IA, como uma área transversal, que afeta as dimensões sociais, econômicas e ambientais e é também afetada por elas, a fim de contribuir para que essa atual revolução industrial não seja um engodo, como as revoluções que a antecederam, no que se refere à divisão mais equitativa da riqueza. A investigação aqui tecida pretende contribuir para identificar as lacunas na área de pesquisa sobre a IA dentro do campo CTS, a partir de um estudo que aborde a IA sob um olhar sociotécnico numa abordagem CTS.

Nesta tese, aplica-se e entende-se por abordagem CTS a mobilização de instrumentos teóricos para a construção sistemática dos dados e análises de maneira coerente, que viabilize submeter a prática científica a uma reflexão, bem como construir de maneira sistemática o objeto a ser analisado - investigar se IA faz parte das pesquisas do campo CTS e se sim sobre qual temática são essas pesquisas. O campo CTS passa pelo pensamento crítico uma vez que é pautado na criticidade das interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade e uma abordagem CTS sob essa ótica é vigilante e permite entender e desconstruir os fatores de natureza social que modulam as mudanças científicas e tecnológicas. Portanto, a abordagem CTS é entendida como uma lente utilizada para apresentar uma interpretação sobre as consequências tecnológicas e científicas, no caso da IA, que possibilita sugerir alternativas às interpretações existentes.

2 APORTES TEÓRICOS

Nesta seção, é apresentado o campo de estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Realizou-se uma revisão bibliográfica com o intuito de encontrar a contribuição de outras pesquisas para auxiliar na compreensão desse campo, sem, contudo, entrar no mérito da complexidade envolvida, nem debater todas as correntes existentes, tendo em vista que não é objetivo do presente estudo aprofundar no debate das correntes que antecederam nem as que sedimentaram o conhecimento para a consolidação do campo CTS.

Todavia, é importante mencionar que a decisão por uma breve historicidade das teorias que levou a formação do campo CTS se deu por esse ser um campo interdisciplinar no qual é possível que alguns dos seus estudiosos ao iniciar sua pesquisa ou leitura não tenham familiaridade com esse percurso histórico, assim, esta tese também poderá contribuir com uma sintetização cronológica do campo. Apesar de ser simplificador, entende-se que essa proposta não invalida o trabalho realizado, uma vez que a coerência estabelecida permite compreender o passado e tecer alternativas para a compreensão da Inteligência Artificial a partir da perspectiva CTS.

Na sequência, também é apresentada uma breve história sobre o surgimento da Inteligência Artificial (IA) e algumas de suas possíveis implicações nos pilares Sociedade, Economia e Meio Ambiente.

2.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

O campo de estudos conhecido como Ciência, Tecnologia e Sociedade é interdisciplinar¹, complexo e plural, que se propõe a estudar as relações entre o desenvolvimento científico e o tecnológico com a sociedade, a partir de uma posição crítica e questionadora sobre o olhar ingênuo, simplista, neutro e linear muitas vezes colocado sobre as consequências e os condicionamentos causados pela ciência e pela tecnologia, bem como

¹ O termo interdisciplinar é ainda controverso, como bem argumentado por Margaret A. Boden. No entanto, faz-se necessário explicar que, para efeitos desta tese, adota-se a definição de uma interdisciplinaridade integrada, proposta por essa autora, que em suas palavras significa “um empreendimento no qual alguns dos conceitos e percepções de uma disciplina contribui para os problemas e teorias de outra - de preferência em ambas as instruções” (Boden, 1997, p.20). Dessa forma, ao aceitarmos que o campo CTS é interdisciplinar, entendemos que as pesquisas deste campo requerem o envolvimento de várias disciplinas, integrando suas técnicas, ferramentas, conceitos e teorias para resolver problemas complexos, sob uma ótica de múltiplos campos, cujas soluções estão além do escopo de uma única disciplina, ao contrário da pesquisa multidisciplinar que envolve mais do que uma disciplina, mas cada disciplina faz sua própria contribuição, de forma aditiva e não integrativa.

sobre a suposta relação sempre positiva entre o progresso científico-tecnológico, a riqueza, o desenvolvimento humano e o bem estar social. Os estudos dentro desse campo podem ocorrer de várias maneiras, porém, jamais de forma determinista, simplista e neutra.

Antes de discorrer sobre o campo CTS, julgou-se importante fornecer informações sobre os seus antecedentes a fim de corroborar com a compreensão desse campo. A intenção é apresentar seus precursores para aqueles que estão interessados, mas não são estudiosos diretamente vinculados ao campo ou mesmo para aqueles que estão iniciando seus estudos, haja vista sua natureza interdisciplinar, ou ainda para os estudiosos da IA que não estão familiarizados com o CTS. Dessa forma, para entender o surgimento do campo CTS é importante entender como esse caminho foi pavimentado, isso contribui para compreender a relação entre CTS e a IA e mesmo para analisar os resultados dessa pesquisa. O tema é amplo e para aqueles que desejam obter um conhecimento mais detalhado do campo, existem vários manuais, livros e artigos precursores que descrevem a diversidade de áreas problemáticas de pesquisa no campo CTS, como por exemplo os elencados nos trabalhos de Hess e Sovacool (2020) e Martin, Nightingale e Yegros-Yegros (2012).

A partir dos desdobramentos da Revolução Industrial e da Revolução Francesa, no século XIX, que condicionaram sobremaneira a economia, a política e a sociedade, surgiu a necessidade de refletir sobre essa nova sociedade que se moldava, discutindo e contrapondo-a em relação às sociedades tradicionais, de maneira sistemática para compreender os caminhos da atividade científica.

Com o surgimento da ciência moderna na Europa no século XVII (quantificação e experimentação sistematizada e controlada) destacando a aplicação de técnicas e a formulação teórica, os valores do movimento religioso de grande influência na Inglaterra conhecido como puritanismo, bem como as necessidades militares, econômicas e tecnológicas daquele país naquele momento, contribuíram decisivamente para que a atividade científica prosperasse, como aponta Merton (1938), em sua notória obra *Science, technology and society in seventeenth-century in England*. Nesse estudo, esse autor, ao se dedicar à compreensão da origem social da ciência moderna, introduz o debate sobre o processo no qual certas condições de uma determinada estrutura social possibilitaram a ciência ser considerada como instituição específica e legítima na sociedade, ou seja, para Merton (1938) as relações entre contextos sociais influenciam o desenvolvimento e as atividades das ciências.

A partir da segunda metade do século XVIII (entre 1789 e 1848) o mundo presenciou grandes transformações condicionadas pelas Revolução Industrial iniciada na Inglaterra em 1760, mais mecanicista, e a Revolução Francesa de 1789 - mais política, trazendo à baila conceitos de liberdade e igualdade, criticando o absolutismo monárquico.

A Revolução Industrial, principalmente na Inglaterra, surge a partir do acúmulo de capital da burguesia, do aumento populacional e da migração de camponeses para as cidades, estimulando a atividade manufatureira (Braga, M.; Guerra, A.; Reis, 2005) e, ainda, dos ideais de liberalismo econômico. Nesse período, os processos de manufatura, até então artesanais, foram substituídos pela produção em máquinas movidas a vapor e das máquinas que processavam algodão, mecanizando a produção.

Dessa forma, a sociologia surgiu como uma alternativa para investigar e analisar os desdobramentos das transformações profundas da sociedade decorridas dessas revoluções, durante o período conhecido como Iluminismo com os chamados pensadores sociais. Como argumenta Veras (2014), as adversidades do mundo moderno, figurando o capitalismo como seu propulsor, trouxeram à baila o pensamento sociológico. Essa autora ressalta o caos social que se instalara nas cidades, pois além do avanço material e rápida urbanização, as grandes cidades vivenciavam uma situação social alarmante de pobreza, prostituição, roubos, desigualdade social, falta de moradia adequada etc.

Entre os pensadores que iniciaram esse movimento, faz-se mister destacar Auguste Comte (1798 - 1857), que buscou estabelecer a sociologia como uma disciplina, capaz de explicar por meio de métodos científicos os fenômenos sociais, fundando o pensamento positivista. Segundo Veras (2014), Comte cunhou em 1839 o termo sociologia, com o intuito de obter leis para compreender o comportamento social humano para então ter condições seguras para intervir, ou seja, o intuito era “desenvolver uma lógica da ciência que tornasse sólido o processo indutivo de passar de fatos individuais a afirmações gerais” (Sismondo, 2010, p. 2).

De acordo com Silvino (2007), o pensamento positivista, ou positivismo, foi um movimento no qual se acreditava que somente por meio do conhecimento a respeito dos fatos sociais e políticos era possível encontrar soluções para seus problemas. O positivismo de Comte defendia a ideia de que a sociedade deveria ser submetida às pesquisas científicas, usando métodos das ciências naturais (leis objetivas e a razão), para assim, explicar os fenômenos e provar os fatos. Ainda, segundo esse autor, para o positivismo de Comte eram

necessários a verificação por meio da observação, o experimento e o método comparativo para chegar ao conhecimento sociológico. Nesse período, o positivismo teve êxito pois, de acordo com Sismondo (2010), cientistas e não cientistas interessados em aumentar o rigor do seu trabalho o adotaram.

Para Silvino (2007), o positivismo está delimitado temporalmente tendo suas bases rompidas pela proposta de Karl Raimund Popper (1902 – 1994), a qual se distingue por priorizar a elaboração de hipóteses a partir de conhecimento prévio e acumulado, para realizar o experimento e propõe, ainda, a falseabilidade ou refutabilidade, onde só poderá ser considerado científico a teoria que puder ser refutada ou prová-la falsa. Dessa forma, um conhecimento passa a ser considerado verdadeiro se for falseável e não a partir da verificabilidade como previa o positivismo. O método proposto por Popper preconiza que a observação científica somente é válida se orientada após uma teoria ser comprovada, a partir dessa comprovação ela é considerada verdadeira até que possa ser testada novamente, rompendo com a ideia de verdade absoluta (Popper, 2008).

No compromisso de tornar a sociologia uma disciplina científica, três nomes se destacam, quais sejam, Karl Marx (1818 – 1883), Émile David Durkheim (1858 – 1917) e Max Weber (1864 – 1920), esses exercem grande influência até os dias atuais. Marx analisa a sociedade a partir do trabalho como definidor da existência humana, “o que eles são coincide, pois, com sua produção, tanto com o que produzem como também com o modo como produzem. O que os indivíduos são, portanto, depende das condições materiais de sua produção” (Marx; Engels, 2007, p. 87). Nesse sentido, para Marx, é a partir da atividade laborativa que o ser humano se torna um ser social, portanto, a sociedade deve ser analisada a partir do capitalismo, pois é este que a molda. Hayashi *et al.* (2010) destacam a importância da obra de Marx para o desenvolvimento da sociologia do conhecimento, sendo a ciência moderna parte do capitalismo e seus produtos estão a serviço daquele. O intuito de Marx, além de entender a sociedade, era de transformá-la (Marx e Engels, 2007), sua teoria é conhecida como materialismo histórico.

Émile Durkheim, por sua vez, buscava compreender a manutenção da sociedade por meio de suas leis, para tanto desenvolveu um método de análise para estudar a realidade e os fenômenos sociais. A biologia serviu de base para seu modelo e, assim, visualizou a sociedade como um organismo onde cada órgão possuía uma função particular. Os indivíduos eram interdependentes na sociedade que era maior que a soma dos seus indivíduos, dessa

forma, entendeu ser necessário pesquisar as relações entre o indivíduo e a sociedade, pois para ele é a sociedade que atua sobre o indivíduo, influenciando sua forma de agir e moldando seu comportamento. Foi por meio do trabalho de Durkheim que a sociologia foi reconhecida definitivamente como ciência e seu ensino passou a fazer parte da universidade (Sell, 1971). De acordo com esse autor, Durkheim não media esforços para garantir que a sociologia fosse imparcial e neutra, para isso ela precisa ser objetiva, dessa forma, tratava os fatos sociais como coisas e como objeto de estudo da sociologia, sendo sua teoria conhecida como funcionalismo.

Juntamente com Marx e Durkheim, Weber também deixou fortes contribuições para sedimentar a sociologia como uma ciência. Ao contrário de Durkheim, que estudava a sociedade (objeto) como um todo, como uma estrutura orgânica na qual as partes são interdependentes, Weber se dedicou a estudar a sociedade a partir da experiência do indivíduo (sujeito). De acordo com Sell (1971), Weber inicia uma nova maneira de interpretar a realidade social, a partir do pensamento de que é o indivíduo que explica a realidade social, sendo a ação social o objeto de estudo da sociologia, iniciando a sociologia compreensiva. A teoria de Weber, conhecida como compreensiva, valida o uso das leis científicas para interpretar a realidade, todavia destaca que essa não é exclusiva e não pode explicar totalmente a realidade, sendo assim, um meio para a pesquisa e não sua finalidade.

Após os trabalhos seminais dos pensadores reconhecidos como os fundadores da sociologia, essa disciplina se consolidou com a contribuição de tantos outros nomes importantes. Muitos pesquisadores dessa disciplina forneceram as ideias centrais que se tornaram a base para o CTS antes da década de 1960 (Martin; Nightingale; Yegros-Yegros, 2012). No entanto, para atender o propósito desta pesquisa, não será discorrido sobre todos eles, entretanto, é importante mencionar as contribuições de Robert King Merton (1910 – 2003) e Thomas Samuel Kuhn (1922 – 1996). Esses autores estavam dedicados a compreender como os fatores socioculturais influenciam o desenvolvimento científico.

Os estudos desenvolvidos por Merton partem da visão da ciência como sendo de caráter normativa, neutra, universal e independente, sendo os cientistas imparciais sobre teorias e dados e até mesmo em relação a si mesmos (Sismondo, 2010). Os trabalhos de Merton são orientados para pesquisar sobre a estrutura social da ciência e as normas que a torna uma instituição social, todavia, afastada de qualquer conflito social, além dele acreditar

que a ciência é aplicada para melhorar a sociedade (Hayashi *et al.*, 2010). Nas palavras de Merton (2013, p. 168)

um sentimento, que é assimilado pelo cientista desde o início de seu treinamento, diz respeito à pureza da ciência. A ciência não pode aceitar transformar-se no serviçal da teologia, da economia ou do Estado. A função desse sentimento é igualmente preservar a autonomia da ciência.

Kuhn por sua vez se distancia do positivismo lógico e apresenta uma nova perspectiva a respeito da ciência. Na sua concepção de ciência, Kuhn afirma que não cabe o método de indução, todavia, o método científico não é suficiente e a metafísica pode não ser prejudicial à ciência (Mendonça, 2012). De acordo com esse autor, corroboravam as ideias de Kuhn, Stephen Toulmin, Imre Lakatos e Paul Feyerabend. A partir das teorias de Kuhn, um novo cenário se abre na sociologia.

Em sua obra seminal *A Estrutura das Revoluções Científicas*, publicada em 1962, Kuhn apresenta seu conceito de ciência normal como “a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas” (Kuhn, 2013, p. 54). No entanto, o autor ressalta que essas realizações precisam ser reconhecidas pela comunidade científica e, também, devem possibilitar a prática futura, atrelando-a ao conceito de paradigma, que possibilita a concordância entre os cientistas. De acordo com Mendonça (2012), a ciência normal para Kuhn representa a pesquisa especializada para se chegar ao progresso, sendo este essencial.

Quando a ciência normal se defronta com certas anomalias que não é capaz de explicar ou resolver, Kuhn argumenta que os cientistas estão presenciando uma crise e a partir da pesquisa é possível chegar a uma mudança de paradigma. Quando a ciência presencia novas revoluções científicas, nas palavras de Kuhn “quando mudam os paradigmas, muda com eles o próprio mundo” (Kuhn, 2013, p. 200), ou seja, a maneira de explicar os fatos altera completamente e se estabelece como um novo paradigma (revolução). Dessa forma, a ciência se desenvolve não apenas pelos conhecimentos acumulados, mas principalmente pelos rompimentos e pelos saltos a partir destes. Apesar da conduta dos cientistas, Kuhn enfatiza que esta é decorrente, na maioria das vezes, de normas cognitivas.

Thomas Kuhn inspirou muitos debates a respeito da natureza da ciência e epistemologia, sendo um dos grandes nomes que influenciou o construtivismo social e os pensamentos que vieram em sequência sobre os estudos da ciência e da tecnologia, bem como as discussões sobre as implicações do relativismo social nas querelas da ciência.

Assim como Kuhn, Robert K. Merton se dedicou a debater sobre a importância sociocultural nos desdobramentos da ciência (Kropf; Lima, 1999). Essas autoras também destacam como similaridades entre Kuhn e Merton, a atenção que a pesquisa destes pensadores deu sobre a estrutura particular da prática científica, na busca de ambos em compreender como as crenças e normas institucionalizadas podem orientar a atividade científica e a prática dos cientistas. Para Sismondo (2010), Merton analisa a sociedade a partir de instituições sendo a ciência uma instituição unificada e singular que fornece um conhecimento certificado, tendo, portanto, uma visão funcionalista da ciência.

Na sua pesquisa para analisar e compreender a estrutura social da ciência, a partir de normas e valores que a qualificam como instituição social, Merton apresenta seu conceito de *ethos* da ciência como sendo “complexo afetivamente modulado de valores e normas que se considera serem obrigatórios para o homem de ciência” (Merton, 2013, p. 183), encontrando nessas normas de comportamento que orientam a prática, o reconhecimento nos valores institucionais, que compreendem “universalismo, comunismo, desinteresse, ceticismo organizado” (Merton, 2013, p. 185), possibilitando assim, a autonomia da ciência perante a sociedade, sendo a conduta dos cientistas norteadada, majoritariamente, pelas normas sociais, fazendo destes um grupo social diferenciável.

A partir dessas influências e percebendo a necessidade da sociologia de superar as investigações cujos conteúdos eram sobre ideologias, crenças e valores sem se atentar aos fatores externos à ciência e excluindo a interferência e a explicação social para as questões científicas, surge o chamado Programa Forte em Sociologia do conhecimento (ou escola de Edimburgo) na década de 1970. Esse programa foi criado por David Bloor e Barry Barnes, professores na Universidade de Edimburgo, no qual a sociologia deve investigar as teorias científicas e explicar seu conteúdo.

De acordo com o Programa Forte, as teorias científicas são explicadas pelas questões sociais. Assim, a sociologia deve se interessar pelas condições sociais e naturais que ocasionam as crenças (causalidade); deve manter-se imparcial em relação ao sucesso ou ao fracasso científico (imparcialidade); as mesmas causas devem explicar as crenças verdadeiras, bem como as falsas (simetria) e ainda deve buscar explicações gerais que possam ser aplicadas até mesmo à sociologia (reflexividade) (Bloor, 2010). Como consequência, rompe-se com a convicção de que o conhecimento científico ocorre independentemente da natureza social. Segundo Sismondo (2010, p. 55) “o programa forte forneceu um argumento de que se

pode estudar o conteúdo da ciência e tecnologia em termos sociais e culturais, proporcionando uma justificativa inicial para o CTS”.

Com a mudança de olhar sobre a concepção do conhecimento científico como sendo um produto de processos cognitivos privilegiados para uma compreensão de que esse conhecimento é resultante das práticas sociais e por isso possível de ser analisado pela sociologia, novas matrizes teóricas surgiram (Hayashi *et al.*, 2010). Além do Programa Forte, outras bases filosóficas para o campo CTS emergiram complementarmente, essas autoras destacam a importância do Programa Empírico do Relativismo, representado principalmente por Harry Collins e Trevor Pinch, cuja metodologia é direcionada para os dados observáveis e para a crença de que o consenso científico só é possível por meio da negociação e debate, trazendo luz a importância de se investigar as controvérsias científicas e tecnológicas.

Com o objetivo de modificar a concepção essencialista de conceber o conhecimento científico, Collins (1985) faz uso principalmente dos princípios de simetria e reflexividade, afastando-se da concepção de ciência enquanto produtora de verdades e direcionando sua atenção aos estudos das expertises para analisar a prática científico-tecnológica (Collins; Evans, 2010).

Também é importante mencionar a contribuição da abordagem conhecida como Construção Social da Tecnologia, encabeçada por Trevor Pinch e Wiebe Bijker, a qual parte da proposta de que a tecnologia é construída socialmente, a partir de intensa negociação entre os grupos sociais e não a partir de um determinismo tecnológico, ou seja, é a partir da demanda social que definem a criação, o desenvolvimento tecnológico e seu uso (Hayashi *et al.*, 2010). Dessa forma, para o Construtivismo o conhecimento é socialmente construído e as explicações para as descobertas científicas devem ser buscadas no mundo social.

Ao explicar como ocorreu o desenvolvimento da bicicleta, Pinch e Bijker (2008) afirmam que para um produto (no exemplo a bicicleta) se desenvolver ocorrem várias disputas entre os grupos sociais com interesses distintos, o que interfere no desenvolvimento da tecnologia que será adotada. São os grupos sociais dominantes que definiram os critérios dessa tecnologia. Dessa forma, para os autores, “isso resulta em um modelo multidirecional, em contraste com os modelos lineares” (Pinch; Bijker, 2008, p.36), ou seja, várias possibilidades existem para um determinado artefato, porém, só algumas serão mantidas e a determinação destas não será por critérios naturais, mas sim pela disputa entre os diversos grupos interessados.

Em outras palavras, para o Construtivismo a tecnologia escolhida não era a única opção para ser implantada, as categorias adotadas são imposições humanas não são naturais, além de não ser claro o que determina o sucesso de uma tecnologia (Sismondo, 2010). Assim, as premissas que o Construtivismo lega ao campo CTS são “ciência e tecnologia são socialmente importantes”, “ciência e tecnologia são ativas”, “os produtos da ciência e tecnologia não são naturais” (Sismondo, 2010, p. 57).

A partir da perspectiva comum sobre determinados assuntos entre alguns pesquisadores, o campo CTS foi sendo construído com o desenvolvimento de conceitos, metodologias e estruturas de análises próprias e, ao mesmo tempo, para se consolidar como campo, periódicos especializados em CTS foram criados como os precursores *Social Studies of Science* em 1971 e em 1976 o *Science Technology & Human Values* (Martin; Nightingale; Yegros-Yegros, 2012).

Ademais, é salutar destacar a pesquisa de Michel Callon e Bruno Latour, que sob a influência dos estudos etnográficos tem por finalidade observar a vida do cientista em seu dia a dia, em seu laboratório, sustentados pelo princípio da simetria. A partir da contribuição desses autores tem-se a Teoria Ator-Rede na qual se considera de maneira simétrica tanto a contribuição social como a natural para o desenvolvimento da ciência, ou seja, na Teoria Ator-Rede as redes são formadas por entidade sociais e naturais e são chamadas de redes sociotécnicas. Nessa teoria, se há o interesse em compreender a realidade científica, o caminho mais viável é se ater ao que os cientistas fazem, prestar atenção aos detalhes da prática científica, seguir os cientistas (Latour, 2000).

Como é possível perceber, discutir espaços sociais, suas estruturas e dinâmicas de poder constitui uma tarefa complexa e Pierre Bourdieu (1930 - 2002) é notadamente um dos grandes influenciadores desse debate, incorporando em certa medida contribuições de Durkheim e Weber. Apesar de ter traçado um trabalho isolado dos demais pensadores do campo CTS, as contribuições de Pierre Bourdieu respeitaram os princípios do Programa Forte e são importantes para entender as conquistas científicas e a interação entre os pesquisadores (Sismondo, 2010). Bourdieu (2004) apresenta a ciência como um campo social como outro campo qualquer, caracterizando-a como um ambiente de disputas, um espaço de conflito marcado por sua estrutura e pelo gradiente de forças (poder), sendo que para ele o entendimento sobre ciência se dará ao entender as dinâmicas presentes no interior do campo científico.

A teoria de Bourdieu tem como método o estruturalismo, dedicando-se ao estudo dos mecanismos de dominação estruturados que existem e se impõe independentes da vontade dos agentes e que são formados continuamente, ou seja, são dinâmicos (Thiry-Cherques, 2006). A abordagem de Pierre Bourdieu transpõe os aspectos puramente técnicos para o estudo da ciência, desenvolvendo uma perspectiva sobre a ciência na qual esta é percebida como uma atividade composta por aspectos sociais e culturais, não se limitando a uma concepção rotulada como forma de materializar a construção da ciência e o seu entendimento.

Contribuição importante para entender que a sociedade não é determinada pela tecnologia, mas sim condicionada também foi dada por Pierre Lévy. Esse autor afirma que “uma técnica é produzida dentro de uma cultura, e uma sociedade encontra-se condicionada por suas técnicas” (Lévy, 1999, p. 25). Ou seja, as tecnologias são produtos da construção humana, de uma sociedade e elas podem ser condicionantes ou restritivas e o que deve ser analisado são suas irreversibilidades e seus usos para então decidir o que fazer com elas, mesmo que algumas formas de uso estejam consolidadas (Lévy, 1999).

Durante e após a segunda grande guerra mundial (1939 a 1945), muitos avanços na ciência e na área de engenharia foram presenciados, construindo o que Latour (2000) chama de tecnociência. Com essa onda de entusiasmo, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), o financiamento da ciência se tornou peça-chave juntamente com a propagação da ideia de que apenas com uma ciência independente e financiada pelo Estado a sociedade presenciaria cada vez mais bem-estar social. De acordo com Palacios *et al.* (2003), esse é o “modelo linear de desenvolvimento”, “essencialista e triunfalista”. Nesse modelo, a ciência ocupa um lugar de destaque, sua imagem é dissociada das questões políticas e religiosas, se distancia das questões sociais para que suas decisões sejam neutras, devotadas à verdade e realizadas apenas por aqueles que faziam parte desse meio. Auler e Delizoicov (2006) também criticam fortemente o “modelo linear de desenvolvimento” e sugerem como alternativa uma compreensão crítica sobre as interações entre ciência-tecnologia-sociedade para que se alcance uma democratização das decisões que envolvem ciência e tecnologia.

Nesse mesmo contexto, Velho (2011) chama atenção para a percepção do público a respeito da ciência e seus consequentes desdobramentos, sendo a confiança depositada na ciência, nesse período, para a autora, é praticamente cega. Em decorrência da fé depositada na ciência, ela passa a ser vista como o motor do progresso e os governos envidaram esforços

para traçar objetivos definidos para a pesquisa, construindo as políticas científicas com base em modelos normativo-institucionais específicos, adotados por vários países industrializados, bem como os em desenvolvimento, inclusive os latino-americanos persuadidos por organizações como a Organização dos Estados Americanos (OEA) e a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). De acordo com Velho (2011), a construção da política científica, tecnológica e de inovação ocorreu de maneira padronizada, onde essas políticas, em âmbito internacional, eram ditadas pelos países desenvolvidos, principalmente Estados Unidos e Reino Unido, e estavam relacionadas ao conceito dominante de ciência.

Essa percepção linear de desenvolvimento, segundo Palacios *et al.* (2003), no qual a ciência deve ser desvinculada da sociedade para deter-se na busca pela verdade, ficando livre de interferências sociais ou políticas e com apoio incondicional, teve seu apogeu após a segunda grande guerra mundial e durante a guerra fria. Nesse período, muitos progressos foram conquistados justificando o financiamento e a manutenção da autonomia da ciência, sustentados pela justificativa de que o progresso econômico e social viria conseqüentemente. A partir de 1969 começou a era da automação industrial, com o avanço da computação, da eletrônica, da customização e especialização da manufatura, da robótica e com a chegada da internet, conhecida como a Terceira Revolução Industrial.

Não obstante a esse otimismo e prosperidade, desastres ambientais, altos investimentos, acidentes nucleares, prejuízos e pouca clareza dos objetivos das pesquisas trouxe à baila debates acerca dos prejuízos sociais até então negligenciados, começou-se a discutir sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e qual o papel da sociedade em relação a estas (Palacios *et al.*, 2003), afinal, até então, o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia ocorriam à revelia da sociedade.

Nesse encaço, de acordo com Bazzo, Linsingen e Pereira (2000), o campo de estudo CTS surgiu no final da década de 1960, início da década de 1970, a partir de vários protestos que ocorreram nesse período a respeito dos desastres ocasionados pelo desenvolvimento industrial. Para esses autores, a ciência e a tecnologia não devem ser ensinadas nem aprendidas de maneira mecânica, mas principalmente a partir de uma análise profunda sobre as conseqüências e repercussões que possam causar, demandando, como demonstra Cerezo (1999) tanto na ceara social como no ensino, discussões sobre os conhecimentos científicos e tecnológicos e suas implicações sociais e políticas. De acordo com Velho (2011), nesse

período, a ciência é percebida como solução e causa de problemas, dando início aos estudos sociais da ciência e da tecnologia, em que a crença em uma ciência neutra ruía, surge a lógica de que a ciência deve ser usada para solucionar problemas relevantes para o mercado e, assim, atender às necessidades da sociedade, a ênfase passa a ser sobre a demanda, ou seja, o mercado é quem influencia a agenda de pesquisa e, por conseguinte, o desenvolvimento científico (Velho, 2011).

Para Auler e Delizoicov (2006), um dos objetivos do CTS é possibilitar a participação social nas decisões que envolvem ciência e tecnologia, para que essas decisões sejam mais democráticas e menos tecnocráticas. Este campo de estudos interdisciplinar surge, então, com o objetivo de estudar o processo de tomada de decisão que ocorre no percurso de desenvolvimento da ciência, bem como, investigar as mudanças ocasionadas pela ciência e tecnologia, tanto sobre as suas condicionantes sociais como sobre as consequências sociais e ambientais.

Este campo, como descrito por Jasanoff (2017, p. 174),

pode ser visto como uma fusão de duas grandes correntes de estudos de meados do século XX. Uma que analisa a *natureza* e as *práticas* da ciência e tecnologia (C&T) como instituições sociais que possuem compromissos normativos, estruturas, práticas e discursos distintos que, no entanto, mudam ao longo do tempo e variam entre contextos culturais. E outra, que está preocupada principalmente com os *impactos* e *controle* da ciência, e ainda mais da tecnologia, com foco particular nos riscos que a C&T representam para os valores humanos fundamentais como saúde, paz, segurança, privacidade, comunidade, democracia, desenvolvimento e sustentabilidade ambiental.

Essa autora argumenta que a corrente do campo CTS dedicada às pesquisas sobre a natureza e as práticas da C&T “tornou-se mais preocupada com a forma como os entendimentos ou arranjos sociais são absorvidos na produção de conhecimento e artefatos” (Jasanoff, 2017, p. 178). Por tanto, pode-se argumentar que esta linha de estudos aborda questões como por exemplo: existe método científico? O que torna os fatos científicos credíveis? Como surgem novas disciplinas? E como a ciência se relaciona com a religião?

Ainda segundo Jasanoff (2017, p. 178), a segunda corrente preocupada mais com os efeitos e o controle da C&T, “reconheceu que as interações da ciência e da sociedade começam muito antes dos produtos materiais da tecnologia entrarem no mercado e afetarem vidas”. Assim, na condução deste corpo de pesquisa encontra-se questões como por exemplo:

como devem os governos definir prioridades para o financiamento da investigação? Quem deve participar, e como, na tomada de decisões tecnológicas? As formas de vida deveriam ser patenteadas? Como as sociedades deveriam medir os riscos e estabelecer padrões de segurança? Como devem os especialistas comunicar ao público as razões dos seus julgamentos?

Palacios *et al.* (2003, p. 119) também argumentam que com a desconstrução da percepção ingênua de desenvolvimento e sobre a neutralidade da ciência, o CTS surge como “um campo de trabalho acadêmico cujo objeto de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e tecnologia”. Esses autores também discutem sobre as duas tradições que emergiram, a americana com foco nas consequências sociais e ambientais, bem como com as questões éticas e legislativas e com ênfase na tecnologia, e a europeia, fundamentada no debate a respeito da ciência a partir das ciências sociais (sociológicas, antropológicas e psicológicas), entendendo o desenvolvimento tecnológico como um processo que é moldado por questões sociais, políticas e econômicas (Palacios *et al.*, 2003). Ademais, a essas duas correntes, tem-se também o chamado pensamento latino-americano em CTS (PLACTS), uma alternativa que surgiu com o propósito de criticar a maneira como era conduzida a política de ciência e tecnologia, bem como criticar o modelo de sociedade que se almejava construir na América Latina, a partir das questões internas desses países, independentemente das correntes americanas e europeias. De acordo com Auler e Delizoicov (2006), o PLACTS surge num contexto no qual a maioria da população vivenciava uma vulnerabilidade econômica e ainda tinham em comum um passado colonial.

Conforme argumenta Velho (2011), nas décadas de 1980 e 1990 tem-se os períodos caracterizados pela globalização da economia, no qual a ciência é vista como fonte de oportunidades estratégicas. Ainda de acordo com essa autora, nesse mesmo período, a ciência é vista como construção social rompendo com “modelo linear”, o conhecimento passa a ser entendido como uma construção de diversos atores e vários lugares.

Já no século XXI, está em andamento uma nova concepção de ciência como sendo aquela voltada para o bem da sociedade, no entanto, esta concepção está em construção, é uma controvérsia e não é um paradigma estabelecido, conforme demonstra Velho (2011). Para essa autora, a atenção das políticas públicas em ciência, tecnologia e inovação deve se voltar para atender o bem-estar social, voltando suas lentes para a necessidade local, afastando-se da noção de políticas globais desenvolvidas por alguns países e incorporada

pelos demais. Do mesmo modo, faz parte dessa nova percepção da ciência incorporar a participação de múltiplos atores, inclusive aqueles que não compõem o núcleo de *experts*, ou seja, tem-se como objetivo incluir a participação social nos caminhos que a ciência e tecnologia devem tomar para atender aos ensejos daquela sociedade específica (Velho, 2011).

O Quadro 1, a seguir, apresenta uma síntese do crescimento do campo CTS à medida que a ciência ascende.

Quadro 1 - O crescimento do campo CTS e a ascensão da ciência.

Período	Percepção da ciência	Perspectiva do campo CTS
1945 até o início de 1960	Universal, linear, neutra, a revisão por pares é suficiente. Está a cargo dos cientistas. É considerada o motor do progresso.	-
1960 e 1970	Ainda linear e neutra, porém, o debate sobre essa neutralidade tem início. Além da revisão por pares os indicadores também são usados. Os cientistas continuam sendo os detentores da ciência, mas precisam atender a demanda. A ciência é percebida como solução e também como causa de problemas.	Nasce o movimento CTS questionando a neutralidade e autonomia da ciência, tendo mais expressão no final de 1970, período no qual mais transparência sobre a atuação da ciência é exigida.
1980 e 1990	A ciência transpõe a academia e é desenvolvida em vários locais por vários atores para além dos cientistas. A ciência passa a ser concebida como fonte de oportunidade estratégica.	A ciência é construída socialmente, não é mais possível separar C&T da sociedade, métodos para analisar os efeitos da C&T são desenvolvidos.
Século XXI	A ciência é desenvolvida por uma rede de atores, produzida coletivamente, incluindo o conhecimento local e os estilos nacionais. A ciência é entendida como para o bem da sociedade.	A ciência como construção social é colaborativa, desenvolvida por vários atores para além da academia, as ferramentas para avaliar as consequências sociais são ampliadas e a participação pública aumenta.

Fonte: elaboração própria a partir do trabalho de Velho (2011).

O campo de pesquisa CTS é um campo interdisciplinar e, devido a esta característica, definir suas fronteiras é algo desafiador, pois corre-se o risco de generalizar o campo como sendo de todos e para todos e com isso torná-lo de ninguém ou mesmo esvaziar suas pautas. Dessa forma, esta pesquisa utiliza a concepção de campo CTS fornecida por Hess e Sovacool (2020, p. 1) no qual os autores afirmam que

o campo CTS se dedica ao estudo dos processos pelos quais o conhecimento científico e os artefatos tecnológicos são construídos (desenvolvidos, mantidos e modificados) e também ao estudo das mudanças no contexto social e no mundo material que ocorrem como parte da formação mútua, da coconstituição, ou da coprodução da ciência e da tecnologia com a sociedade e o ambiente natural.

A partir desse conceito e ainda de acordo com os mesmos autores, podemos argumentar que cabe ao campo CTS:

- fornecer ferramentas para que a ciência e a tecnologia sejam estudadas por meio de lentes sociotécnicas distintas, essas lentes juntamente com metodologias apropriadas permitem aos pesquisadores do campo desenvolverem explicações diferentes sobre as dimensões epistêmicas da ciência e do conhecimento científico, não se limitando somente aos critérios técnicos, de adequação empírica ou de lógica;
- explicar as diferenças em sistemas tecnológicos e o projeto de uma cultura material, ao apresentar alternativas de interpretação para além das causas justificadas apenas em critérios técnicos como funcionalidade, custo e eficiência;
- apresentar uma explicação adequada sobre a ciência e as mudanças tecnológicas, bem como suas ligações estreitas com a sociedade e o ambiente natural, pressupondo que a ciência e a tecnologia estão socialmente inseridas;
- orientar um caminho intermediário entre o relativismo epistemológico (onde tudo é moldado socialmente) e o chamado realismo ingênuo (onde os recursos analíticos para explicar ciência, tecnologia e sociedade são reduzidos a fatores técnicos);
- contribuir para que a análise de temas que são ao mesmo tempo sociais e técnicos não sejam relegados aos fatores exógenos e por isso não são investigados;
- permitir o desenvolvimento de estudos que, além de estarem bem fundamentados teoricamente, sejam também empiricamente descritivos e socialmente relevantes, capazes de influenciar atores políticos e, ou outros atores sociais relevantes;
- fornecer capacidade analítica e normativos essenciais sobre as ligações complexas entre o que construímos, o que sabemos e quem somos;
- abordar questões de relevância política contemporânea, como as implicações éticas, legais e sociais de campos de estudo emergentes e controversos, tais como a Inteligência Artificial;
- ajudar a esclarecer questões de responsabilidade profissional e ética;

- oferecer formas de integrar conhecimentos em áreas impossíveis de serem apreendidas por meio de uma única disciplina, como por exemplos, incluir estudos de segurança, estudos ambientais, globalização, ciências humanas, biologia e sociedade;
- procurar compreender como a ciência e a tecnologia moldam as vidas e os meios de subsistência humanos e como a sociedade e a cultura, por sua vez, moldam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia;
- fazer e responder perguntas importantes sobre as dimensões históricas, culturais, sociais, políticas e econômicas da ciência e tecnologia;
- formar uma compreensão mais robusta da natureza da controvérsia, das causas das mudanças científicas e tecnológicas, da relação entre cultura e razão e dos limites dos métodos analíticos racionais na caracterização de problemas complexos, exigindo que os aspectos sociais e as perspectivas culturais sejam integrados na análise de causas e efeitos;
- explorar de forma rica e convincente a diferença que faz para as sociedades humanas o fato de nós, coletivamente, sermos produtores e utilizadores da ciência e da tecnologia;
- oferecer aos cidadãos das sociedades modernas e de alta tecnologia os recursos com os quais podem avaliar – analiticamente, estética e eticamente – os benefícios e os riscos, os perigos e as promessas de avanços significativos na ciência e na tecnologia;
- investigar como as descobertas científicas e as suas aplicações tecnológicas se ligam a outros desenvolvimentos sociais, ao direito, a política, as políticas públicas, a ética e a cultura.

Cada vez mais, os dilemas que confrontam as pessoas, seja no governo, na indústria, na política ou na vida cotidiana, ultrapassam as linhas convencionais da formação e do pensamento acadêmicos. Por sua vez, o campo CTS procura superar as divisões, particularmente entre as culturas das humanidades (investigação interpretativa) e das ciências naturais (análise racional). Ao concentrar a atenção acadêmica na ciência e na tecnologia como instituições humanas, situadas em contextos históricos, sociais e políticos mais amplos, o CTS fornece capacidade analítica sobre a relação entre C&T e as categorias básicas de pensamento social como raça e gênero, pobreza e desenvolvimento, confiança e credibilidade, participação e democracia, saúde e patologia, risco e incerteza, globalização e

proteção ambiental. As teorias e métodos do campo CTS oferecem novas abordagens para a compreensão das mudanças científicas e tecnológicas e suas interseções com outras dinâmicas sociais, políticas e econômicas.

A partir dessa breve contextualização, podemos entender como foi o caminho percorrido a contar do início das revoluções industriais, passando pelos primeiros pensadores que se importaram em estudar os desdobramentos que as mudanças trazidas com as revoluções causaram, desde a visão ingênua e naturalista da ciência até os movimentos questionadores da ciência e a consolidação do campo CTS que, de acordo com Sismondo (2010), considera a ciência e a tecnologia de maneira ativa e se dedica a estudar como elas são construídas. É dessa maneira que esta pesquisa direciona o olhar sobre a área de pesquisa conhecida como Inteligência Artificial, não de um lugar comum, mas com a intenção de investigar como essa área está sendo construída e como vem ocorrendo a participação da sociedade a respeito dela, principalmente dos atores do campo CTS no Brasil.

A partir dessa breve revisão bibliográfica que não tem a pretensão de esgotar o assunto, mas tão somente apresentar alguns autores e teorias importantes para o desenvolvimento do campo CTS e demonstrar os alicerces desta pesquisa, a seção seguinte tem o propósito de demonstrar o surgimento da Inteligência Artificial e suas repercussões mais eminentes como aquelas relacionados ao mercado de trabalho, à democracia, à privacidade e às relações sociais, que justificam seu estudo a partir das lentes do campo CTS. Dessa forma, nesta tese, ao desenvolver esta pesquisa numa abordagem CTS significa dizer que esta pesquisa é derivada de um CTS como um campo, e não apenas como espaço.

2.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Nesta seção, é apresentada uma breve história da Inteligência Artificial, uma área de conhecimento ampla e abrangente que perpassa pelas engenharias e pela computação. Esta área trouxe, desde o seu início, transformações que cada vez mais afetam nosso cotidiano em diversas formas e com efeitos de toda sorte. Assim como na seção anterior, não é pretensão deste trabalho esgotar todo conteúdo a respeito da IA, mas sim trazer à baila informações e conceitos relevantes para sedimentar uma base teórica para os desdobramentos desta pesquisa.

O desejo de substituição dos humanos em tarefas enfadonhas, demoradas ou mesmo para torná-las mais ágeis e econômicas, acompanha a humanidade há bastante tempo. A

motivação em desenvolver máquinas com a mesma capacidade humana de agir e pensar, portanto, não é recente. Apesar dos esforços que presenciamos na atualidade, a história nos mostra que essa motivação é ainda mais antiga, por exemplo, Leonardo da Vinci construiu um leão e um cavaleiro mecânico (um robô humanoide) por volta de 1495, fazendo uso de engrenagens, cordas e cabos. O cavaleiro autônomo de Da Vinci era capaz de fazer diferentes movimentos de maneira independente. René Descartes na sua obra *Discurso do método*, de 1637, traz à baila questões relacionadas à consciência humana, extrapolando-as para as máquinas, nas suas palavras “embora tais máquinas pudessem fazer muitas coisas tão bem ou talvez melhor do que alguns de nós, falhariam infalivelmente em algumas outras, pelas quais se descobriria que não agem pelo conhecimento” (Descartes, 2003, p. 57). As questões propostas por Descartes sobre consciência e razão ainda se encontram abertas, principalmente nas discussões a respeito da IA.

Ainda no encaixe das primeiras iniciativas para automatizar as tarefas mais tediosas e cansativas, encontramos os primeiros passos na matemática e a necessidade de tornar suas operações mais independentes, temos desde a criação dos ábacos cujas origens remontam a 5.500 a.C.; a régua de cálculo com escalas logarítmicas de 1622; os esforços de Pascal (1623-1662) que em 1642 criou uma calculadora mecânica, conhecida como *La Pascaline*, cujo objetivo era ajudar seu pai contador a fazer cálculos mais avançados e mais rapidamente; a primeira calculadora de bolso que efetivamente cumpriu o objetivo de realizar as quatro operações matemáticas básicas, desenvolvida por Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) que também desenvolveu o sistema binário de numeração; o tear programável de 1804, desenvolvido por Joseph-Marie Jacquard (1752-1834), para facilitar e agilizar os trabalhos na tecelagem que influenciou sobremaneira as próximas descobertas; a máquina analítica de 1842 que fazia uso dos conceitos implementados no tear programável, criada por Charles Babbage (1791-1871) cuja intenção era desenvolver um computador de uso geral capaz de executar diversas operações com base em instruções programadas; até Ada Lovelace (1815-1852) que desenvolveu o primeiro algoritmo em 1843 para ser processado na idealizada máquina de Babbage.

Segundo Isaacson (2020, p. 47) “as vezes, a inovação é uma questão de momento”, no caso do computador idealizado por Babbage e da programação elaborada por *lady* Lovelace, a tecnologia ainda não estava disponível e foram necessários quase cem anos e muitas tecnologias adjacentes para que esses se tornassem uma realidade.

Em 1937, Alan Turing apresenta um artigo no qual descreve uma máquina universal de uso geral, como a imaginada por Babbage e Lovelace, conhecida como a “máquina de Turing”. Apesar de ainda ser um experimento mental, esse foi o momento no qual as ideias e a tecnologia estavam caminhando lado a lado. A partir desse artigo seminal de Turing, no qual ele marcou seu nome na história da computação, até 1950, ano em que publica outro artigo igualmente transformador, no qual questiona se as máquinas são capazes de pensar, ele descreve um teste para ser aplicado à inteligência artificial, conhecido como o “teste de Turing”, marcando presença também na história da IA (Isaacson, 2020).

De acordo com Russell e Norvig (2004), o primeiro trabalho de IA foi o modelo de neurônio artificial de Warren McCulloch e Walter Pitts publicado em 1943, chamado neurônio MCP, a partir das teorias dos autômatos (da computação), da neurociência (do conceito de neurônio de Ramón y Cajal) e da teoria de computação de Turing. Além do modelo de neurônios artificiais, esses autores também preconizaram que uma rede de neurônios conectados poderia ser construída, a partir dela seria possível calcular qualquer função computável e que estas redes seriam capazes de aprender.

Esse foi um marco muito importante para a IA, a partir desse trabalho seminal de McCulloch e Pitts foram desenvolvidos os primeiros algoritmos de inteligência computacional (Andreu-Perez *et al.*, 2018). O primeiro computador de rede neural, conhecido como SNARC, foi desenvolvido em 1951 por Marvin Minsky e Dean Edmonds e então muito se avançou nas ciências computacionais e na eletrônica permitindo que o computador se tornasse completamente operacional (Russell; Norvig, 2004).

Durante essa época ocorreu a primeira conferência sobre IA com o objetivo de reunir pesquisadores das áreas de redes neurais, estudo da inteligência e teoria de autômatos, realizada em 1956 em Dartmouth, organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon. Foi no decorrer dessa conferência que John McCarthy cunhou o termo “Inteligência Artificial” e, esta passou a ser uma disciplina acadêmica (Bezdek, 2016; Russell; Norvig, 2004). Essa conferência durou 2 meses e contou com a presença de 10 participantes que ao se conhecerem marcaram os 20 anos seguintes da IA com suas pesquisas e alunos, principalmente no MIT, em Stanford e na IBM. A importância da IA ter se tornado uma disciplina independente está na sua busca por reproduzir aptidões inatas aos seres humanos e na sua metodologia, pois além de ser um ramo da ciência da computação ela é “o

único campo a tentar construir máquinas que funcionarão de forma autônoma em ambientes complexos e mutáveis” (Russell; Norvig, 2004, p. 19).

Apesar da motivação, dos estudos e das experimentações com o objetivo de desenvolver máquinas capazes de emular interações humanas não serem novidade, como demonstrado nos parágrafos anteriores, é a partir de 1956 que a IA começa sua jornada efetiva para alterar profundamente o mundo que conhecemos e ser alterada, como veremos a seguir, ela é a responsável por modificar a maneira como vivemos e trabalhamos atualmente.

Entre 1956 e 1974 muitas tecnologias foram desenvolvidas e aperfeiçoadas tanto na ciência da computação como na engenharia que subsidiaram o avanço da IA. Um exemplo foi a proposição do modelo *Perceptron* a partir do neurônio MCP, por Rosenblatt (1958), que quando arranjado em forma de rede constitui um tipo de Rede Neural Artificial bastante utilizado atualmente, o *Perceptron* Multi Camadas (Haykin, 2008). O desenvolvimento de computadores e de programas computacionais foram de grande importância para a evolução da IA, bem como o desenvolvimento de abordagens promissoras para solução de problemas baseadas em lógica. Nesse período, por exemplo, sistemas baseados em regras (ou sistemas especialistas) foram criados, como o DENDRAL, pela Universidade de Stanford, com o intuito de inferir a estrutura molecular de componentes desconhecidos dadas a massa espectral e a resposta magnética no nível nuclear, bem como o surgimento do Mycin, também em Stanford, que tinha como um dos objetivos o diagnóstico de doenças sanguíneas. O otimismo reinava e ocorreu forte financiamento por parte de agências governamentais, principalmente das ligadas à área militar, esse período ficou conhecido como anos de ouro da IA (WIPO, 2019). O entusiasmo pela IA era tamanho que esta foi retratada em um personagem do filme “2001: uma odisseia no espaço”, de Stanley Kubrick, o qual foi assessorado por Marvin Minsky, um dos principais nomes da IA na época.

Entre 1974 e 1980 tem-se o primeiro período conhecido como “inverno da IA” (do inglês *AI Winter*), após anos de otimismo, projeções confiantes e desempenhos encorajadores dos primeiros sistemas de IA, as primeiras limitações apareceram quando aplicada a problemas mais extensos e difíceis, assim, os financiamentos foram reduzidos, bem como o interesse pela IA também diminuiu (Russell; Norvig, 2004; WIPO, 2019). Um marco para esse período foi o lançamento do livro *Perceptrons: an introduction to computational geometry*, escrito por Marvin Minsky e Seymour Papert em 1969, com duras críticas ao modelo

conexionista *Perceptron* proposto por Frank Rosenblatt, onde suas limitações foram expostas. A partir desta publicação houve uma estagnação com relação aos estudos na área, retomados apenas após o início da década de 1980.

Após esse período de descrença na IA, os estudos sobre os sistemas especialistas baseados em conhecimento foram desenvolvidos e tiveram resultados positivos, trazendo luz novamente para a IA e mudando o foco da pesquisa e do financiamento nessa área, esse foi o período entre 1980 e 1987 (WIPO, 2019).

A partir da década de 1980, com o lançamento do projeto “*Fifth Generation*”, pelos japoneses no qual o objetivo era o desenvolvimento de computadores inteligentes, a IA torna-se uma indústria. Em resposta aos japoneses, os Estados Unidos formaram um consórcio de pesquisa conhecido como *Microelectronics and Computer Technology Corporation* e a Inglaterra voltou com seus investimentos em pesquisa na área de IA (Russell; Norvig, 2004). As empresas privadas também investiram fortemente em IA nesse período, de acordo com Russell e Norvig (2004) a maioria das grandes empresas no Estados Unidos possuíam seus sistemas especialistas e seu grupo de pesquisa e desenvolvimento em IA. A partir de 1986, as pesquisas sobre redes neurais artificiais (RNAs) foram retomadas principalmente quando alguns pesquisadores recriaram o algoritmo de aprendizado por retropropagação do erro (do inglês *error backpropagation*) (Rumelhart, Hinton e Williams, 1986), além de trabalhos sobre a aproximação universal das mesmas (Cybenko, 1989; Hornik; Stinchcombe; White, 1989). Outro marco importante desse período que se faz necessário mencionar, é a adoção de um método científico rigoroso que permite que os experimentos sejam reproduzidos (Russell; Norvig, 2004).

Entre 1987 e 1993 a IA vive seu novo inverno, a indústria de *hardware* especializado entra em crise, com limitações e alto valor para as atualizações, isso faz com que ocorra na época um descrédito entre os investidores e governo (WIPO, 2019). Após esse breve período sem chamar muita atenção, a IA retorna a cena com uma nova onda de otimismo, isso em decorrência do avanço no poder computacional, nesse período que vai de 1993 a 2011 a IA passa a ser orientada por dados (WIPO, 2019). Esse período contou com muitas realizações, a título de ilustração temos o famoso combate entre o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov contra a máquina da IBM, conhecida como *DeepBlue*, que vence o campeão mundial; outro exemplo, em 2011 a máquina Watson da IBM vence dois campeões humanos

no famoso programa de televisão americano de perguntas e respostas conhecido como *Jeopardy!*.

Os algoritmos de IA são usados em vários mercados verticais; os assistentes virtuais começam a se popularizar; os sistemas de *web recommendation*, responsáveis por analisar o comportamento de usuários na *internet* para fins de recomendar produtos, viram ferramentas imprescindíveis para o comércio eletrônico. Nesse bojo, presenciamos a partir de 2004 o surgimento de vários aplicativos e redes sociais virtuais, como a rede social *Facebook*; a rede social *Twitter* (atual X) é lançada em 2006; a *Apple* lança a primeira geração de *Iphone* (2007); o aplicativo de mensagens *WhatsApp* entra em atividade em 2009; o *Instagram* entra em atividade em 2010. Essas redes sociais virtuais e aplicativos utilizam de várias tecnologias de computação incluindo a IA, além de permitir uma interação global e rápida entre as pessoas e fornecer serviços aos usuários, elas usam algoritmos de aprendizado de máquina para exibir conteúdo personalizado aos usuários com base em suas preferências e comportamentos. Esses algoritmos analisam os dados dos usuários, como as postagens que eles curtem e compartilham, para determinar quais conteúdos são mais relevantes para cada usuário, bem como para vender a empresas a possibilidade de anunciarem nos seus aplicativos utilizando dados demográficos ou de preferências de consumo, oferecendo alvos de anúncios a partir de estudos que preveem o que os usuários têm intenção de comprar ou mesmo o que eles pensam. Isso sem que necessariamente os usuários tenham conhecimento explícito dessas análises e usos de seus dados pessoais.

Com o avanço da IA em diversos setores, na indústria não seria diferente. Em 2011 o termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em Hanôver na Alemanha, quando o governo desse país apresenta um plano estratégico para implantar a alta tecnologia, transformar os sistemas produtivos para que se tornem mais flexíveis e colaborativos e impulsionar suas indústrias. Muitos autores se referem a Indústria 4.0 como sendo a Quarta Revolução Industrial, pois espera-se uma nova onda de mudanças significativas nos processos de manufaturas (Santos *et al.*, 2018).

A Indústria 4.0 envolve a hiperconectividade, onde as tarefas podem ser executadas automaticamente e de maneira instantânea, as tecnologias espaciais e drones, a cibernética, as tecnologias para cidades inteligentes, a robótica, a neurotecnologia, a neurobótica, a biotecnologia, as tecnologias verdes e renováveis, a tecnologia 3D, a internet das coisas, a nanotecnologia, a grande massa de dados, as tecnologias de informação e comunicação, as

tecnologias móveis e principalmente os avanços em IA para a evolução na transformação da indústria para que essa se torne completamente inteligente.

Assim como nas revoluções anteriores, que causaram mudanças excepcionais na organização e nos processos de produção, bem como influenciaram e foram influenciadas por mudanças culturais e sociais, há expectativas de que essa nova revolução, que está em andamento, seja ainda mais disruptiva tanto ao moldar o trabalho e os locais de trabalho como os conhecemos, como a sociedade e normas culturais que vivenciamos (Rainnie; Dean, 2020; Ruyter; Brown; Burgess, 2019).

Após 2012 com a crescente disponibilidade de dados, o aumento do poder computacional, os progressos no aprendizado de máquinas e aprendizado profundo, a evolução das redes neurais e os avanços com a conectividade, o financiamento e o otimismo a respeito do potencial da IA cresce a cada dia (WIPO, 2019). A exemplo dos avanços a partir desse período, temos os carros autônomos evoluindo a olhos vistos, os algoritmos do Google como o *Classroom*, o *Brain*, o *DeepMind* vencendo o campeão mundial Lee Sedol no jogo de tabuleiro Go, o DeepFace (primeiro modelo de reconhecimento facial a superar um humano), o AmazonGo (um supermercado totalmente automatizado), o Eugene (primeiro *chatbot* a passar no teste de Turing), o ChatGPT, o DALL-E e o Sora da empresa OpenAI, entre outros.

Esses três últimos produtos da OpenAI são frutos da IA Generativa, área da IA com grande destaque após 2020, que tem por objetivo gerar conteúdo digital aparentemente novo com modelos de IA, em uma variedade de formatos de mídia, como texto, imagens e vídeos, a partir de descrições realizadas pelos usuários (Cao *et. al*, 2023). Apesar de não ser uma área nova dentro da IA, foi a partir do desenvolvimento de técnicas de Aprendizado Profundo, principalmente em conjunto com a arquitetura *Transformers*, que revolucionou o campo do Processamento de Linguagem Natural (PLN) (do inglês *Natural Language Processing* - NLP), a possibilidade de treinamento de grandes modelos e, conseqüentemente, a criação dos *Foundation Models* - Grandes Modelos de Linguagem (LLMs), de visão (LVMs), de áudio (LAMs), ou multi-modais (LMMs), com um número imenso de parâmetros (em bilhões) -, que chegamos nesse *boom* da IA Generativa na criação de conteúdo (Shoib *et. al*, 2023).

A capacidade desses modelos em aprender padrões complexos impressiona e continua a melhorar a cada dia. Concomitantemente, a disponibilidade desses modelos para o público em geral faz com que eles possam produzir produtos e serviços que não seriam

capazes de fazer anteriormente por limitação de conhecimento e, ou recursos financeiros e computacionais, tornando essas ferramentas um marco no uso da IA, aumentando consideravelmente seu alcance.

O ChatGPT, que vem causando um frenesi desde seu lançamento em 2022, é a junção da IA Generativa e do Processamento de Linguagem Natural. Ele é considerado um sistema de conversação ou sistema de diálogo, projetado para simular uma conversa humana natural, engajando-se em diálogos interativos com os usuários, ou seja, uma aplicação de IA que permite a interação verbal ou escrita entre uma pessoa (ator) e um agente virtual (actante). Esse sistema utiliza técnicas avançadas de NLP e de Aprendizado de Máquinas para compreender a entrada utilizada pela pessoa, para gerar respostas adequadas e manter uma conversa coerente. O objetivo principal é criar uma experiência de conversação fluida e natural, na qual o agente virtual seja capaz de compreender a intenção do usuário, fornecer informações relevantes e responder de maneira adequada as perguntas postas.

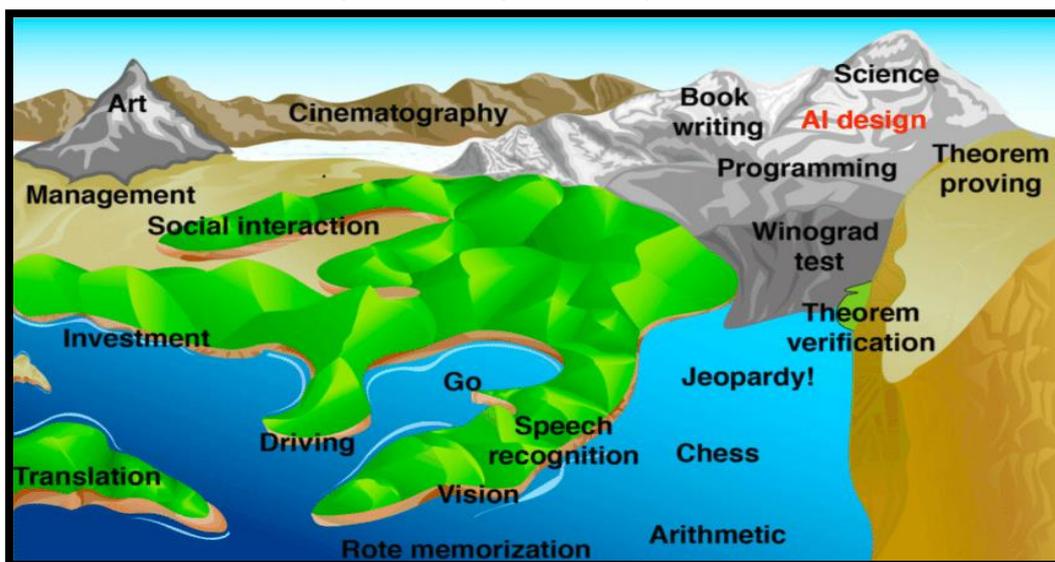
O PLN envolve o uso de algoritmos computacionais para processar, interpretar e gerar linguagem humana em texto ou fala. Esses algoritmos são treinados com grandes conjuntos de dados de treinamento, com o objetivo de aprender padrões e modelos linguísticos. Para a geração de respostas, os sistemas de conversação podem utilizar diferentes abordagens, como modelagem de linguagem, redes neurais recorrentes (RNNs) ou *transformers*. Essas técnicas permitem que o sistema gere respostas lógicas e dentro do contexto, levando em consideração o histórico da conversa e a intenção do usuário.

Assim sendo, foi possível observar que a história da IA até aqui passou por ondas de otimismo intenso e outras de descréditos e falhas desastrosas, no entanto, espera-se que a IA modifique cada vez mais os processos em uma ampla gama de domínios nas mais diversas áreas do saber. Esta é uma área de pesquisa em rápida ascensão e isso faz com que previsões sejam arriscadas, contudo, algumas áreas devem ser analisadas com mais dedicação, com especial atenção a propriedade de dados e o acesso a eles, principalmente no que se refere à privacidade e ao preconceito. Nesse sentido, os governos, as organizações intergovernamentais, as instituições educacionais e as empresas devem desempenhar um papel ativo e relevante na regulamentação das tecnologias de IA (WIPO, 2019). Assim, parece central nesse momento nos prepararmos como país e como sociedade para participarmos ativamente dessa fase de rompimento significativa.

Ademais, há que se falar sobre quais áreas de atuação estão sofrendo modificações em sua configuração ou mesmo sendo os trabalhadores substituídos pelas tecnologias de IA na sua concepção e, ou execução. Nesse sentido, Moravec (1998) argumenta que os computadores possuem potencial para executar tarefas ilimitadamente e nós humanos possuímos capacidades elevadas em algumas áreas, mas somos limitados. E para sustentar seu argumento o autor descreve o que seria uma “paisagem de competências humanas”, fazendo uma metáfora com o avanço do mar (IA) nas planícies e montanhas (competências humanas). Nessa metáfora, algumas das competências humanas já estão submersas, ou seja, já são bem executadas (substituídas) pelas tecnologias de IA e, como outras aparentemente de domínio humano seguro, estão ameaçadas com o avanço da IA, sugerindo, assim, que devemos nos preparar para o momento em que as máquinas terão a mesma capacidade de atuar em qualquer área de maneira tão inteligente quanto qualquer pessoa.

Para ilustrar essa metáfora, Tegmark (2020, p. 66) apresenta uma paisagem de competências, apresentada na Figura 2, onde nos lugares mais altos estão as áreas que a IA ainda não consegue exercer um domínio relevante, mas não podemos afirmar que essas áreas não serão necessariamente atingidas em algum momento; os lugares mais próximos do mar representam as próximas áreas que a IA se igualará à capacidade humana na sua execução e as que estão submersas são as áreas onde a IA já é capaz de substituir as pessoas tão bem ou melhor. Ou seja, para uma atividade passível de ser encapsulada em dados é provável que em algum momento haverá uma IA que poderá executá-la.

Figura 2 - Paisagem de competências.



Fonte: (Tegmark, 2020, p. 66).

No relatório “*Artificial Intelligence and life in 2030*” (Stone *et al.*, 2016), são discutidas e apresentadas as principais áreas nas quais as tecnologias de IA são tendências nas pesquisas com o intuito de construir sistemas inteligentes e confiáveis como os humanos. Essas áreas são: aprendizado de máquina em grande escala (para trabalhar com conjuntos de dados extremamente grandes); aprendizagem profunda (para que haja avanços em áreas como percepção, áudio e fala); aprendizagem por reforço (para tomada de decisão sequencial baseada na experiência, eliminando a necessidade de dados rotulados); robótica (para treinar robôs para interagir com o mundo real de maneira generalizável e previsível); visão computacional (atualmente a forma mais proeminente de percepção da máquina e a pesquisa está focada em possibilitar que rotulações automáticas de imagens e vídeos sejam geradas); processamento de linguagem natural (para desenvolver sistemas refinados e capazes de interagir com pessoas por meio do diálogo); sistemas colaborativos (para desenvolver sistemas autônomos, a partir de modelos e algoritmos, que possam trabalhar em colaboração com outros sistemas e com humanos); *crowdsourcing* e computação humana (para conceber formas inovadoras de aproveitar a inteligência humana para resolver problemas que os computadores não resolvem bem sozinhos); algoritmos de teoria de jogos e escolha social computacional (para dimensões de computação econômica e social incluindo estruturas de incentivos); internet das coisas (para utilizar ampla gama de dispositivos interconectados – desde eletrodomésticos até edifícios - com o intuito de coletar e compartilhar suas informações sensoriais); computação neuromórfica (para melhorar redes neurais profundas em uma ampla gama de tarefas, com modelos alternativos de computação inspirados no que se sabe sobre redes neurais biológicas). Ademais, esse relatório afirma que há um foco crescente em desenvolver sistemas com consciência humana, ou seja, que possuem características dos indivíduos com os quais irão interagir (Stone *et al.*, 2016, p. 14–17).

As tecnologias de IA estão presentes em nossas vidas e cada vez mais elas se tornam uma força central na sociedade, sendo incontáveis as áreas alteradas por essas tecnologias e muitas serão nas próximas décadas. Considerando os avanços recentes na IA e seus efeitos, é necessário que cada país prepare seu plano de ações para regular, se beneficiar das tecnologias e lidar com os desafios (Goralski; Tan, 2020; Srivastava, 2018) e, por isso, tem sido recomendado aos governos que incentivem ações ligadas ao desenvolvimento de habilidades relevantes para uma economia baseada em IA (Trajtenberg, 2019). Muito se desenvolveu em termos de ferramentas e aplicações das tecnologias que decorrem dessa área, a ponto de

estarmos em um momento de grande transformação tecnológica e social, ou seja, um momento de rápidas e profundas mudanças.

De acordo com Floridi *et al.* (2018), não há dúvidas sobre a grande repercussão da IA de maneira geral, a questão agora é sobre como será esse efeito, como ele será regulamentado, quem será afetado, como, onde e em quanto tempo e não menos importante, quem está controlando essas tecnologias. Isso posto, resta saber como participar ativamente como sociedade para melhor aproveitarmos as consequências dessas tecnologias e, também influenciá-las a nosso favor.

Portanto, é importante que campos de pesquisa como o CTS se envolvam nessa discussão, para trazer à baila discussões sobre as implicações tecnocientíficas dessa tecnologia, num conceito social, de forma a permitir que a sociedade possa participar e não apenas assistir as decisões tomadas pelos tecnocratas, combatendo a visão alienante de neutralidade e benesses partilhadas.

2.2.1 Mas o que é Inteligência?

No debate a respeito da Inteligência Artificial há muitas controvérsias, uma boa contenda está nas definições de alguns conceitos relevantes para essa área. Um deles é inteligência, o que significa dizer que algo/alguma coisa/alguém é inteligente? Como a matéria se torna inteligente? O que significa pensar? Nessa seção, para delimitar nosso escopo de estudo, são apresentadas algumas noções básicas do que se entende por inteligência e por inteligência artificial.

À primeira vista pode parecer simples responder o que é inteligência, porém, não há uma definição universal e unidimensional, esse é ainda um tema em disputas em vários campos do saber. Cientistas de várias áreas estão empenhados em alcançar uma definição formal do que venha ser a inteligência humana, quais atributos ela possui, como medi-la, se há uma inteligência geral e, ou específicas, como ela se manifesta, o que a influencia, como ela se desenvolve, entre outros.

A busca pela compreensão do encéfalo (cérebro/prosencéfalo, mesencéfalo, cerebelo e tronco encefálico) e, por consequência, a busca pela compreensão das emoções humanas, da nossa consciência, imaginação, formação dos pensamentos (abstratos e lógicos), de como pensamos, da nossa capacidade de ver e ouvir, de nos movermos, de raciocinar, de perceber,

de aprender e compreender, de prever e manipular, de como se molda a nossa inteligência não são buscas recentes. Há evidências de esforços para compreensão do funcionamento do cérebro humano desde nossos ancestrais pré-históricos (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Nessa busca temos a neurociência, que é uma disciplina relativamente nova na qual pesquisadores estão empenhados em encontrar respostas. A neurociência possui característica interdisciplinar e tem como objetivo, de acordo com Bear, Connors e Paradiso, (2017, p. 21), “compreender como o sistema nervoso funciona”. Nesse processo de busca pela compreensão do nosso sistema nervoso existe uma célula muito importante, o neurônio, segundo esses autores, o neurônio é uma “célula nervosa individual (...) reconhecida como a unidade funcional básica do sistema nervoso” (Bear; Connors; Paradiso, 2017, p. 13), são os neurônios os responsáveis pela rápida transmissão de informação no corpo humano, logo para entender o funcionamento do nosso cérebro, grandes esforços nas pesquisas a respeito dos neurônios têm sido empregados.

Apesar dessa busca não ser nova, a compreensão que ela procura ainda é um grande desafio para todas as áreas que compõem não só a neurociência. Para melhorar as análises e expandir as pesquisas, a neurociência está segmentada em níveis de acordo com a complexidade de seu estudo, essa divisão compreende a neurociências moleculares, neurociências celulares, neurociências de sistemas, neurociências comportamentais e neurociências cognitivas, sendo esta última devotada a compreender como a mente é criada a partir das atividades do cérebro (Bear; Connors; Paradiso, 2017), como ocorrem os processos de aprendizagem, memória, pensamento e percepção.

De acordo com Bear, Connors e Paradiso (2017), atualmente as pesquisas em neurociência indicam que a base física da mente é o cérebro, não havendo, pois, separação entre mente-corpo, ou seja, todos os processos mentais são executados pelo cérebro (um sistema físico). Ainda, a avaliação da inteligência é realizada a partir do sistema nervoso e suas conexões sinápticas, sendo a inteligência distribuída como uma curva Gaussiana e para averiguar a inteligência faz-se uso de testes padronizados conhecidos como o Quociente médio de inteligência (QI).

Vejamos como surgiu o teste QI. Em 1859, Charles Darwin (1809-1882) publica seu livro seminal “A origem das espécies” e apresenta a teoria da evolução, segundo a qual na busca pela sobrevivência a espécie que sobrevive não é a mais forte, mas sim a que melhor se adapta, esse fato ele chamou de seleção natural (Darwin, 2009). Francis Galton (1822-

1911), primo de Darwin, desenvolve a teoria da evolução de Darwin e publica a primeira edição do livro *"Hereditary Genius"* em 1869, no qual afirma que a inteligência é uma característica hereditária e a partir de sua teoria desenvolve um método para medir a inteligência humana, composto de teste físicos e psicológicos (Galton, 1892), apresentando a ideia de que era possível mensurar a inteligência humana.

Anos mais tarde, Alfred Binet (1857-1911), juntamente com Théodore Simon (1872-1961), desenvolviam pesquisas nesse encalço, qual seja, medir a capacidade intelectual humana e juntos criaram os pilares para o teste de QI, em 1905, conhecido como teste Binet-Simon. Segundo esses autores, processos mentais como memória, imaginação, compreensão, atenção são mais complexos e são essas capacidades mentais que tornam os indivíduos diferentes intelectualmente (Binet; Simon, 1904).

Avançando no tempo, chegamos a 1912, ano em que o termo QI, para designar a razão entre a idade mental e a idade cronológica, é cunhado por Wilhelm Stern que também conduzia pesquisas e experimentos com o intuito de medir a inteligência. Lewis Madison Terman (1877-1956), multiplica por 100 a divisão proposta por Stern em 1916, com o propósito de simplificar o teste, criando a escala Stanford-Binet com padrão médio 100 para o QI, ainda em uso.

Antes, porém, da criação do teste de QI, em 1904 Charles Edward Spearman (1863-1945) propõe a existência de um fator geral (g) que é o que define a inteligência. A partir de seus estudos a respeito das habilidades intelectuais, das suas correlações e dependência, Spearman concluiu que existe uma forte correlação entre as habilidades intelectuais e que havia um fator comum geral entre essas habilidades, afirmando que se um indivíduo vai bem em um teste tende a ir bem em todos, graças a esse fator g . Na sua teoria bifatorial da inteligência, Spearman observou que além do fator g comum a todas as habilidades intelectuais há também um fator específico (fator s), exclusivo de cada habilidade. Assim, infere que para realizar uma atividade intelectual é preciso um fator geral e um específico apropriado a tarefa (Spearman, 1904, 1927).

A teoria fatorial da inteligência também teve a contribuição de Louis Leon Thurstone (1887-1995) que, ao contrário de Spearman, acreditava na existência de múltiplas aptidões que explicam o desempenho intelectual de um indivíduo, sendo essas aptidões independentes entre si, sem um fator geral comum entre elas. A partir de sua pesquisa com a análise fatorial múltipla criou a teoria das aptidões primárias, na qual identificou as

seguintes aptidões: raciocínios (indutivo, numérico, aritmético e dedutivo), compreensão verbal, fluidez verbal, velocidade perceptiva, memória, aptidões espaciais e visuais (Thurstone, 1931, 1934).

A partir das teorias fatoriais de Spearman e Thurstone, Raymond Bernard Cattell (1905-1998) demonstrou a existência de dois fatores gerais comuns as habilidades intelectuais humanas, essa teoria foi confirmada e desenvolvida por John Leonard Horn (1928-2006) e esses dois fatores gerais ficaram conhecidos como inteligência fluida (componente não verbal, determinada principalmente por aspectos biológicos) e inteligência cristalizada (produzida pelas experiências culturais e educacionais). John Bissell Carroll (1916-2003), por sua vez adicionou sua contribuição à concepção da inteligência multidimensional ao desenvolver a teoria das três camadas, na qual as habilidades intelectuais são divididas hierarquicamente em três camadas, a primeira composta por capacidades específicas, a segunda por capacidades gerais e a terceira por uma única capacidade geral (fator geral g).

Com fundamento nas teorias de Cattell, de Horn e Carroll, foi desenvolvida por Kevin Scott McGrew (1958 -) e Dawn P Flanagan (1964 -), a teoria das capacidades cognitivas de Cattell-Horn-Carroll, ou teoria CHC das habilidades cognitivas que compreende a inteligência como multidimensional e capaz de ser estimulada, essa teoria reconhece a existência do fator geral (g), contudo, afirma que a inteligência também é composta por outras capacidades amplas e por fatores específicos, que podem ser avaliados pelos testes de inteligência (Schelini, 2006).

Ademais, é importante mencionar as contribuições da teoria das inteligências múltiplas propostas por Howard Gardner (1942 -) para a compreensão do que venha ser inteligência. Segundo Gardner (1994, p. x), “uma inteligência é a capacidade de resolver problemas ou de criar produtos que sejam valorizados dentro de um ou mais cenários culturais”, a partir dessa definição o autor estabelece um conjunto de inteligências abrangentes, quais sejam, inteligência linguística, inteligência musical, inteligência lógico-matemática, inteligência espacial, inteligência corporal-cinestésica, inteligência pessoais (interpessoal e intrapessoal). Essa teoria questiona os testes de inteligência, alegando que eles não são suficientes para avaliar todas as capacidades intelectuais humanas, bem como critica a conceituação de um fator geral que daria a inteligência dos indivíduos. Nas palavras de Gardner (1994, p. 7), “está cada vez mais difícil negar a convicção de que há pelo menos algumas inteligências, que estas são relativamente independentes umas das outras e que

podem ser modeladas e combinadas numa multiplicidade de maneiras adaptativas por indivíduos e culturas”.

Pierre Lévy, por sua vez, discorre a respeito de uma inteligência coletiva desenvolvida a partir da simbiose entre humanos, algoritmos e dados, para este autor conhecido por sua teoria da Cibercultura - na qual ele estabelece as relações entre a cibercultura, o ciberespaço, a ciberdemocracia e a inteligência coletiva -, “as redes de computadores suportam uma série de tecnologias intelectuais que aumentam e modificam a maior parte das nossas capacidades cognitivas” (Lévy, 2001, p. 14).

Após essa pequena síntese a respeito da inteligência humana, percebemos que mesmo a respeito da nossa inteligência não há consenso entre as correntes e esse é ainda um campo em disputa. Após essa breve revisão, vejamos como os cientistas pesquisadores da inteligência artificial define inteligência e seus desdobramentos.

A ideia do neurônio artificial e das redes neurais artificiais em muito se assemelha com os neurônios e as redes neurais no encéfalo humano. A compreensão de inteligência para máquinas parte do mesmo entendimento para humanos, assim, a construção de neurônios artificiais e suas redes foi de grande importância para o avanço das ferramentas e aplicações da IA.

Assim como não há uma definição universalmente aceita para inteligência humana, não há também um conceito exato para a das máquinas. De acordo com Tegmark (2020, p. 62), uma boa definição de inteligência é “capacidade de atingir objetivos complexos”, para esse autor essa definição é ampla e inclusiva, pois nos objetivos complexos pode-se incluir compreensão, autoconsciência, resolução de problemas, aprendizagem, entre outros. Essa definição é interessante também porque não quantifica a inteligência, pois parte do princípio de que existem muitos tipos de inteligência e não faz sentido discutir se algo é ou não inteligente em casos próximos. E muito importante, esse é um conceito imparcial em termos de valor, pois essa capacidade é independente dos objetivos serem considerados bons ou ruins (Tegmark, 2020).

Bem como há teorias que estabelecem uma variedade de capacidades intelectuais humanas, também há derivações interessantes do conceito de inteligência para máquinas. Segundo Tegmark (2020), é importante compreender a conceituação de inteligência limitada e a ampla, sendo a inteligência limitada definida como a capacidade de atingir um conjunto restrito de metas, a exemplo de dirigir um carro, jogar xadrez etc. A inteligência humana hoje

é muito mais ampla comparada à artificial, as máquinas nos superam em um número limitado de domínios. A inteligência artificial ampla (ou geral, de nível humano) por sua vez, pode ser definida como uma inteligência não biológica, com a “capacidade de realizar qualquer objetivo, pelo menos tão bem quanto os humanos”, e nisso inclui-se o aprendizado (Tegmark, 2020, p. 63). Interessante perceber nessa definição que a princípio não se busca a perfeição, mas um conjunto de capacidades pelos menos tão boa quanto a dos humanos.

Uma definição mais técnica para inteligência artificial é apresentada por Luger (2013, p. 1) “a inteligência artificial (IA) pode ser definida como o ramo da ciência da computação que se ocupa da automação do comportamento inteligente”. Para esse autor, por ser parte da ciência da computação, a IA deve, para conceituar o conhecimento, fazer uso de estruturas de dados e, para aplicá-lo, utilizar algoritmos. Todavia, esse mesmo autor reconhece que a definição do que é inteligência não é uma tarefa fácil e não existe até o momento um consenso e ao fazer uma reflexão sobre as raízes dessa área, reconhece a importância das contribuições dos filósofos para a construção do que se entende por IA. Desde as concepções de lógica proposta por Aristóteles da argumentação baseada em uma condicional (*modus ponens*), passando pelas abordagens de Francis Bacon, retratadas em algoritmos modernos de IA, até René Descartes, com seus conceitos sobre pensamento e teorias da mente, subsidiaram os estudos da IA, uma vez que “os processos mentais, como os processos físicos, por fim podem ser caracterizados por meio da matemática formal” (Luger, 2013, p. 6).

De acordo com Russell e Norvig (2004), a inteligência artificial é uma área universal pois “sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana” (Russell; Norvig, 2004, p. 4). Para esses autores, a IA “para além de compreender entidades inteligentes pretende construí-las” (Russell; Norvig, 2004, p. 4). Esses autores apresentam as estratégias adotadas para o estudo da IA a partir da conceituação do que é inteligência artificial pela dimensão humana, pela dimensão racional e pela dimensão comportamental (a humana e a racional). Ou seja, buscando conceituar e desenvolver a IA a partir de 4 (quatro) visões, quais sejam, (i) sistemas que pensam como seres humanos e (ii) sistemas que se comportam como seres humanos (para aqueles que buscam uma inteligência fiel a humana), (iii) sistemas que pensam racionalmente e (iv) sistemas que se comportam racionalmente (para aqueles que buscam uma inteligência ideal).

Mesmo Alan Turing, em seu artigo seminal de 1950, ao questionar se uma máquina pode pensar, julgou complexa a tarefa de definir o significado de máquina e de pensar, por isso acreditou ser mais prudente substituir esse questionamento por outro, qual seja, podem as máquinas imitar o comportamento humano inteligente? (Turing, 1950). Nesse sentido, Turing (1950) propôs um teste no qual uma máquina deveria imitar o comportamento humano inteligente de tal forma que um indivíduo, a partir do resultado das tarefas realizadas, não saberia dizer se essa tarefa foi executada por um humano ou por uma máquina. Turing encerra esse seu artigo afirmando que “podemos ver apenas uma curta distância à frente, mas podemos ver que muito precisa ser feito” para se chegar no dia em que a máquina imitaria tão bem o comportamento humano inteligente a ponto de não ser reconhecida.

Alan Turing tinha razão, apenas em 2014 a primeira máquina passou no seu teste e muitas controvérsias surgiram a partir de sua ideia. John Rogers Searle é um dos que não concordam com a ideia de que uma máquina ao passar no teste de Turing deve ser considerada com uma inteligência equivalente a humana. Assim, Searle (1980), propõe uma situação hipotética conhecida como “o quarto chinês”, na qual simula um quarto onde uma pessoa que não compreende o idioma chinês é colocada. Nesse quarto há um livro com regras sobre como responder em chinês as questões que serão apresentadas a essa pessoa. Essas regras explicam como analisar um conjunto de símbolos chineses e como elaborar um novo conjunto de símbolos chineses, os quais uma pessoa que compreende chinês aceitaria como sendo uma resposta adequada. As questões são passadas por uma entrada do quarto, a pessoa deve olhar essas questões, usar o livro de regras e entregar uma resposta. Mesmo sem conhecer o idioma chinês a pessoa é capaz, com o uso do livro de regras, responder as questões de maneira adequada de tal forma que as pessoas que recebem a resposta acreditem que o indivíduo que está no quarto compreende o idioma chinês. O autor deixa claro que mesmo que as pessoas acreditem que o indivíduo dentro do quarto saiba chinês, ele na verdade não compreende nada a respeito do que foi solicitado nem da resposta que ele mesmo emitiu, pois não conhece esse idioma. Dessa forma, o autor argumenta que a execução de um programa correto não é condição suficiente para ser considerado inteligente, afinal não promove compreensão, tal como a mente humana, discordando, portanto, do teste proposto por Turing.

Searle (1990), refaz a pergunta inicial do artigo de 1950 de Turing, qual seja, “pode a máquina pensar?”, retomando ao quarto chinês, o autor também questiona se o cérebro humano também pode ser considerado um programa de computador, alegando não ser possível essa comparação uma vez que um programa de computador é capaz apenas de manipular símbolos enquanto a mente humana é capaz de atribuir significado (compreensão) para esses símbolos.

Nesse mesmo viés temos as críticas formuladas por Dreyfus (1972) que também sustentava que os computadores não são capazes de ter as mesmas habilidades que uma mente humana, pois essas não podem ser reduzidas à mera manipulação de algoritmos. No seu argumento, o autor defende que os computadores não poderiam desenvolver capacidades implícitas, uma vez que só operam com regras explícitas; os computadores não são capazes de desenvolver uma linguagem espontânea; os computadores não são capazes de reconhecer padrões em problemas complexos. A despeito dos avanços da IA, desde a publicação das críticas de Dreyfus, algumas delas ainda permanecem atuais, principalmente no que se refere à capacidade dos computadores, pois estes ainda não são capazes de se equipararem integralmente à capacidade intelectual humana ampla.

Nessa querela, existem também duas hipóteses para a percepção da IA, principalmente entre os pesquisadores da área. A primeira considera que a máquina é capaz de agir como se fosse inteligente (simulação), sendo chamada de hipótese da IA fraca. A segunda considera que a máquina está realmente pensando e não simulando, sendo chamada de IA forte (Russell; Norvig, 2004). Para esses autores a maioria dos pesquisadores da IA não se preocupam com a hipótese da IA forte contando que o programa funcione.

Em suma, podemos dizer que a Inteligência Artificial é um guarda-chuva que abrange várias áreas de pesquisa em ciência da computação, engenharia elétrica, matemática, estatística e outras áreas relacionadas. Algumas das principais áreas dentro desse guarda-chuva incluem:

- ✓ **Aprendizado de máquina:** é um ramo da IA que se concentra em desenvolver algoritmos que podem aprender e melhorar com base em dados. O aprendizado de máquina pode ser supervisionado, não supervisionado ou por reforço.
- ✓ **Redes neurais:** são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. As redes neurais são usadas em muitas aplicações de aprendizado de

máquina, como reconhecimento de fala, visão computacional e processamento de linguagem natural.

- ✓ Processamento de linguagem natural: é a área da Inteligência Artificial que se concentra em fazer com que as máquinas entendam e produzam linguagem humana. Isso inclui tarefas como tradução automática, resumo de texto, reconhecimento de fala e *chatbots*.
- ✓ Visão computacional: é a área da IA que se concentra em permitir que as máquinas entendam imagens e vídeos. Isso inclui tarefas como reconhecimento facial, detecção de objetos e análise de movimento.

Essas são apenas algumas das muitas áreas que estão dentro do guarda-chuva da Inteligência Artificial, e a lista continua a crescer à medida que novas tecnologias e técnicas são desenvolvidas.

Após essa breve revisão sobre o que venha a ser inteligência e toda a controvérsia encontrada, a reflexão de Turing (1950) ainda é muito atual no que se refere as possibilidades da inteligência artificial atingir qualquer objetivo tão bem como os humanos, já que ainda conseguimos prever apenas sobre “uma curta distância à frente” no entanto, é perceptível que é preciso fazer muito, tanto para se chegar a máquinas com inteligência equivalente à humana quanto para desenvolvermos discussões acerca de seus desdobramentos na sociedade.

2.2.2 Desdobramentos da Inteligência Artificial

Embora as tecnologias desenvolvidas pela IA possam atuar como um catalisador para melhorar questões desafiadoras para a sustentabilidade do planeta, elas também podem desencadear desigualdades sociais que podem atuar como inibidores ou mesmo aumentar as diferenças entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento (Vinuesa *et al.*, 2020). Por exemplo, a IA pode ajudar a identificar áreas de pobreza e fomentar a ação internacional por meio de imagens de satélite, porém, de acordo com Jean *et al.* (2016), alguns países em desenvolvimento possuem uma baixa quantidade e qualidade de dados que possam permitir um estudo mais aprofundado a respeito da pobreza instalada e mesmo a respeito das questões relativas à saúde. Considerando as dificuldades encontradas nesses países para aumentar a escala tradicional de coleta de dados, esses autores sugerem um caminho

alternativo de novas fontes de dados coletados passivamente, como dados de redes sociais virtuais, mídias, redes de telefonia móvel ou satélites. De acordo com a pesquisa de Jean *et al.* (2016), redes neurais treinadas e técnicas poderosas de aprendizado de máquinas podem ser grandes aliadas nos esforços para rastrear e combater a pobreza.

Nagano (2018) aponta que apesar dos ganhos que poderão ocorrer há que se analisar as consequências, a exemplo do problema com o desemprego, a renda básica e os impostos sobre robótica estão em debate, contudo, isso será viável em países desenvolvidos, mas para os em desenvolvimento não há contramedida aparente. Ademais, Nagano (2018) alerta para o aumento da lacuna econômica entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento a despeito dos ganhos com a globalização e para a necessidade de alternativas para que os países em desenvolvimento possam resolver seus problemas de digitalização, evitando a situação em que humanos comecem a trabalhar abaixo do custo para manter os robôs. Trajtenberg (2019) corrobora com essa perspectiva, argumentando que a IA pode exacerbar a desigualdade também dentro das nações, substituindo empregos antigos por aqueles que exigem mais habilidades, além de recompensar melhor apenas os com mais formação e oportunidades.

A probabilidade de substituição de trabalhos repetitivos e pouco cognitivos por máquinas é grande, isso torna a situação do Brasil preocupante. Conforme apresentado por Albuquerque *et al.* (2019), estes tipos de trabalho correspondem a aproximadamente 55% das ocupações atuais no país sendo, portanto, parte propícia à substituição por novas tecnologias como a IA.

Sob outra perspectiva, Acemoglu e Restrepo (2020) acreditam que a IA trará benefícios associados ao aumento da produtividade e redução dos custos de produção, esses autores supõem que, apesar da redução da demanda por trabalho humano em determinadas áreas, sempre existirão forças compensatórias como a criação de novas tarefas que promovem a reintegração do trabalho. No entanto, ressaltam que as novas tarefas exigem novas habilidades, por isso sugerem que a educação acompanhe as novas demandas por habilidades e destacam a importância de se pensar além dos currículos atuais, pois há pouca informação concreta sobre quais tipos de habilidades as novas tecnologias irão demandar e os currículos atuais podem não atender a tais demanda gerando uma escassez de habilidades e não de trabalho. Alternativas como políticas públicas que apoiem a pesquisa acadêmica e

aplicada e os fatores sociais críticos que estão no caminho de desenvolvimento da IA devem ser consideradas pelos governantes (Acemoglu; Restrepo, 2020).

Outra desvantagem importante da IA, a mencionar, é que suas técnicas são tradicionalmente desenvolvidas tendo por base as necessidades e os valores das nações nas quais ou para quais a IA é desenvolvida. Se as tecnologias de IA e *big data* forem usadas em regiões onde a transparência e falta de controle democrático são a regra, a IA pode ser usada para incentivar o nacionalismo, o ódio contra as minorias e o preconceito nos resultados eleitorais (Helbing; Pournaras, 2015) ameaçando as democracias. Esses autores relatam que em poucos anos 150 bilhões de coisas estarão conectadas umas com as outras e com as pessoas e quem constrói os filtros para monetizar com essas informações são empresas como o Google e o Facebook. Dessa forma, quem determina muito das nossas escolhas são os algoritmos, o que por sua vez enfraquece os tomadores de decisão e a sociedade como um todo. Nosso comportamento está a cada dia sendo mais e mais guiado por anúncios personalizados e pelos resultados de pesquisa, sistemas de recomendação e tecnologias de rastreamento de emoção. Sendo assim, empresas e governos podem cada vez mais manipular nossas decisões, comportamentos e até mesmo nossos sentimentos (Francescato, 2018; Helbing; Pournaras, 2015).

Nessa perspectiva, o termo “*big nudging*” surgiu para definir o uso de *big data* e IA para explorar fraquezas psicológicas, manipular nossas perspectivas e decisões, criando problemas como danos à coesão social, princípios democráticos e até mesmo aos direitos humanos (Helbing *et al.*, 2019). Esses autores destacam que com a evolução econômica e social, decorrente dessas novas tecnologias, a complexidade social continuará a crescer e que por isso uma solução é a inteligência coletiva, ou seja, uma ciência cidadã precisa ser incentivada. Para Helbing *et al.* (2019), a sociodiversidade é tão importante quanto a biodiversidade, pois além de incentivar a inteligência coletiva e a inovação, proporciona também resiliência, a capacidade de nossa sociedade de lidar com conflitos inesperados.

Uma forma de utilizar a IA negativamente para controle social pode ser percebida na aplicação dessa tecnologia para desenvolver pontuações de cidadãos, ou créditos sociais, que são usadas para controlar o comportamento das pessoas (Helbing *et al.*, 2019). Este tipo de pontuação é um exemplo claro de ameaça aos direitos humanos por meio do uso indevido da IA e um dos seus maiores problemas é a falta de informação por parte dos cidadãos sobre o tipo de dados analisados e as consequências que isso pode ter nas suas vidas.

No que se refere às questões de igualdade de gênero, uma outra lacuna importante da IA se apresenta, pois não há pesquisas suficientes para avaliar o efeito potencial de tecnologias como algoritmos inteligentes e reconhecimento de padrões sobre discriminação contra mulheres e minorias. Por exemplo, algoritmos de aprendizado de máquina treinados em artigos sem base científica podem aprender e reproduzir os preconceitos sociais contra mulheres e meninas, que estão embutidas nas linguagens atuais. Em *Embeddings*, uma técnica popular em processamento de linguagem natural, foram encontrados vieses para agravar os estereótipos existentes de gênero (Bolukbasi *et al.*, 2016).

Por outro lado, a IA pode ajudar a identificar fontes de desigualdade e conflito como demonstrado por Dalenberg (2017) e, com isso, potencialmente reduzir as desigualdades como, por exemplo, usando simulações para avaliar como as sociedades virtuais podem responder as mudanças. No entanto, existe um risco subjacente quando se usa a IA para avaliar e prever o comportamento humano, que é o viés inerente aos dados. A exemplo, uma série de desafios discriminatórios são enfrentados na segmentação automatizada de publicidade de emprego online usando IA (Dalenberg, 2017), essencialmente relacionada aos vieses em processos de seleção conduzidos por humanos recrutadores. O trabalho de Dalenberg (2017) destaca a necessidade de modificar o processo de preparação de dados e adaptar explicitamente os algoritmos baseados em IA usados para processos de seleção para evitar tais vieses.

Sob outra perspectiva, os benefícios da IA podem ser derivados da possibilidade de analisar bancos de dados interconectados em grande escala para desenvolver ações voltadas à preservação do meio ambiente, por exemplo. No que concerne a ação climática, há evidências de que os avanços da IA apoiarão a compreensão das mudanças climáticas e a modelagem de suas possíveis repercussões. Além disso, a IA apoiará a alta integração de diferentes fontes de energia renovável com eficiência energética em redes inteligentes (Nagano, 2018) necessários para lidar com as mudanças climáticas.

A IA também pode ser usada para ajudar a melhorar a saúde de ecossistemas. De acordo com Andrade *et al.* (2021), a IA poderá também ter um efeito positivo ao promover o uso sustentável e eficiente de solos para uma produção agrícola com demanda crescente. A exemplo da prevenção e redução da poluição marinha, a IA poderá por meio de algoritmos de identificação automática, detectar possíveis derramamentos de óleo (Keramitsoglou; Cartalis; Kiranoudis, 2006). Outro exemplo é no que concerne o combate à desertificação e

restauração de solos degradados. De acordo com Mohamadi, Heidarizadi e Nourollahi (2015) redes neurais podem ser usadas para melhorar a classificação dos tipos de cobertura vegetal com base em imagens de satélite, com possibilidade de processar grandes quantidades de imagens em um curto espaço de tempo. Essas técnicas de IA podem ajudar a identificar as tendências à desertificação em grandes áreas, informações que são relevantes para o planejamento ambiental, para a tomada de decisão e a gestão para evitar mais desertificação, ou ainda, para ajudar a reverter tendências, identificando os principais motivadores.

No entanto, os esforços direcionados para a ação climática podem ser prejudicados pela alta energia necessária para aplicações de IA, especialmente se as energias utilizadas forem de fontes não-renováveis. Além disso, apesar dos muitos exemplos de como a IA é cada vez mais aplicada para melhorar o monitoramento da biodiversidade e conservação, pode-se conjecturar que um aumento de acesso a informações de ecossistemas por meio da IA pode levar à superexploração de recursos, embora esse uso indevido não tenha sido documentado de maneira suficiente.

Também é importante observar que as técnicas de IA são desigualmente distribuídas, por exemplo, complexos equipamentos agrícolas aprimorados por IA podem não estar acessíveis a pequenos agricultores e, portanto, poderá produzir uma lacuna ainda maior entre os pequenos e grandes produtores e entre as economias dos países desenvolvidos e os periféricos.

Ademais, repercussões relacionadas com a forma como as tecnologias melhoradas pela IA podem ser implementadas em países com diferentes valores culturais e riquezas precisam ser considerados. Uma IA avançada tecnologicamente pode exigir recursos computacionais disponíveis apenas em grandes centros de computação e essas instalações também necessitam de muita energia (Jones, 2018). Algumas estimativas sugerem que a demanda total de eletricidade pelas tecnologias de informação e comunicação (TICs) pode exceder 20% da demanda global de eletricidade até 2030, sendo cerca de 1% hoje (Jones, 2018). O crescimento verde das TICs é, portanto, essencial como demonstra os estudos de (Karnama; Haghighi; Vinuesa, 2019), pois demandará mais sistemas de refrigeração eficientes para data centers e eficiência energética mais ampla (Jones, 2018). Além de mais centros de dados eficientes e baseados em energia renovável, é importante incorporar o conhecimento humano no desenvolvimento de modelos de IA.

Por outro ângulo, Nerini *et al.* (2019) demonstram o papel relevante da IA para sustentar sistemas com baixa emissão de carbono, por exemplo, apoiando a criação de economias circulares e cidades inteligentes que usam seus recursos de forma eficiente, afetando tanto o lado social como o ambiental. De acordo com estes autores, a IA pode permitir a implantação de uma gama de tecnologias interconectadas, como veículos elétricos autônomos e aparelhos inteligentes que podem permitir a resposta à demanda no setor elétrico, auxiliando em ação climática importantes. A IA também pode ajudar a integrar energias renováveis variáveis ao habilitar redes inteligentes que atendam à demanda elétrica para momentos em que o sol está a pino e há ventos, por exemplo.

Assim, observa-se que a área da IA é realmente abrangente e se ramifica em muitos outros domínios, afetando direta ou indiretamente a vida humana. Assim, faz-se cada vez mais necessário desenvolver estudos em áreas interdisciplinares, como o campo CTS, para que a criação e os efeitos das tecnologias derivadas da IA sejam amplamente debatidos.

3 APORTES METODOLÓGICOS

Os processos de construção do conhecimento derivam também do processo de comunicação científica. O trabalho científico na forma de uma tese de doutorado constitui-se num processo de comunicação formal da ciência (Garvey, 1979). Para Demo (1995), a pesquisa científica em ciências sociais é avaliada pela sua qualidade política e pela sua qualidade formal. Sobre a qualidade política, esta tese reconhece o cientista como “ator político” e o CTS como a forma de abordagem e principalmente “como espaço de atuação social” (Demo, 1995, p. 26). No que se refere à qualidade formal, é de grande importância, segundo esse mesmo autor, se ater aos meios e formas empregados na pesquisa científica, ou seja, é necessário um domínio de técnicas de coleta de dados e interpretação destes; manipulação apropriada de fontes de informação; conhecimento comprovado pelo referencial teórico e pela apresentação escrita.

Esta pesquisa sobre como o campo CTS está participando das discussões a respeito da IA é uma pesquisa científica formal e, para alcançar o propósito de comunicar o conhecimento expresso neste trabalho, a estrutura metodológica adotada está alicerçada nas metodologias científicas. São várias as formas de classificação de uma pesquisa, adotou-se, porém, a seguinte classificação clássica.

- ✓ Quanto à natureza: essa pesquisa é pura, também chamada de teórica ou básica, que objetiva o conhecimento em si mesmo (Gil, 2002), para corroborar teorias e estudar um problema relativo ao conhecimento científico (Marconi; Lakatos, 2017), procurando contribuir com ele, entendê-lo, explicá-lo ou melhorá-lo.
- ✓ Quanto aos objetivos: é exploratória com o objetivo “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito” buscando o “aprimoramento de ideias” (Gil, 2002, p. 41) ampliando o conhecimento sobre um problema. Esse tipo de pesquisa contribui com a pesquisa pura, pois também “tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias” (Gil, 1987, p. 44) e é “realizada especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado” (Gil, 1987, p. 45).
- ✓ Quanto à abordagem do problema:
 - a pesquisa é qualitativa, pois “trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes” (Minayo, 2009, p. 19) para compreender como determinado fenômeno se manifesta;

- esta pesquisa também é quantitativa. Segundo Zanella (2013, p.35), a abordagem quantitativa

é aquela que se caracteriza pelo emprego de instrumentos estatísticos, tanto na coleta como no tratamento dos dados, e que tem como finalidade medir relações entre as variáveis (...) procura medir e quantificar os resultados da investigação, elaborando-os em dados estatísticos.

O uso da abordagem quantitativa nessa pesquisa é com o intuito de apoiar a pesquisa qualitativa que é o núcleo desta tese, permitindo um melhor entendimento do fenômeno em estudo.

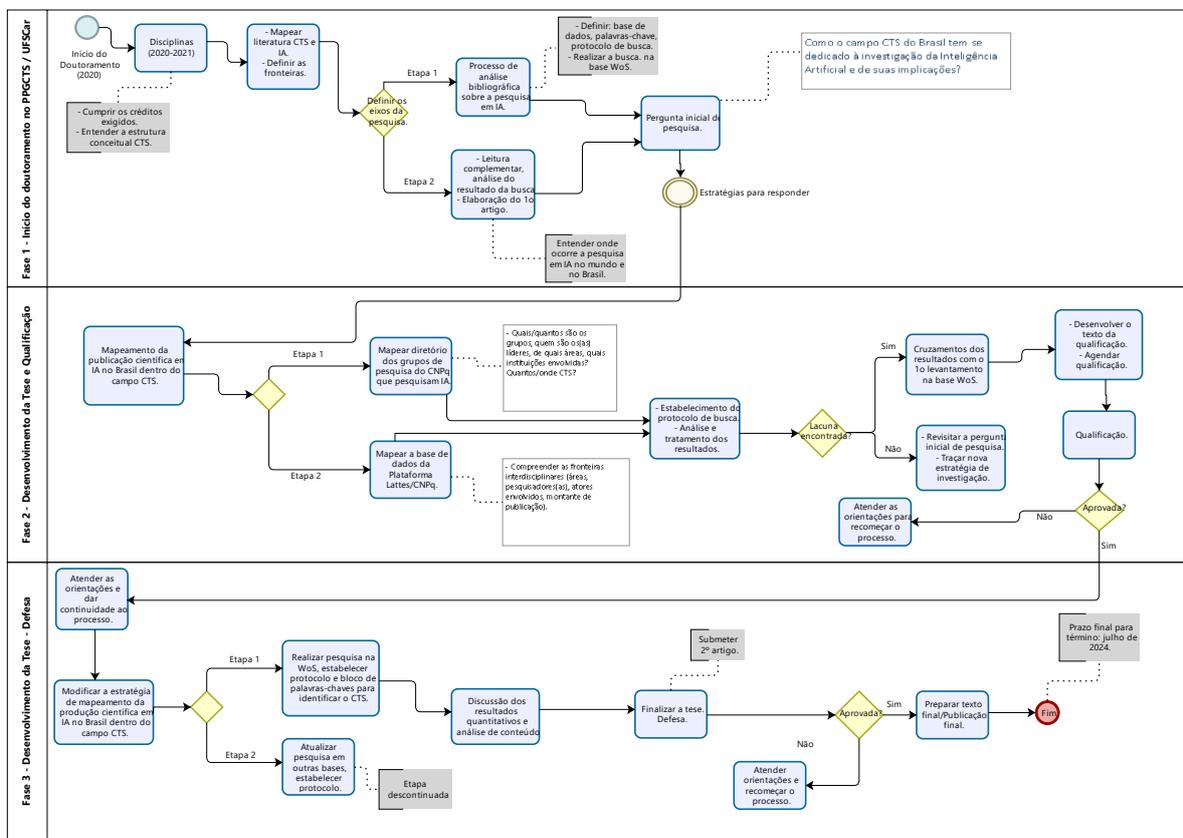
✓ Quanto aos procedimentos técnicos:

- foi adotada a pesquisa bibliográfica para buscar e ter contato com a bibliografia relacionada ao assunto pesquisado, conhecer os problemas que já foram debatidos e estão consolidados, bem como aqueles onde há lacunas a serem preenchidas (Marconi; Lakatos, 2017);
- foi adotada também a pesquisa bibliométrica que visa avaliar a produção científica e tecnológica publicada em artigos, teses, livros, dentre outros, produzida pela comunidade científica (Hayashi, 2013). A bibliometria é um método quantitativo, que aplica procedimentos estatísticos para a análise das obras encontradas e permite gerar indicadores de produção para avaliar o estado e a evolução de um tema científico servindo de suporte tanto para a avaliação quantitativa como para a qualitativa (FARIA *et al.*, 2010). No caso desta pesquisa o cerne está na busca pelas instituições nacionais do campo CTS cujas pesquisas estão voltadas para a IA;
- além da pesquisa bibliográfica e da bibliométrica, foram utilizadas estratégias de análise de conteúdo, apoiadas nos princípios propostos por (Bardin, 2016), para analisar os dados construídos a partir da aplicação da pesquisa quantitativa. As etapas adotadas foram as sugeridas por esta autora, quais sejam: a pré-análise; a análise dos artigos recuperados; o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. A análise de conteúdo permite a identificação de padrões, temas e categorias, bem como de significados dentro do conteúdo analisado, porém em função do objeto desta tese, adotou-se parte dessa metodologia.

✓ Quanto ao método: seguiu-se o dialético, uma vez que esta pesquisa tem como propósito tecer o debate sobre a IA no seu contexto social, esse método se apresenta como

apropriado, pois, de acordo com Marconi e Lakatos (2017, p. 108), “tanto a natureza quanto a sociedade são compostas de objetos e fenômenos organicamente ligados entre si, dependendo uns dos outros e, ao mesmo tempo, condicionando-se reciprocamente”, entendendo que os acontecimentos não podem ser examinados fora do seu contexto social, sendo central para esse método os processos históricos de mudança (Demo, 1995) onde “nada é imutável, nada escapa ao movimento, à mudança” (Marconi; Lakatos, 2017, p. 110), ou seja, as contradições são elevadas a ponto de originar novas contradições que demandam uma solução (Marconi; Lakatos, 2017).

Figura 3 - Fases da pesquisa.



Fonte: desenvolvimento próprio.

Definida a estrutura metodológica, o desenvolvimento da pesquisa ocorre em três fases, conforme Figura 3 acima. A primeira fase se desdobrou em 2 etapas, na primeira foi realizado um levantamento bibliográfico em fontes primárias e secundárias, com o intuito de compor o referencial teórico sobre o campo CTS, sobre a área de pesquisa da IA e como estes se entrelaçam; foi também realizada uma pesquisa na *Web of Science (WoS)* sobre a pesquisa

em IA no Brasil e no mundo. Na segunda etapa, foram realizadas leituras complementares e uma análise dos resultados encontrados na primeira etapa, o que gerou o primeiro artigo publicado desta pesquisa.

O objetivo da segunda fase foi realizar uma pesquisa sobre as publicações do campo CTS sobre IA no Brasil e no mundo. Inicialmente a estratégia foi fazer uma busca em periódicos do campo CTS voltadas para o Brasil e a América Latina, bem como uma busca na base SciELO e uma pesquisa nas bases do CNPq (diretório e Lattes), para em seguida complementar essas buscas com uma pesquisa na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e no Catálogo da Oasisbr. No entanto, após a qualificação desta pesquisa, julgou-se mais produtivo, para alcançar os objetivos propostos, redefinir essa fase incluindo uma segunda busca na base da *Web of Science* como ocorreu na primeira fase, buscando identificar dentro dessa base a participação do campo CTS nas discussões que envolvem a IA, descontinuando a proposta inicial da segunda fase. A metodologia e os resultados da estratégia inicial adotada nessa segunda fase desta tese, estão apresentados no Apêndice A.

A base da *Web of Science* foi então escolhida para fazer o segundo levantamento de indicadores e dando prosseguimento, nessa segunda fase da pesquisa, buscou-se identificar se há uma lacuna dentro do campo CTS no que concerne a discussão sobre a IA, principalmente no Brasil. Foi realizada uma pesquisa com um novo protocolo estabelecido e um novo bloco de palavras-chaves que englobasse o campo CTS. A busca na *WoS* referente a pesquisa em IA foi atualizada.

A partir dos resultados dessas duas etapas passou-se para terceira e última fase na qual foi realizada a análise e discussão dos resultados, localizando o debate dentro do campo CTS, demonstrando como esse campo tem participado, por meio de publicações em periódicos disponíveis na *WoS*, no debate em relação a esse guarda-chuva de tecnologias. A partir dos resultados quantitativos da segunda fase, foi realizada uma investigação nos artigos nacionais publicados, que possam pertencer ao campo CTS, recuperados e acessados na *WoS*, guiada pelos princípios do método da análise de conteúdo.

A análise de conteúdo é um método, dentre outros, que pode ser utilizado para avaliar as pesquisas qualitativas dado o seu conjunto de técnicas. Para se ter um olhar multifacetado sobre a totalidade dos dados recuperados na pesquisa quantitativa a análise de conteúdo é a alternativa auxiliadora adotada nesta tese, pois este método permite encontrar os sentidos

de um documento, entender o que está além do significado das palavras. E, dentre os autores desse método, buscou-se adotar na medida do possível a metodologia apresentada por Bardin que propôs como função principal da análise de conteúdo o desvendar crítico dos documentos estudados. Como coloca a própria autora, a “análise de conteúdo é um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis em constante aperfeiçoamento” (Bardin, 2016, p. 15). Por isso, nesta pesquisa, adotou-se parcialmente as técnicas indicadas pela autora para cada etapa da análise sem, contudo, prejudicar ou comprometer o caráter científico da avaliação final.

A seguir são apresentados e detalhados os procedimentos e protocolos de coleta de dados e avaliação adotados em cada fase desta pesquisa.

3.1 INDICADORES DA PRODUÇÃO DE ARTIGOS NA ÁREA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Para o desenvolvimento desta pesquisa nesta etapa, foi escolhida a *Web of Science* por ser uma base de referência mundial abrangente, que reúne informação científica publicada e de citação de um vasto conjunto de periódicos internacionais de alta relevância, além de ser amplamente utilizada para estudos bibliométricos (Pranckutė, 2021; Zhu; Liu, 2020). Entende-se que a *Web of Science* possui suas limitações. Embora seja uma base abrangente, não consegue incluir todos os periódicos publicados globalmente, focando principalmente em periódicos revisados por pares. Além disso, a inclusão de novos artigos não é imediata, e apesar de incorporar publicações em vários idiomas, há um viés em direção ao inglês, com uma sub-representação de trabalhos em outras línguas. Contudo, apesar dessas limitações, a *WoS* permanece como uma escolha robusta para revisões bibliográficas devido à qualidade dos dados, acesso a periódicos de alta repercussão, recursos avançados de pesquisa e cobertura multidisciplinar. Neste estudo, a *WoS* foi escolhida como base de dados principal, especificamente sua coleção principal, devido à sua multidisciplinaridade e ao fato de ser a base de cálculo do *JCR Impact Factor*, garantindo assim a representatividade da amostra utilizada (Chanchetti *et al.*, 2020). O intuito foi investigar, nessa base, as publicações da área de pesquisa em IA no Brasil e no mundo.

Após a escolha da base de dados, a coleta de dados foi estruturada na *WoS* e realizada em um primeiro momento em 29 de março de 2021. O resultado da primeira coleta gerou o primeiro artigo publicado desta pesquisa, no periódico *Brajis – Brazilian Journal of Information Science: research trends*. O acesso ao artigo completo pode ser realizado pelo DOI:

<https://doi.org/10.36311/1981-1640.2022.v16.e02147>. E, posteriormente, nova coleta foi realizada em 17 de maio de 2023 para atualização da década pesquisada (2013 a 2022).

Os procedimentos de coleta de dados na base *WoS* são elencados a seguir.

- ✓ Definição da expressão de busca: nesse contexto, é importante destacar que existem várias linhas de pesquisa dentro da IA e usar apenas o termo de busca *Artificial Intelligence*, por exemplo, pode não refletir toda a pesquisa realizada na área, pois este termo nem sempre é empregado pelos autores dessa área. Assim, uma lista de palavras-chave relacionadas com o tema IA foi definida tendo como base a metodologia apresentada por Abadi, He e Pecht (2020), a qual teve por base os trabalhos da *World Intellectual Property Organization* (WIPO, 2019) e *United Kingdom Intellectual Property Office* (2019). A expressão de busca foi dividida em três blocos. O primeiro é composto por termos específicos relacionados com ferramentas de IA, disponíveis em *World Intellectual Property Organization* (WIPO, 2019). O segundo possui termos mais gerais, relacionados com algumas aplicações e ferramentas estatísticas e, portanto, de acordo com a metodologia apresentada em *World Intellectual Property Organization* (WIPO, 2019), ele é utilizado de forma restrita às áreas temáticas da Ciência da Computação (*Computer Science*), Engenharia (*Engineering*) e Matemática (*Mathematics*). Por fim, o terceiro bloco é composto por outros termos também específicos da IA, disponíveis em *United Kingdom Intellectual Property Office* (2019). Assim, a expressão de busca foi composta por palavras relacionadas com IA no idioma inglês, por operadores booleanos e por blocos temáticos, conforme pode ser observado no Quadro 2. Os registros da pesquisa são obtidos pela junção (combinação do tipo “OR”) dos resultados dos três blocos apresentados no respectivo Quadro. Esta expressão de busca foi aplicada no campo “Tópico” (título, resumo e palavras-chave) e resultou em 2.314.576 registros no mundo, para todos os anos até 2022 disponíveis na *WoS* e para todos os tipos de documentos disponíveis.
- ✓ Os critérios de refinamento e inclusão dos artigos da base *WoS* foram:
 - a) tipologia documental: artigos, artigos em conferências e revisões;
 - b) artigos indexados na Coleção Principal da *WoS*;
 - c) artigos publicados entre os anos 2013 e 2022, inclusive.Após esses refinamentos, foram recuperados 1.634.864 artigos. A seleção desse recorte temporal se deve ao fato da pesquisa em IA estar evoluindo de maneira rápida

nos últimos anos, sendo, portanto, o intuito nesta etapa analisar essa última década de pesquisa em IA no mundo e no Brasil.

- ✓ Em seguida, foram selecionados os artigos que possuíam pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira, resultando em um total de 34.154 registros. É importante ressaltar novamente a necessidade de se utilizar uma expressão de busca abrangente a respeito da IA. Considerando o termo busca somente “*Artificial Intelligence*”, como realizado nos trabalhos de Niu *et al.* (2016) e Sun e Dong (2018), um total de 88.918 registros foram encontrados entre 2013 e 2022, desses apenas 2.036 registros estão relacionados com o Brasil. Esse número é consideravelmente inferior ao encontrado com a expressão de busca abrangente empregada nesta pesquisa.
- ✓ Após as buscas, os dados dos artigos coletados foram armazenados em um computador local para tratamento e elaboração de indicadores. Esses registros foram importados para análise no *software VantagePoint* onde foram tratados e analisados. Posteriormente, o *software VOSviewer* foi usado para a elaboração das redes de colaboração e de coocorrência de palavras, com seus respectivos agrupamentos. Esses gráficos e os indicadores gerados são apresentados na seção de discussão dos resultados desta pesquisa.

Quadro 2 - Expressões de busca implementada na WoS.

<p>TS = ("ARTIFICIAL INTELLIGENCE" OR "COMPUTATIONAL INTELLIGENCE" OR "NEURAL NETWORK*" OR "NEURAL_NETWORK*" OR "BAYES* NETWORK*" OR "BAYESIAN-NETWORK*" OR "BAYESIAN_NETWORK*" OR (CHATBOT?) OR "DATA MINING*" OR "DECISION MODEL?" OR "DEEP LEARNING*" OR "DEEP-LEARNING*" OR "DEEP_LEARNING*" OR "GENETIC ALGORITHM?" OR "INDUCTIVE PROGRAMM*" OR "LOGIC PROGRAMM*" OR "MACHINE LEARNING*" OR "MACHINE_LEARNING*" OR "MACHINE-LEARNING*" OR "NATURAL LANGUAGE GENERATION" OR "NATURAL LANGUAGE PROCESSING" OR "REINFORCEMENT LEARNING" OR "SUPERVISED LEARNING*" OR "SUPERVISED TRAINING" OR "SUPERVISED-LEARNING*" OR "SUPERVISED_LEARNING*" OR "SWARM INTELLIGEN*" OR "SWARM-INTELLIGEN*" OR "SWARM_INTELLIGEN*" OR "UNSUPERVISED LEARNING*" OR "UNSUPERVISED TRAINING" OR "UNSUPERVISED-LEARNING*" OR "SEMI-SUPERVISED LEARNING*" OR "SEMI-SUPERVISED-LEARNING*" OR "SEMI-SUPERVISED TRAINING" OR "SEMI-SUPERVISED-LEARNING*" OR "CONNECTIONIS*" OR "EXPERT SYSTEM*" OR "FUZZY LOGIC*" OR "TRANSFER-LEARNING" OR "TRANSFER_LEARNING" OR "TRANSFER LEARNING" OR "LEARNING ALGORITHM?" OR "LEARNING MODEL?" OR "SUPPORT VECTOR MACHINE?" OR "RANDOM FOREST?" OR "DECISION TREE?" OR "GRADIENT TREE BOOSTING" OR "XGBOOST" OR "ADABOOST" OR "RANKBOOST" OR "LOGISTIC REGRESSION" OR "STOCHASTIC GRADIENT DESCENT" OR "MULTILAYER PERCEPTRON?" OR "LATENT SEMANTIC ANALYSIS" OR "LATENT DIRICHLET ALLOCATION" OR "MULTI-AGENT SYSTEM?" OR "HIDDEN MARKOV MODEL?")</p>
<p>(TS = ("CLUSTERING" OR "COMPUT* CREATIVITY" OR "DESCRIPTIVE MODEL*" OR "INDUCTIVE REASONING" OR OVERFITTING OR "PREDICTIVE ANALYTICS" OR "PREDICTIVE MODEL?" OR "TARGET FUNCTION?" OR "TEST DATA SET?" OR "TRAINING DATA SET?" OR "VALIDATION DATA SET?" OR BACKPROPAGATION? OR "SELF LEARNING" OR "SELF_LEARNING" OR "OBJECTIVE FUNCTION?" OR "FEATURE? SELECTION" OR "EMBEDDING?" OR "ACTIVE LEARNING" OR "REGRESSION MODEL?" OR "STOCHASTIC APPROACH*" OR "STOCHASTIC TECHNIQUE?" OR "STOCHASTIC METHOD?" OR "STOCHASTIC ALGORITHM?" OR "PROBABILIST* APPROACH*" OR "PROBABILIST* TECHNIQUE?" OR "PROBABILIST* METHOD?" OR "PROBABILIST* ALGORITHM?" OR "RECOMMEND* SYSTEM?" OR "TEXT ANALYSIS" OR "TEXT ANALYTIC?" OR "TEXT RECOGNITION" OR "SPEECH ANALYSIS" OR "SPEECH ANALYTIC?" OR "SPEECH RECOGNITION" OR "HAND_WRITING ANALYSIS" OR "HAND_WRITING ANALYTIC?" OR "HAND_WRITING RECOGNITION" OR "FACIAL ANALYSIS" OR "FACIAL ANALYTIC?" OR "FACIAL RECOGNITION" OR "FACE? ANALYSIS" OR "FACE? ANALYTIC?" OR "FACE? RECOGNITION" OR "CHARACTER? ANALYSIS" OR "CHARACTER? ANALYTIC?" OR "CHARACTER? RECOGNITION")) AND ((SU = COMPUTER SCIENCE) OR (SU = ENGINEERING) OR ((SU = MATHEMATICS)))</p>
<p>TS = ("ANT COLONY" OR "ANT-COLONY" OR "FACTORIZATION MACHIN*" OR "FACTORISATION MACHIN*" OR "HIGH-DIMENSIONAL* FEATURE*" OR "PARTICLE SWARM*" OR "PARTICLE-SWARM" OR "BEE COLONY" OR "BEE-COLONY" OR "HIGH-DIMENSIONAL* INPUT*" OR "HIGH DIMENSIONAL* INPUT*" OR "PATTERN-RECOGNI*" "PATTERN RECOGNI*" OR "FIRE-FLY" OR "FEATURE ENGINEER*" OR "K-MEANS" OR "POLICY-GRADIENT METHOD" OR "ADVERSAR* NETWORK*" OR "FEATURE EXTRACT*" OR "KERNEL LEARN*" OR "Q-LEARN*" OR "ARTIFICIAL*-INTELLIGEN*" OR "ARTIFICIAL* INTELLIGEN*" OR "FEATURE SELECT*" OR "LATENT-VARIABLE*" OR "LATENT VARIABLE*" OR "RANDOM-FOREST*" OR "RANDOM FOREST*" OR "ASSOCIATION RULE" OR "FUZZY-C" OR "LINK* PREDICT*" OR "RECOMMENDER SYSTEM*" OR "AUTO-ENCOD*" OR "AUTOENCODER?" OR "FUZZY ENVIRONMENT*" OR "MACHINE INTELLIGEN*" OR "REINFORC* LEARN*" OR "AUTONOM* COMPUT*" OR "FUZZY LOGIC*" OR "MACHINE LEARN*" OR "SENTIMENT* ANALY*" OR "BACK-PROPAGAT*" OR "FUZZY NUMBER*" OR "MAP-REDUCE" OR "SPARSE REPRESENT*" OR "BACKPROPOGAT*" OR "FUZZY SET*" OR "MEMETIC ALGORITHM*" OR "SPARSE*-CODE*" OR "COGNITIV* COMPUT*" OR "FUZZY SYSTEM*" OR "MULTI* LABEL* CLASSIF*" OR "SPECTRAL CLUSTER*" OR "COLLABORAT* FILTER*" OR "GAUSSIAN MIXTURE MODEL?" OR "MULTI*-OBJECTIVE* ALGORITHM*" OR "STOCHASTIC*-GRADIENT*" OR "STOCHASTIC* GRADIENT*" OR "DEEP-BELIEF NETWORK*" OR "GAUSSIAN PROCESS*" OR "MULTI-OBJECTIVE* OPTIM*" OR "MULTIOBJECTIVE* OPTIM*" OR "*SUPERVIS* LEARN*" OR "DEEP-LEARN*" OR "GENETIC PROGRAM*" OR "NATURAL-GRADIENT" OR "SUPPORT-VECTOR MACHINE" OR "SUPPORT VECTOR MACHINE" OR "DIFFERENTIAL-EVOL* ALGORITHM*" OR "DIFFERENTIAL* EVOL* ALGORITHM*" OR "GENETIC* ALGORITHM?" OR "NEURAL-TURING" OR "SWARM BEHAV*" OR "DIMENSIONAL*-REDUC*" OR "DIMENSIONAL* REDUC*" OR "HIGH-DIMENSIONAL* DATA" OR "NEURAL-NETWORK*" OR "NEURAL NETWORK*" OR "SWARM INTELL*" OR "ENSEMBLE-LEARN*" OR "ENSEMBLE LEARN*" OR "HIGH-DIMENSIONAL* MODEL*" OR "NEURO-MORPH COMPUT*" OR "TRANSFER-LEARN*" OR "EVOLUTION* ALGORITHM*" OR "HIGH-DIMENSIONAL* SPACE*" OR "NON-NEGATIVE MATHRI* FACTOR*" OR "VARIATION*-INFER*" OR "VARIATION* INFER*" OR "EVOLUTION* COMPUT*" OR "HIGH-DIMENSIONAL* SYSTEM*" OR "OBJECT-RECOGNI*" OR "VECTOR-MACHINE*")</p>

Fonte: desenvolvimento próprio.

3.2 INDICADORES SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CAMPO CTS

A partir da importância da Inteligência Artificial como sendo uma tecnologia de propósito geral, ou seja, uma tecnologia pervasiva que está em franca evolução, que se ramificou ao produzir inovações complementares e está espalhada em várias atividades do nosso cotidiano, assim como foi o motor a combustão e a eletricidade, que além de benefícios traz também questões e vieses que precisam ser debatidos com a seriedade e com a complexidade que o assunto demanda, julgou-se importante investigar se o campo CTS está participando desse debate. Para fazer essa investigação foi realizado um levantamento de artigos sobre IA que estejam relacionados com o campo CTS publicados na *Web of Science*.

Para isso, este trabalho fez um recorte quantitativo das publicações envolvidas no debate a respeito das imbricações da IA, com o propósito de localizar esse debate dentro do campo CTS para descobrir se a IA é um tema que está no cerne dos estudos do campo CTS no Brasil e no mundo. Esse recorte foi realizado a partir da busca implementada na base de dados da *Web of Science*, definida e justificada anteriormente na análise da área de IA. No entanto, como o intuito foi investigar se o campo CTS está publicando sobre a IA nos periódicos disponíveis nessa base e qual é a participação brasileira em relação a publicação mundial, foram acrescentados procedimentos para esse refinamento.

Os procedimentos para essa nova coleta de dados na base *WoS* são elencados a seguir.

✓ Definição da expressão de busca: a expressão de busca foi dividida em 3 blocos, que foram combinados por elementos booleanos, explicados abaixo.

- 1) Em um primeiro bloco, foram definidos os periódicos relacionados com o campo CTS a serem pesquisadas dentro do campo “Nome da Publicação”. Para isso, os periódicos elencados por Kaltenbrunner *et al.* (2022) foram utilizados, considerando aqueles indexados na *WoS*. É importante observar que o trabalho de Kaltenbrunner *et al.* (2022) foi publicado em um periódico tradicional do campo CTS, o *Social Studies of Science* que, de acordo com Hess e Sovacool (2020) e com Martin, Nightingale e Yegros-Yegros, (2012), é um dos periódicos mais relevantes e tradicionais do campo CTS, que publica artigos desde 1970. Sites de universidades que possuem departamentos ou programas de pós-graduação no campo CTS também foram consultados de forma a analisar a coerência dos periódicos selecionados, bem como a procura por outros que poderiam ser acrescentados foi realizada. A partir dessa

análise, além dos periódicos sugeridos por Kaltenbrunner *et al.* (2022), foram acrescentados aqueles que possuem relação com o estudo da IA sob uma perspectiva CTS e que não estavam na lista de periódicos dessa publicação, dentre outros, quais sejam: *AI and Society*; *Big Data and Society*; *Bulletin of Science, Technology & Society*; *Isis*; *Science, Technology & Society*; *Technology and Culture* e *Technology in Society*. Mais detalhes sobre a lista de periódicos utilizados, bem como as fontes empregadas para essa seleção estão disponíveis no Apêndice B e os periódicos empregados nesta pesquisa são apresentados no Quadro 3. Foram encontrados 55.855 artigos desses periódicos em todo o mundo para todos os anos até 2022, sendo 318 brasileiros.

- 2) Um segundo bloco com os termos "*science and technology studies*" ou "*science, technology, and society*" a serem pesquisados dentro do campo "Tópico". O uso dessas palavras-chave tem como objetivo fazer uma busca abrangente de artigos do campo CTS em outros periódicos da base WoS. De acordo com Hess e Sovacool (2020), que estudaram o campo CTS na área de energia e que utilizaram essas mesmas palavras-chave, esse tipo de busca pode reduzir os vieses de uma busca realizada apenas nos periódicos do campo CTS apresentados no primeiro bloco. Dessa forma, periódicos relacionados, por exemplo, com a área da IA são incluídos. Assim, a partir dessa busca, foram recuperados 2.837 documentos em todos os anos até 2022, sendo 88 brasileiros. Considerando a união desses dois primeiros blocos, que contemplam publicações mundiais no campo CTS, um total de 58.070 registros foram encontrados, sendo 391 brasileiros.
 - 3) E por fim, foi criado um terceiro bloco formado pelas palavras-chave e expressão utilizada no estudo da área de IA e apresentada no Quadro 2. Ao realizar a junção desse bloco, por meio de uma operação booleana do tipo AND (interseção), foram encontrados 1.096 documentos, sendo 19 brasileiros.
- ✓ Os critérios de refinamento e inclusão dos artigos da base WoS foram:
 - a) tipologia documental: artigos, artigos em conferências e revisões;
 - b) artigos indexados na Coleção Principal da WoS;
 - c) artigos publicados entre os anos 2013 e 2022, inclusive.Após esses refinamentos, foram recuperados 915 artigos.
 - ✓ A partir desses refinamentos, foram selecionados os artigos que possuíam autores vinculados a instituições brasileiras, o que resultou em 18 registros.

Os registros obtidos nessa busca foram importados para análise no *software VantagePoint* onde foram tratados e analisados. Ademais, o *software VOSviewer* foi usado para a elaboração da rede de coocorrência de palavras-chave dos artigos de todo o mundo (915 documentos). Posteriormente, o *software VOSviewer* foi usado para a elaboração das redes de colaboração e de coocorrência de palavras, com seus respectivos agrupamentos. Esses gráficos e os indicadores gerados são apresentados na seção de discussão dos resultados desta pesquisa.

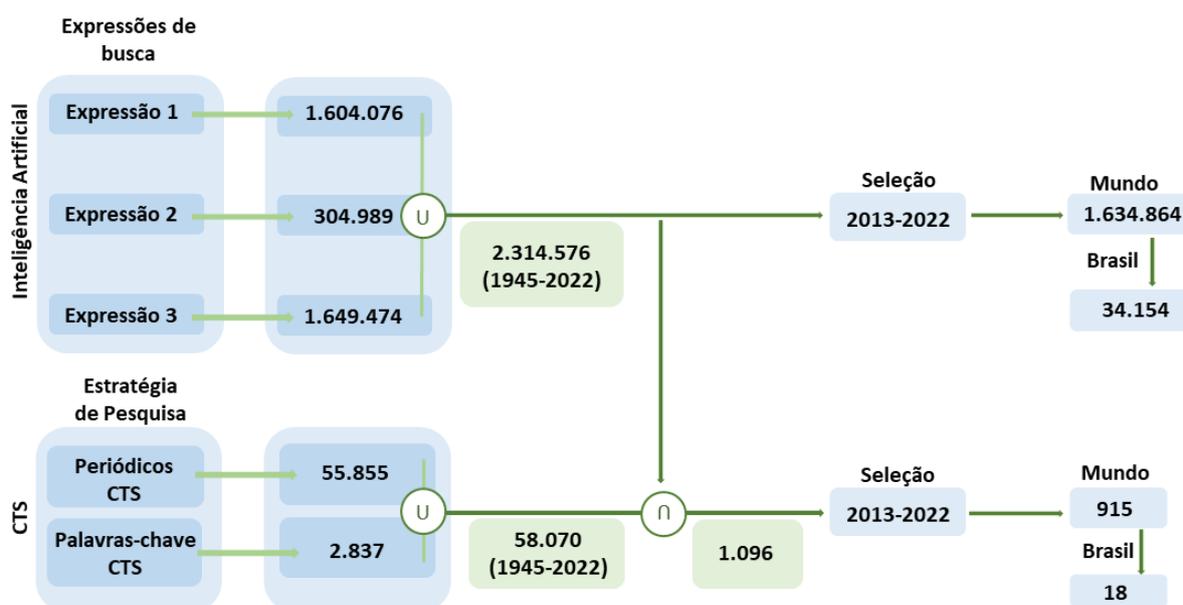
Quadro 3 - Periódicos selecionados para a busca na *WoS*, relacionados com o campo CTS, com classificação de acordo com *Scimago* (2022).

Periódico	Class.	Periódico	Class.
<i>AI & Society</i>	Q1	<i>Science and Public Policy</i>	Q2
<i>Big Data & Society</i>	Q1	<i>Science and Technology Studies</i>	Q1
<i>Bulletin of Science, Technology & Society</i>	Q3	<i>Science as Culture</i>	Q1
<i>Computer Supported Cooperative Work</i>	Q2	<i>Science Communication</i>	Q1
<i>Configurations: A Journal of Literature, Science, and Technology</i>	Q3	<i>Science in Context</i>	Q3
<i>East Asian Science, Technology and Society</i>	Q3	<i>Science, Technology & Human Values</i>	Q1
<i>Engaging Science, Technology and Society</i>	Q1	<i>Science, Technology & Society</i>	Q1
<i>Isis</i>	Q3	<i>Social Epistemology</i>	Q2
<i>Journal of Responsible Innovation</i>	Q1	<i>Social Studies of Science</i>	Q1
<i>Minerva</i>	Q1	<i>Tapuya: Latin American Science, Technology and Society</i>	Q2
<i>New Genetics and Society: Critical Studies of Contemporary Biosciences</i>	Q2	<i>Technology Analysis and Strategic Management</i>	Q2
<i>Prometheus: Critical Studies In Innovation</i>	Q4	<i>Technology and Culture</i>	Q1
<i>Public Understanding of Science</i>	Q1	<i>Technology in Society</i>	Q1
<i>Research Policy</i>	Q1	<i>TECNOSCIENZA: Italian Journal of Science & Technology Studies</i>	Q4
<i>Science and Engineering Ethics</i>	Q1	<i>The Journal of Cultural Economy</i>	Q1

Fonte: desenvolvimento próprio.

Um resumo dos passos realizados para obtenção dos documentos na base *WoS* é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama de fluxo das pesquisas bibliográfica realizadas na WoS.



Fonte: desenvolvimento próprio.

Após a coleta de todos os dados, conforme os procedimentos propostos na metodologia de pesquisa adotada, os indicadores foram construídos para em seguida ser realizada uma análise de conteúdo, elaborada em três etapas, de acordo com os princípios de Bardin (2016). Como mencionado no capítulo da metodologia, esta pesquisa adotou em parte o método proposto por Bardin uma vez que o número de documentos final a ser analisado não é muito grande, porém, o rigor e a ética fundamentais para uma pesquisa científica foram mantidos. De acordo com a autora, a análise de conteúdo é dividida em três fases detalhadas no seu livro clássico *Análise de Conteúdo*. Resumidamente, essas fases são:

1. a pré-análise – cujo objetivo é sistematizar as ideias e inicia-se com uma leitura fluente (nessa pesquisa optou-se pela leitura completa dos artigos recuperados), seguida da escolha dos documentos, formulação de hipóteses e objetivos e elaboração de indicadores. As regras propostas pela autora são exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência, sendo todas seguidas. Ao final dessa fase, é possível construir o corpus a ser categorizado na etapa seguinte, ou seja, o material estará preparado para ser mais bem explorado.
2. a categorização, isto é a exploração do material em si, dividindo-o em unidade registro, contexto e eixos temáticos. Nessa etapa optou-se por criar duas categorias

separando as temáticas e não fazer a separação em unidades de registro (palavras, frases e, ou parágrafos).

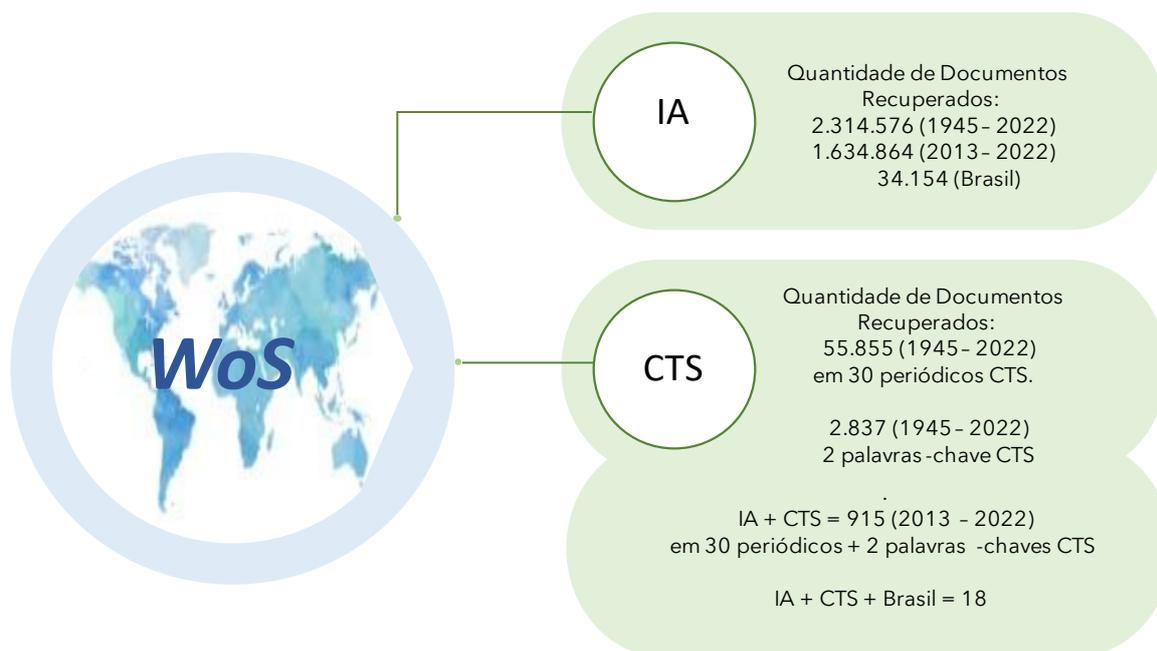
3. a interpretação dos resultados a partir do tratamento e das inferências realizadas e do referencial teórico.

Assim, a primeira etapa da análise de conteúdo é a da pré-análise, nessa etapa foi realizada a leitura dos 18 artigos encontrados, a fim de assegurar que estes atendam ao propósito desta pesquisa, que é identificar artigos que abordam a IA a partir das perspectivas do campo CTS. O critério de inclusão dos artigos para a próxima etapa, adotado, foi que o artigo não deve ser referir exclusivamente a área de desenvolvimento de ferramentas de IA e pelo menos um autor deve ser brasileiro e vinculado a uma instituição de pesquisa nacional.

A segunda etapa é a da categorização dos artigos escolhidos, essa categorização foi dividida em duas, uma para identificar os artigos que aplicam a IA na pesquisa apresentada e outra para identificar os artigos que debatem o uso da IA, com a intenção de encontrar os temas mais abordados nos artigos analisados.

A terceira fase é dedicada à interpretação dos resultados, onde é proposta uma inferência, ou seja, uma interpretação controlada dos resultados para em seguida fazer uma discussão final almejando contribuir com o alargamento do debate sobre a IA a partir do campo CTS no cenário brasileiro. A Figura 5 ilustra essas etapas.

Figura 5 - Resultados quantitativos e protocolo da análise de conteúdo.



Fonte: desenvolvimento próprio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e as discussões a respeito das pesquisas realizadas nesta tese. Nessas pesquisas, procurou-se identificar como está localizada a pesquisa em IA no mundo e no Brasil, ao considerar as instituições e as áreas de pesquisa que desenvolvem e utilizam essas tecnologias. E, ainda, identificar se estão ocorrendo os debates a respeito das tecnologias decorrentes da IA, com o objetivo de mapear esse debate dentro do campo CTS. Por fim, é tecida uma análise a respeito da importância de tratar esse assunto sob a ótica CTS.

Nessa fase, os dados obtidos nas etapas anteriores são utilizados para fazer a construção lógica do trabalho que, conforme Gil (2002, p. 84), “consiste na organização das ideias com vista em atender aos objetivos (...) formulados no início da pesquisa (...) cabe nesta etapa estruturar logicamente o trabalho para que ele possa ser entendido como unidade dotada de sentido”.

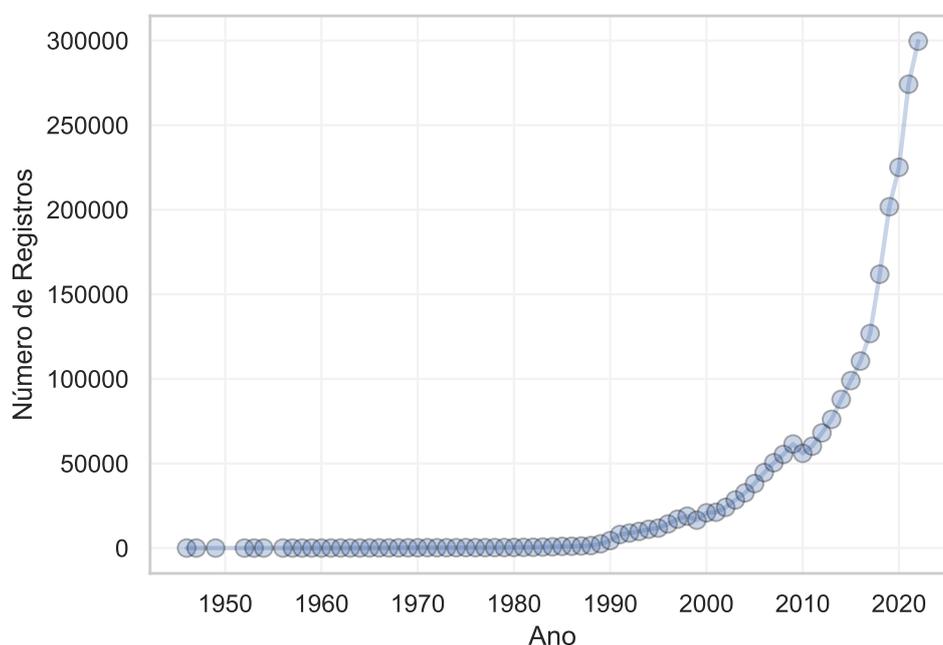
Após as etapas de pesquisa quantitativa, foi realizada uma revisão e análise para apresentar os dados mensuráveis coletados a respeito da publicação científica brasileira sobre a área Inteligência Artificial, principalmente dentro do campo CTS. A partir das avaliações métricas usadas para construir indicadores e sistematizar as pesquisas que foram efetuados sobre a IA no Brasil, com o propósito de compreender em quais instituições essas pesquisas estão sendo desenvolvidas e por quais campos do saber, também são tecidas as análises qualitativas e a discussão sob uma perspectiva CTS.

Nesse contexto, a partir da identificação de lacunas, nos estudos a respeito da IA pelo campo CTS, sobre as implicações decorrentes das tecnologias e ferramentas desenvolvidas a partir da IA, será realizada uma discussão sobre as possíveis repercussões da Inteligência Artificial e qual tem sido a participação do campo CTS, bem como quais são as demais possíveis contribuições desse campo para problematizar as consequências dessa tecnologia, as relações entre poder e democracia e suas implicações sobre o trabalho. Se a ciência atualmente está sobre os ombros da IA dispondo de mais poder do que nunca, abre-se espaço para se debater sobre o que fazer com esse poder antes que nossa sociedade se torne completamente condicionada artificialmente.

4.1 DA PESQUISA NA ÁREA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

São discutidas nessa etapa os resultados obtidos na pesquisa bibliométrica realizada na *Web of Science*, conforme apresentado no Capítulo 3. A busca realizada na base *WoS* mostrou que um total de 2.314.576 registros foram publicados nesta base desde 1945 (primeiro ano disponível) até o ano de 2022 (ano corte desta tese). A quantidade de registros recuperados por ano, em todo o mundo, é mostrada na Gráfico 1, onde pode-se observar um crescimento expressivo na última década, quando a publicação média anual ultrapassou 150.000 registros, sendo próxima de 300.000 no ano de 2022.

Gráfico 1 - Quantidade de publicações sobre IA no mundo, indexadas na *WoS* (1945 - 2022).

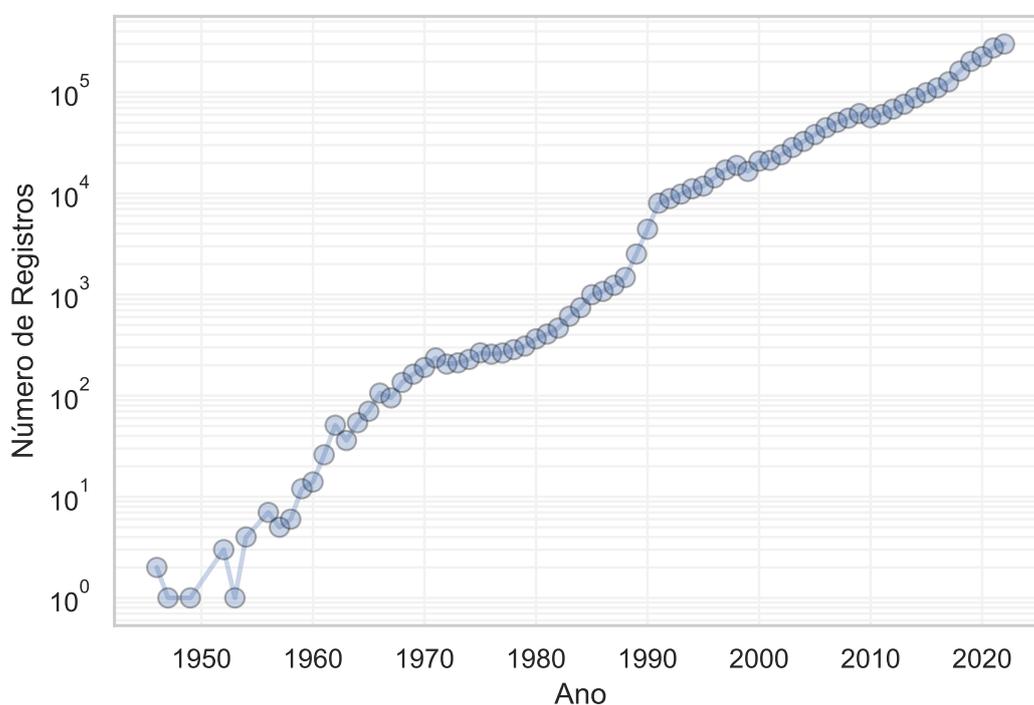


Fonte: desenvolvimento próprio.

Para facilitar a visualização da quantidade de registros recuperados antes de década de 1990, quando a quantidade de registros é bastante inferior à mais recente, foi alterada a escala da quantidade de publicações do Gráfico 1 para uma escala logarítmica na base 10. Com isso, os dados foram dispostos em um novo gráfico, conforme apresentado no Gráfico 2. Pode-se observar que, depois de alguns poucos trabalhos publicados nas décadas de 1940 e 1950, houve um crescimento maior na década de 1960 (média anual de 75). No entanto, ocorreu uma estagnação no crescimento da quantidade de publicações recuperadas na década de 1970, o que corrobora a existência do inverno da IA, conforme descrito anteriormente sobre a IA no Capítulo 2. A partir da década de 1980, houve uma recuperação

no aumento de trabalhos indexados na *WoS* (o que também está de acordo com o descrito no Capítulo 2, sobre o aumento do entusiasmo a respeito da IA nessa década) sendo que, a partir da década de 1990, um crescimento exponencial é detectado, o que fica claro ao analisar o Gráfico 1 nesse período. A partir desses gráficos e constatações elencadas, percebe-se que a busca realizada neste trabalho está coerente com os acontecimentos históricos do desenvolvimento da IA no mundo, o que pode demonstrar que a metodologia seguida conseguiu obter uma amostra representativa dessa área de pesquisa.

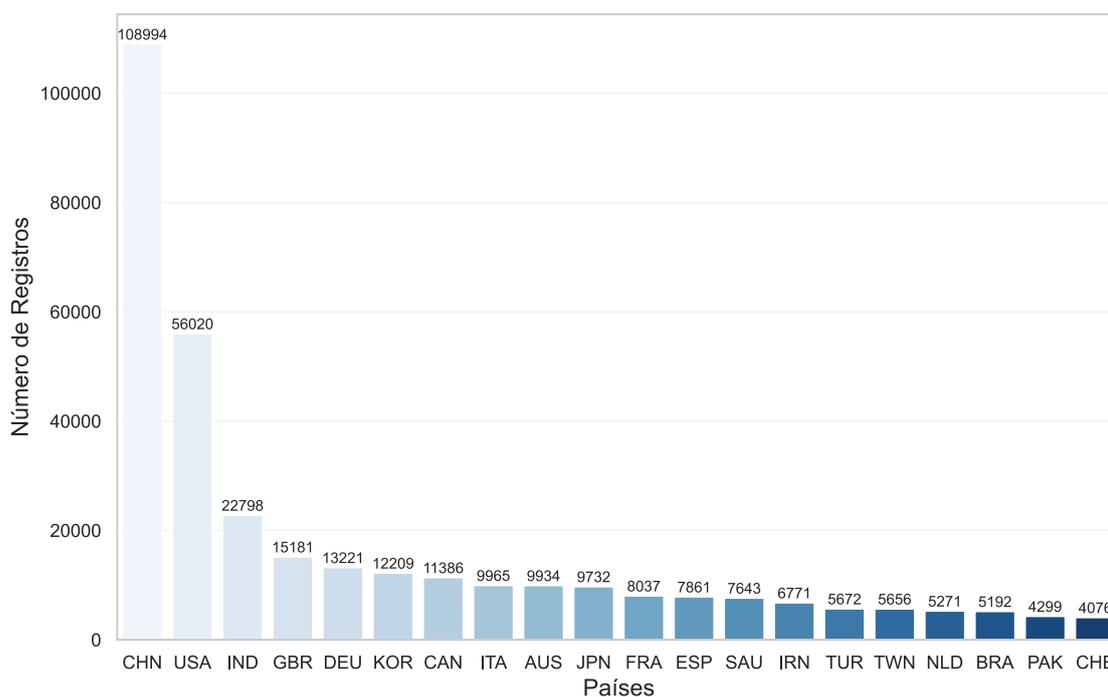
Gráfico 2 - Quantidade de publicações sobre IA, em escala logarítmica, no mundo, indexadas na *WoS* (1945 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Com os refinamentos aplicados e incluindo apenas a última década (2013 a 2022), 1.634.864 trabalhos relacionados com IA foram publicados em todo o mundo, sendo que aproximadamente 2% (34.154) desses trabalhos possuem participação brasileira. O Gráfico 3 apresenta os 20 países que mais contribuíram para essa produção relacionada com a IA no ano de 2022. Neste ano, a contribuição brasileira foi de 5.192, dentre o total mundial de 299.616, o que coloca o Brasil na 18ª posição, ficando atrás de países como Coreia do Sul, Arábia Saudita, Irã, Turquia e Taiwan. Como esperado, as potências tecnológicas China e Estados Unidos ocuparam as duas primeiras posições com participação em aproximadamente 55% dos documentos recuperados, sendo seguidas pela Índia (7,6%).

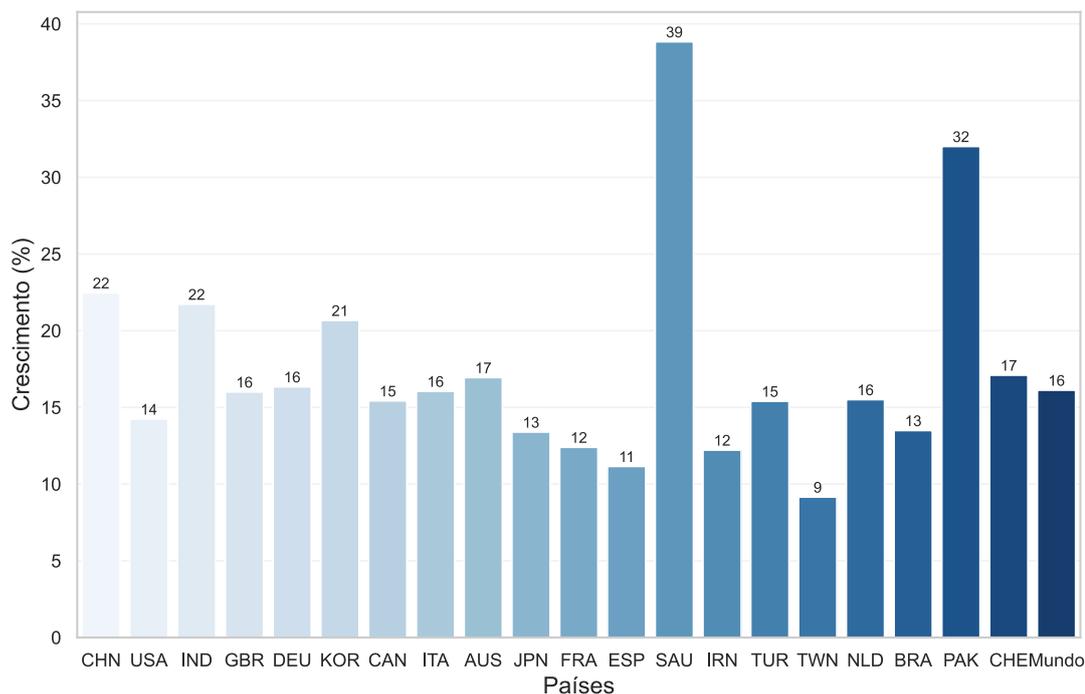
Gráfico 3 - Quantidade de publicações, por país, sobre IA indexadas na WoS em 2022.



Fonte: desenvolvimento próprio.

Como apresentado anteriormente, a produção mundial sobre a área aumentou consideravelmente nos últimos anos, passando de 76.100 publicações no ano de 2013 para 299.616 em 2022. Isso não foi diferente no Brasil, onde o número de publicações passou de 2.351 documentos para 5.192, mostrando que a IA é uma área de pesquisa realmente em franco avanço na ciência. O Gráfico 4 apresenta a média do crescimento mundial em publicações sobre IA e os principais países relacionados com estas publicações, onde pode-se inferir que a produção brasileira está próxima, mas um pouco inferior, da média mundial (16,12%), chegando a 13,49% por ano. Importante destacar as altas taxas de crescimento da Arábia Saudita (38,8%) e do Paquistão (32%), seguidos pela China (22,4%), Índia (21,7%) e Coreia do Sul (20,7%).

Gráfico 4 - Crescimento percentual médio anual, do número de publicações, por país e mundial, sobre IA, indexadas na WoS (2013 - 2022).

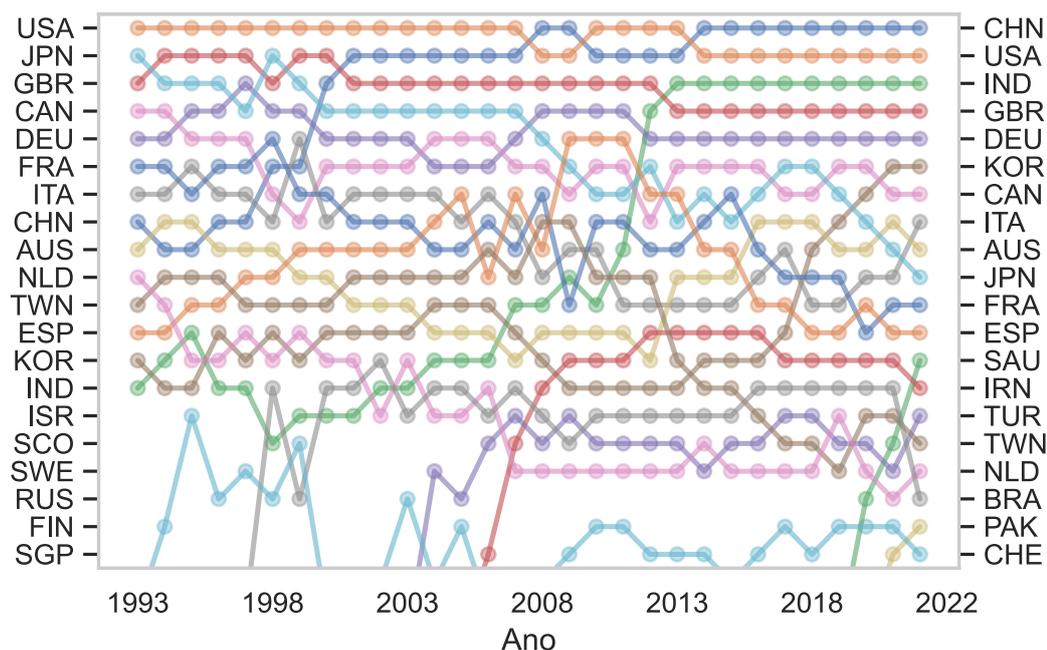


Fonte: desenvolvimento próprio.

Considerando as diferentes taxas de crescimento de publicações dos países, é de se esperar uma mudança de ranqueamento ao longo dos anos. Para analisar essa evolução das posições dos países, excepcionalmente, ao invés de analisar apenas a última década, foram analisados os últimos 30 anos. Assim, foi realizado um ranqueamento dos países por ano, de acordo com o número de publicações de cada um, conforme apresentado no Gráfico 5. A partir desse gráfico, pode-se analisar a evolução brasileira ao longo dos anos. O Brasil se posicionou entre os 20 países que mais publicaram a partir de 1998, figurando na 14ª colocação, e não saiu mais desse ranqueamento. Ele se manteve nessa posição, com algumas pequenas oscilações, até o ano de 2021. No entanto, houve uma queda maior de sua colocação em 2022, ficando na 18ª posição. Um dos países que ultrapassaram o Brasil foi a Arábia Saudita, que entrou nesse ranqueamento apenas em 2020 e que, com seu alto crescimento percentual anual, conseguiu angariar várias posições nos últimos anos. A Coreia do Sul e a Índia também merecem destaque, pois estavam, respectivamente, nas 13ª e 14ª colocações em 1993 e, em 2022, subiram para a 6ª e 3ª posições, se consolidando nessa área tecnológica. O Irã também cresceu bastante seu posicionamento nas décadas anteriores, aparecendo no ranqueamento a partir de 2006. Outro país que deve se manter nesse

ranqueamento nos próximos anos, com possibilidade de ultrapassar o Brasil, é o Paquistão, que entrou no ranqueamento a partir de 2021 e possui um alto crescimento anual médio. Um movimento oposto foi verificado pelo Japão que era o segundo colocado em 1993 e passou a ser o décimo colocado em 2022.

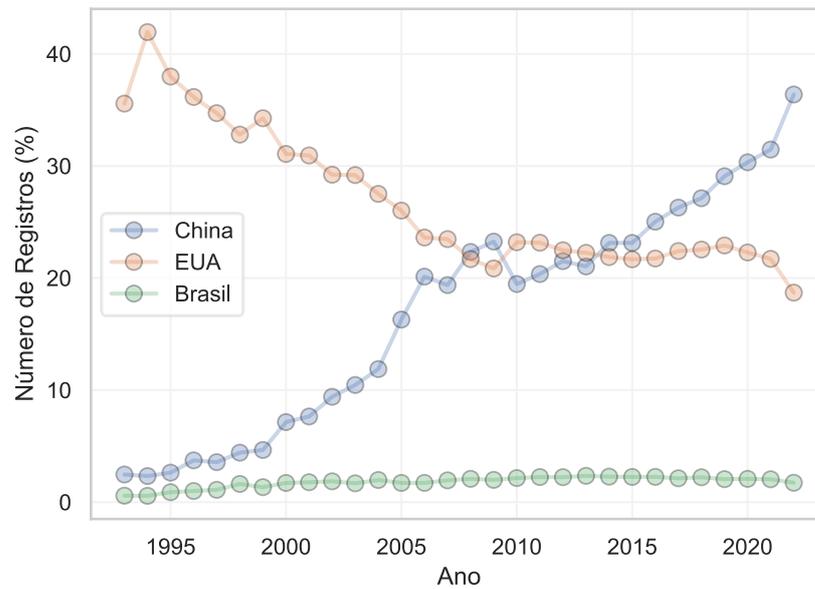
Gráfico 5 - Evolução da posição dos países de acordo com o número de publicações sobre IA, indexadas na WoS (1993 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Nos 30 anos analisados, percebe-se que os Estados Unidos estiveram sempre nas duas primeiras colocações, corroborando seu conhecido poderio tecnológico. No entanto, com o crescimento notável da China, que pode ser observado a partir do seu posicionamento desde 1993, os EUA perderam o posto de primeiro colocado em número de publicações a partir de 2014. Para deixar mais clara essa troca de posições entre Estados Unidos e China, o Gráfico 6 mostra a contribuição desses dois países em porcentagem de publicação em IA indexada na WoS, no período de 1993 a 2022. Observa-se que enquanto em 1994 os EUA detinham mais de 40% da publicação em IA indexada e a China aproximadamente 2%, em 2022, esta última possuiu um pouco mais de 36%, enquanto os EUA aproximadamente 18%, consolidando a primeira posição para a China. Durante todos esses anos, a contribuição média do Brasil foi de 1,8% da publicação mundial, com algumas oscilações, principalmente no período 2011-2016, quando a média foi de 2,3%.

Gráfico 6 - Evolução da participação do Brasil, China e Estados Unidos na publicação mundial sobre IA, indexada na WoS (1993 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

A Tabela 1 apresenta os 20 principais meios de publicação utilizados pelos pesquisadores brasileiros, sendo interessante observar que dos 20 veículos de publicação 7 são congressos. Ademais, observa-se que, além de meios de publicação diretamente relacionados com a Ciência da Computação e Engenharias, há periódicos relacionados com a área de saúde, mostrando ser uma área com bastante uso das ferramentas da IA.

Tabela 1 – Os 20 principais meios de publicação de autores brasileiros sobre IA, recuperados na WoS (2013 - 2022).

Quantidades de registros	Fonte
552	INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORK (IJCNN)
414	EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS
391	PLOS ONE
385	IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS
329	IEEE ACCESS
308	IEEE CONFERENCE ON EVOLUTIONARY COMPUTATION (CEC)
298	BRAZILIAN CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS (BRACIS)
289	SENSORS
256	CIENCIA & SAUDE COLETIVA
221	CONFERENCE ON GRAPHICS, PATTERNS AND IMAGES (SIBGRAPI)
205	CADERNOS DE SAUDE PUBLICA
204	APPLIED SOFT COMPUTING
184	NEUROCOMPUTING
177	SCIENTIFIC REPORTS
163	LATIN AMERICAN ROBOTICS SYMPOSIUM AND BRAZILIAN SYMPOSIUM ON ROBOTICS (LARS-SBR)
157	INFORMATION SCIENCES
153	LATIN AMERICAN CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (LA-CCI)
151	INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS (ICEIS)
148	REMOTE SENSING
147	REVISTA DE SAUDE PUBLICA

Fonte: desenvolvimento próprio.

Para compreender os temas mais abordados dentro da IA nos documentos recuperados com contribuição brasileira na WoS, foi realizado um levantamento das palavras-chave mais empregadas. A Tabela 2 apresenta as 20 palavras-chave mais utilizadas pelos autores brasileiros. Como pode ser observado, as palavras estão relacionadas com a pesquisa em IA, seja representando suas ferramentas, como as “Redes Neurais”, em seu termo em inglês, ou por suas aplicações, como “Fator de Risco” e “Covid-19”. É importante observar que o termo “Inteligência Artificial” possui 981 incidências em palavras-chave dos autores, ou seja, esse termo é utilizado nas palavras-chave de 2,88% do total de documentos recuperados. Isso mostra a importância de utilizar uma expressão mais abrangente, como mostrado no Quadro 2 da Seção 3.1, pois, como se pode observar com essa busca, os pesquisadores da área de IA não empregam sempre esse termo nos seus trabalhos por ser um termo geral.

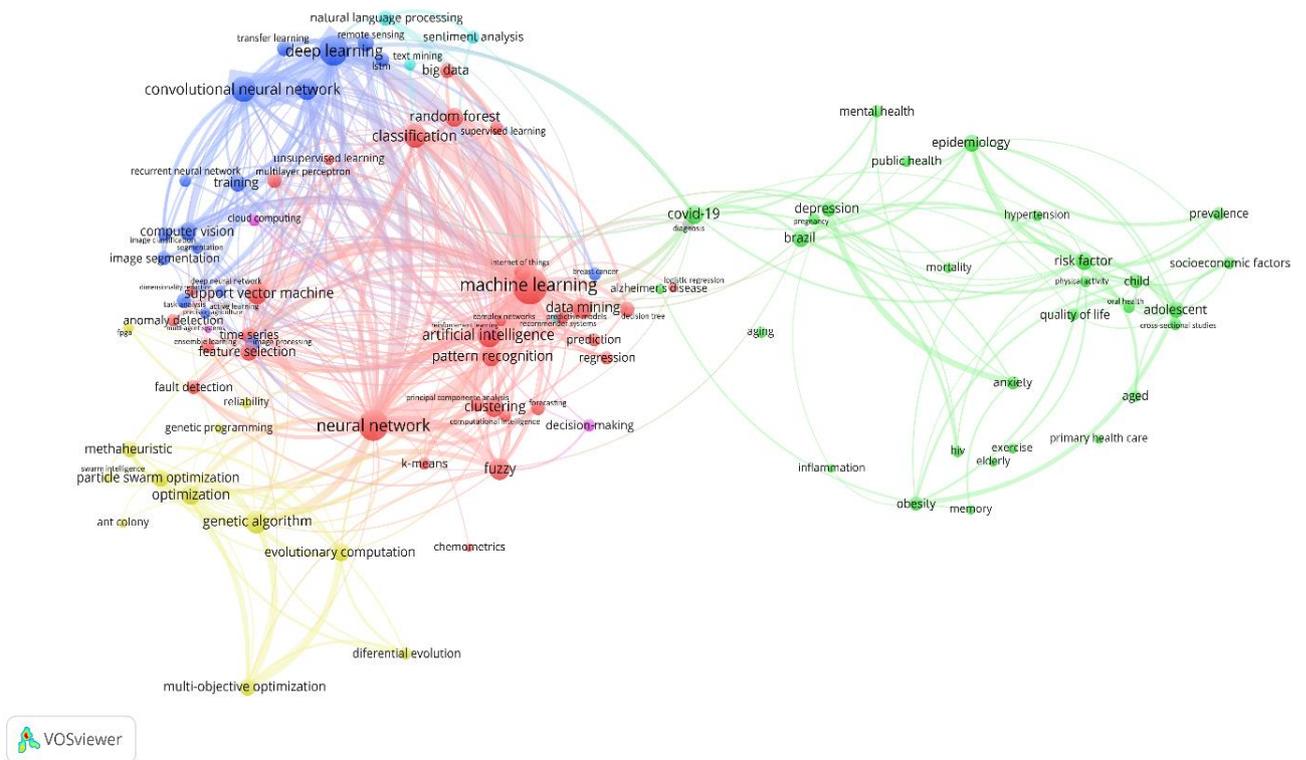
Tabela 2 - As 20 palavras-chave dos autores, de maior incidência em publicações sobre IA, indexada na WoS, com contribuição brasileira (2013 - 2022).

Palavra-chave	Incidência	Palavra-chave	Incidência
<i>machine learning</i>	2.880	<i>multi-objective optimization</i>	510
<i>neural network</i>	2.101	<i>risk factor</i>	497
<i>fuzzy</i>	1.296	<i>pattern recognition</i>	494
<i>deep learning</i>	1.281	<i>optimization</i>	482
<i>artificial intelligence</i>	981	<i>support vector machine</i>	444
<i>convolutional neural network</i>	854	<i>covid-19</i>	427
<i>genetic algorithm</i>	801	<i>particle swarm optimization</i>	426
<i>data mining</i>	589	<i>evolutionary computation</i>	424
<i>clustering</i>	575	<i>random forest</i>	381
<i>classification</i>	535	<i>brazil</i>	365

Fonte: desenvolvimento próprio.

Para entender as áreas de pesquisa em IA no Brasil e suas relações, foi desenvolvida uma rede de coocorrência das cem palavras-chave mais utilizadas pelos autores, conforme apresentado na Figura 6. A partir da análise dessa rede, percebe-se que a pesquisa em IA é muito ampla, com diversas técnicas e aplicações que vão do processamento de linguagem natural à área de saúde, como a epidemiologia. Nessa mesma rede, pode-se destacar cinco principais agrupamentos, representados em cores diferentes: (i) *Aprendizado de Máquinas*, que engloba as ferramentas clássicas de IA como a Rede Neural, a Máquina de Vetores Suporte, a rede *Perceptron* de Múltiplas Camadas, a Floresta Aleatória e a Regressão Logística, além de termos gerais como Regressão, Predição, Classificação, Reconhecimento de Padrões e Mineração de Dados (em vermelho); (ii) *Aprendizado Profundo*, com termos como Redes Neurais Convolucionais e Aprendizado por Transferência, com aplicações como Visão Computacional e Segmentação de Imagens, comuns a essas técnicas (em azul); (iii) *Otimização*, principalmente com termos relacionados com as metaheurísticas, tais como os Algoritmos Genéticos, Nuvem de Partículas e Evolução Diferencial (em amarelo); (iv) *Processamento de Linguagem Natural*, com termos como Análise de Sentimentos, Mineração de Texto e Sistemas de Recomendação (em azul claro) e (v) *Área de Saúde*, englobando doenças como Covid-19, Alzheimer e AIDS e doenças relacionadas com a saúde mental (em verde). Um dos destaques é a aplicação em saúde e suas relações com ferramentas de IA mostrando que se trata de uma área com bastante uso da IA.

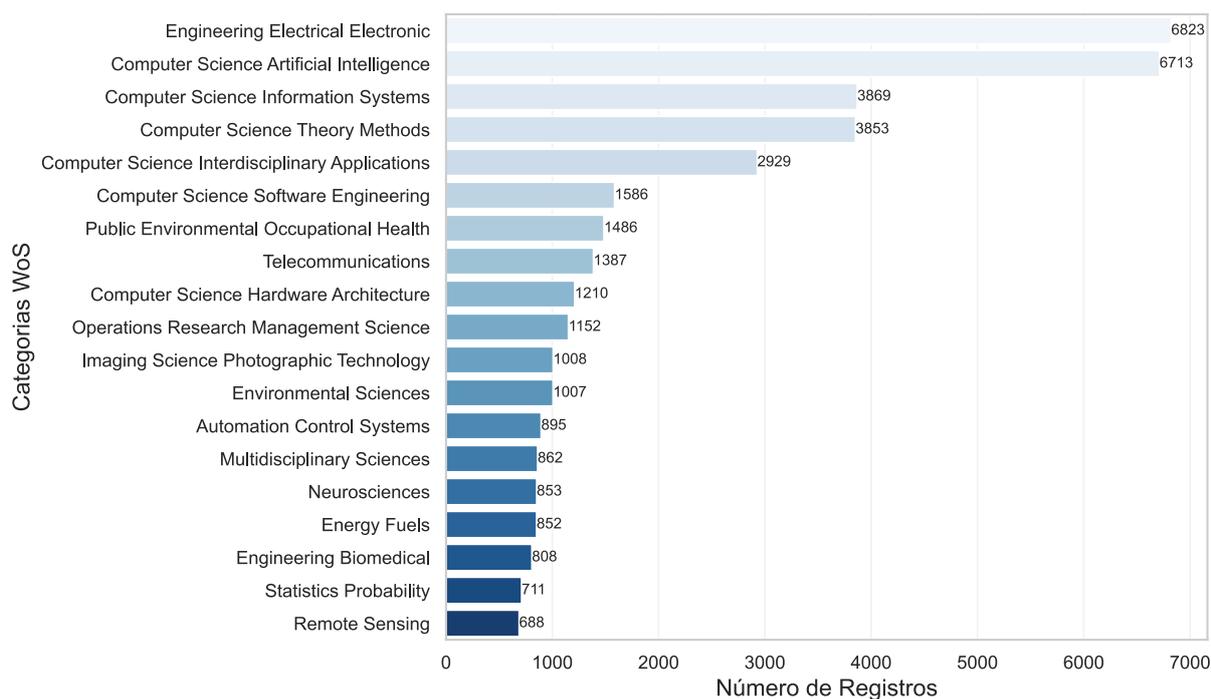
Figura 6 - Rede de cocorrência das 100 palavras-chave de maior ocorrência, nas publicações brasileiras sobre IA, indexadas na WoS (2013-2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Com os resultados obtidos pela busca na WoS, foi realizado um levantamento das áreas de pesquisa da IA com mais registros no Brasil, conforme apresentado no Gráfico 7. Como esperado, as áreas relacionadas com desenvolvimento de ferramentas de IA, como a Ciência da Computação e a Engenharia tiveram destaque, pois são as áreas onde o desenvolvimento dessas ferramentas ocorre, bem como suas aplicações. A área de saúde também possui um número grande registros, sendo uma importante área de aplicação da IA. Observa-se que áreas relacionadas com Ciências Humanas e CTS são periféricas no estudo desse tema.

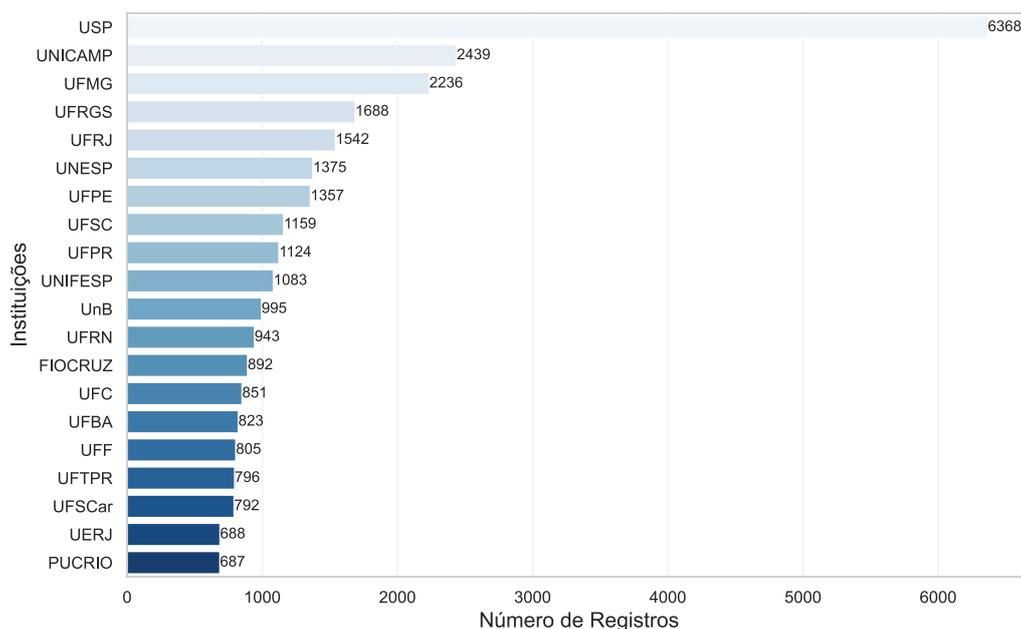
Gráfico 7 - Áreas de pesquisa sobre IA, das publicações brasileiras, indexadas na WoS (2013-2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

De forma a entender quais são os principais atores sobre a pesquisa em Inteligência Artificial no Brasil, foram elencadas as 20 instituições de ensino e pesquisa com maior contribuição no tema, conforme apresentado no Gráfico 8. A publicação referente a essas instituições representa 66% do total de publicações brasileiras, um montante de 22.642, sendo que a instituição de maior participação é a Universidade de São Paulo, contribuindo em 19% das publicações. No entanto, é importante destacar que não há, na lista apresentada, instituições da região Norte do Brasil, mostrando uma discrepância regional de pesquisa na área, sendo que as universidades da região Sudeste detêm mais de 55% das publicações.

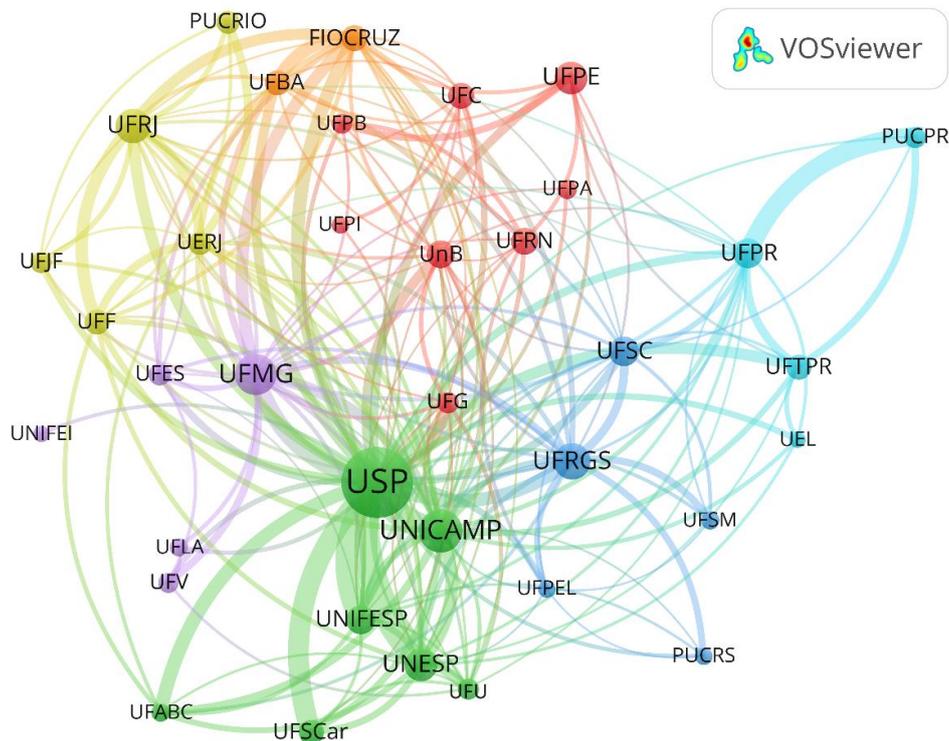
Gráfico 8 - Quantidade de publicações sobre IA, de instituições brasileiras, indexadas na WoS (2013 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Por fim, a partir das autorias dos registros encontrados, foi desenvolvida uma rede de colaboração entre as 36 instituições de maior relevância em pesquisa em IA no Brasil, conforme apresentado na Figura 7, sendo que cada nó representa uma instituição e as arestas as respectivas interações. Observa-se nessa rede de instituições que a localização geográfica é um importante fator de interação, seja pela proximidade e maior interação dos grupos de pesquisa ou até por compartilhamento das mesmas agências de fomento, quando do mesmo Estado. Por exemplo, há uma forte interação entre as universidades paulistas (UFSCar, UNESP, UNICAMP, UNIFESP e USP), uma vez que as arestas que as ligam são mais espessas, entre as universidades do Paraná (PUC-PR e UFPR), as universidades do Rio de Janeiro (UERJ, UFRJ, PUC-RIO e UFF), algumas universidades da região Sul (PUC-RS, UFRGS, UFSC, UFSM e UFPEL), as universidades dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (UFES, UFLA, UFMG, UNIFEI e UFV) e algumas da região Nordeste (UFC, UFPE, UFPB e UFRN). Interessante observar que a UFU e a UFJF possuem mais interação com as universidades de São Paulo e Rio de Janeiro, respectivamente, do que aquelas do seu próprio estado, Minas Gerais, possivelmente pela aproximação geográfica e interação dos respectivos grupos de pesquisa. É importante ressaltar que dentre essas 36 instituições, apenas 3 não são públicas, e, de todas, apenas 1 não é universidade, a Fundação Oswaldo Cruz. Isso mostra a importância das instituições públicas de ensino e pesquisa para o desenvolvimento da ciência e tecnologia no Brasil.

Figura 7 - Rede de colaboração entre Instituições brasileiras com maior número de publicações em IA indexadas na WoS (2013 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Essa interação entre universidades é de suma importância para pesquisa e desenvolvimento dessa área, uma vez que se trata de uma área bastante complexa e multidisciplinar. No entanto, é importante destacar que, até então, as análises e discussões apresentadas correspondem a uma pesquisa ampla sobre o tema IA, que, conforme constatado nos resultados, abrange principalmente as áreas de pesquisa em IA compostas por trabalhos sobre o desenvolvimento e aplicações de suas técnicas. Por se tratar de uma área crucial e com repercussões relevantes em toda a sociedade, é importante analisar como ela tem sido discutida por áreas do conhecimento que buscam investigar as consequências e implicações das tecnologias de propósito geral, para além da área base de pesquisa em IA. Nesse sentido, esse trabalho apresenta, na próxima seção deste capítulo, uma análise de indicadores com o intuito de verificar se esse debate está ocorrendo principalmente dentro do campo CTS, campo este que possui todas as qualificações necessárias para se envolver nessa empreitada.

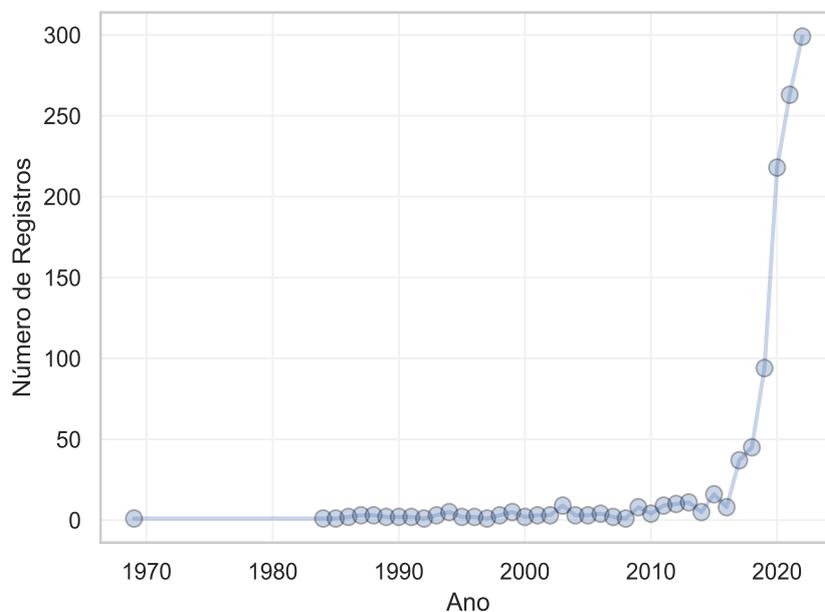
4.2 DA PESQUISA SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CAMPO CTS

Nessa etapa, discute-se os resultados da pesquisa realizada na *Web of Science* que teve como propósito identificar a pesquisa realizada pelo campo CTS sobre a IA, investigado as publicações no mundo e no Brasil.

A pesquisa realizada na *Web of Science*, com inclusão de periódicos relacionados ao campo CTS e com palavras-chave desse campo e da área da IA recuperou um total de 915 artigos, para o período de 2013 a 2022, sendo recuperados 18 registros com participação de pesquisadores brasileiros. Esses números são bem inferiores àqueles relacionados com a área de pesquisa da IA. Isso era esperado, uma vez que há muitas aplicações, bem como muitas ferramentas de IA e, como exposto anteriormente, trata-se de uma área transversal e de grande relevância atual na ciência. Nesse sentido, os seus desdobramentos ainda não são conhecidos de maneira profunda e o debate ainda está ocorrendo, o que poderá corroborar o aumento da pesquisa no campo CTS nos próximos anos.

Isso pode ser inferido a partir do Gráfico 9, que apresenta o número de registros recuperados na *WoS*, de 1945 a 2022, onde percebe-se um crescimento elevado das publicações indexadas na *WoS* nos últimos anos. A publicação dos últimos 5 anos do período analisado corresponde a 84% da publicação de todos os anos, com destaque para os últimos 3 anos, com média anual de 260 publicações. O primeiro trabalho é datado de 1969 e escrito por John Morris (1969), no periódico *Isis*. Neste artigo, Morris (1969) debate sobre a teoria de René Descartes a respeito do reconhecimento de padrões realizado pelo cérebro humano, tecendo uma discussão sobre as limitações dessa teoria. Apesar de não ser um artigo que debate o emprego da IA na sociedade, ele trata sobre a capacidade de máquinas processarem imagens. Após esse artigo, apenas na década de 1980 aparecem outras publicações, como o trabalho de Stephen Adams em 1986, *Artificial Intelligence, Culture, and Individual Responsibility*, no periódico *Technology in Society*, onde o autor discute sobre a responsabilidade dos pesquisadores da área de IA de conhecerem e discutirem os efeitos das tecnologias baseadas em IA para os indivíduos e para a sociedade.

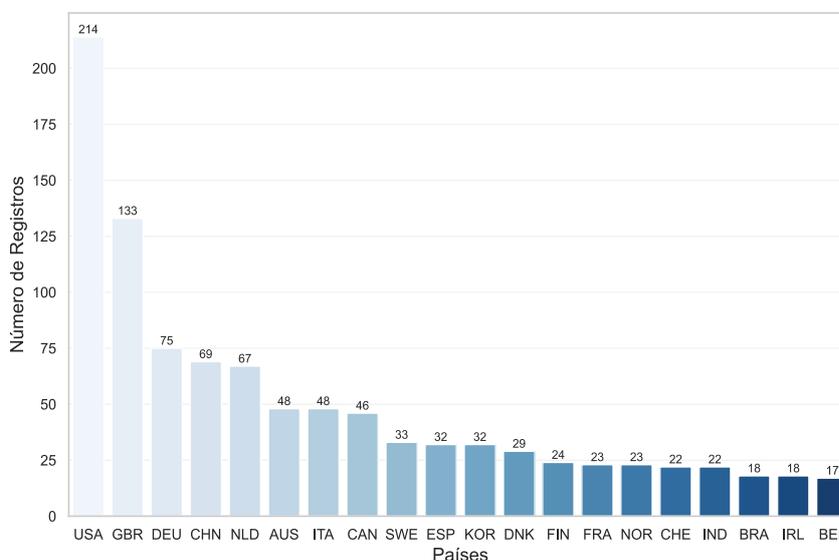
Gráfico 9 - Quantidade de publicações do CTS sobre IA no mundo indexadas na WoS (1945 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Considerando o período de 2013 a 2022, a publicação por país é apresentada no Gráfico 10, onde pode ser observado que os EUA são o país com maior número de publicações, seguidos pela Grã-Bretanha e Alemanha, enquanto o Brasil ficou na 18ª colocação com 18 publicações. De forma a compreender os principais atores dessa discussão social acerca da IA, e confrontá-los em relação à sua participação na área de pesquisa da IA, foram elencados os países com maior número de publicações nas duas perspectivas, conforme apresentado no Gráfico 11.

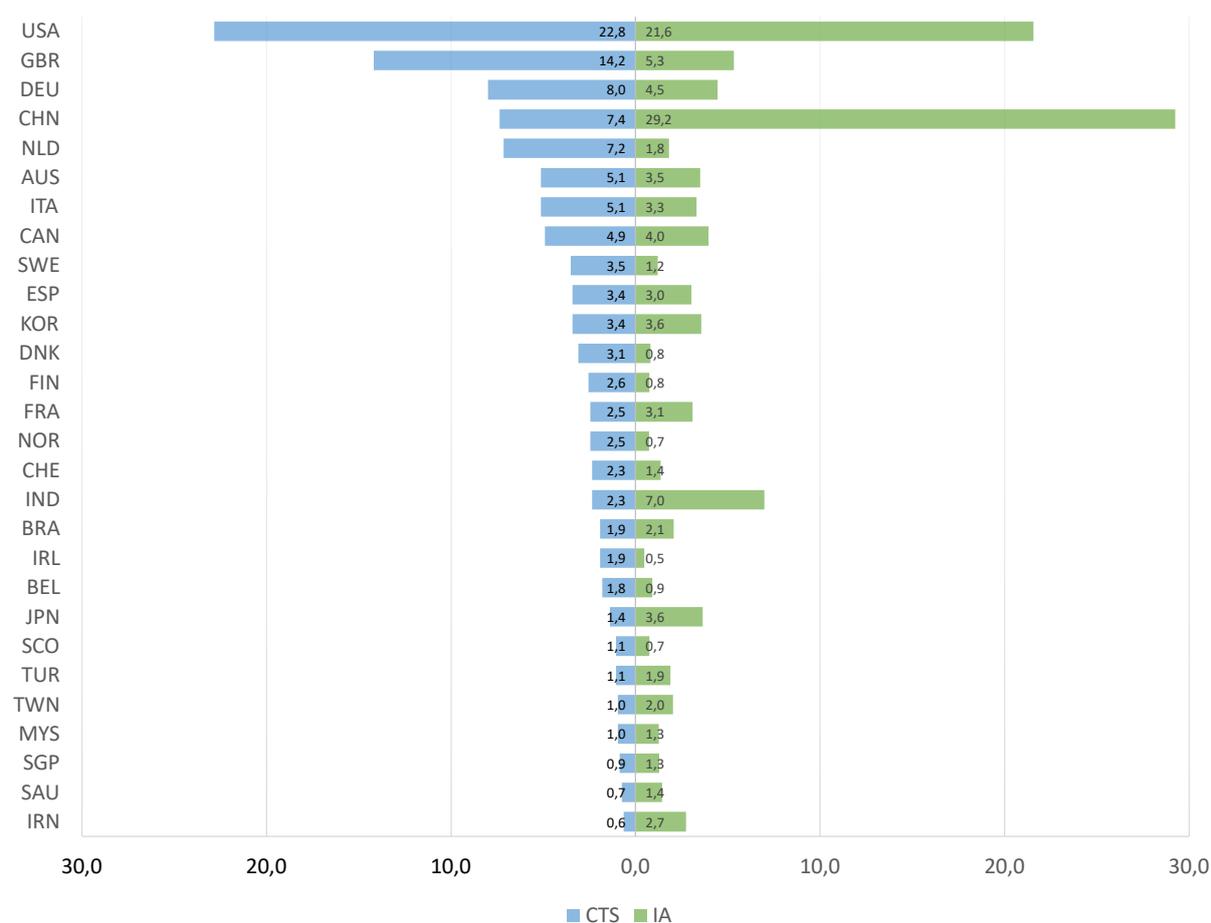
Gráfico 10 - Quantidade de publicações, por país, do CTS sobre IA indexadas na WoS (2013 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

No Gráfico 11, são apresentados os percentuais de participação de cada país, considerando tanto a interseção entre o campo CTS e a IA quanto a pesquisa em IA abordada anteriormente. A partir dos valores apresentados, pode-se constatar que a contribuição relativa dos países é bem diferente ao considerar as pesquisas do campo CTS sobre a IA e a área de pesquisa em IA. Como mostrado neste gráfico, a participação americana na pesquisa do campo CTS sobre a IA é 22,8% contra 7,4% da chinesa, sendo que esses percentuais são 21,6% e 29,2%, respectivamente, considerando a área de pesquisa em IA. Esses números indicam que os EUA estão debatendo mais os desdobramentos da IA. Merecem destaque também a Grã-Bretanha e a Alemanha que possuem uma participação percentual bastante inferior à China na área da IA, no entanto, superiores no debate sobre IA.

Gráfico 11 - Porcentagem de publicações, por país, sobre IA no campo CTS e da área de pesquisa em IA, indexadas na WoS (2013 - 2022).



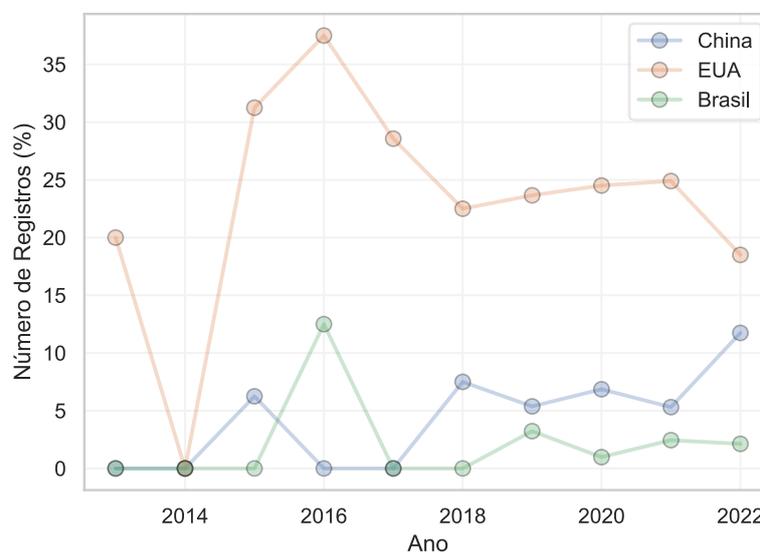
Fonte: desenvolvimento próprio.

Além da queda da participação da China em publicações no campo CTS em relação aos seus percentuais de participação na área da IA, é possível observar também que países como

a Índia, o Japão e o Irã, que possuíam boa colocação na área de pesquisa da IA, tiveram uma queda de produção relativa no campo CTS (a Índia passou da 3ª colocação para a 17ª, o Japão da 7ª para a 21ª e o Irã da 13ª para a 28ª). Ademais, o Brasil também obteve uma queda percentual, porém, de apenas 0,2%, mas o suficiente para mudar sua colocação da 14ª para a 18ª, considerando essa década de estudo. Em caminho oposto, Holanda, Suíça, Suécia, Dinamarca, Finlândia, Noruega, Irlanda e Bélgica, que não constavam no ranqueamento dos 20 países que mais produziram na década de 2013-2022 na área de pesquisa da IA, aparecem entre os 20 países que mais publicaram na área CTS sobre IA.

Ao fazer a comparação entre as duas potências mundiais tecnológicas da atualidade, EUA e China, há uma predominância da participação americana no campo CTS em relação a China ao longo dos anos, conforme pode ser observado no Gráfico 12. Mas, é importante observar que, ao contrário do que ocorreu na área de pesquisa da IA, onde juntos eles detinham mais de 50% da publicação analisada, a participação desses dois países, em termos proporcionais, é menor do que observado anteriormente, cerca de 30%. A participação brasileira tem oscilado em torno dos 2%, conforme ocorrido na área de pesquisa da IA.

Gráfico 12 - Evolução da participação do Brasil, China e Estados Unidos na publicação mundial do CTS sobre IA, indexada na WoS (2013 - 2022).



Fonte: desenvolvimento próprio.

Para compreender as linhas de pesquisa mais trabalhadas dentro dessa seleção de artigos do campo CTS, foram elencadas as palavras-chave mais utilizadas, conforme pode ser visto na Tabela 3. Apesar de aparecer muitos termos relacionados com a área de pesquisa da

IA, o que era esperado pois essas tecnologias estão em constante desenvolvimento, surgiram termos que não foram destaque na área da IA, como “ethics”, “ai ethics”, “machine ethics”, “transparency”, “privacy”, “governance”, “science and technology studies”, “bias” e “responsability”, que são relacionadas com a discussão sobre as repercussões da IA, com ênfase para a questão da ética, que aparece em três palavras-chave distintas.

Tabela 3 - As 20 palavras-chave dos autores, no mundo, de maior incidência, em publicações do CTS sobre IA, indexadas na WoS (2013 - 2022).

Palavra-chave	Incidência	Palavra-chave	Incidência
<i>artificial intelligence</i>	396	<i>technology</i>	18
<i>machine learning</i>	115	<i>natural language processing</i>	17
<i>ethics</i>	71	<i>governance</i>	17
<i>algorithm</i>	37	<i>innovation</i>	17
<i>big data</i>	32	<i>robots</i>	16
<i>ai ethics</i>	31	<i>machine ethics</i>	16
<i>transparency</i>	27	<i>science and technology studies</i>	16
<i>privacy</i>	22	<i>bias</i>	14
<i>social media</i>	22	<i>responsability</i>	14
<i>data mining</i>	19	<i>sentiment analysis</i>	14

Fonte: desenvolvimento próprio.

Uma nuvem com as 100 palavras-chave mais utilizadas é apresentada na Figura 8, com o intuito de evidenciar outras palavras relacionadas com o estudo CTS, como “surveillance”, “explainability”, “fairness”, “democracy”, “accountability”, “policy”, “trust”, “discrimination”, “diversity” e “morality”. A lista completa com todas as 100 palavras-chave e suas respectivas incidências é apresentada no Apêndice C.

Em síntese, a rede de coocorrência de palavras apresentada na Figura 9 revela os grandes desafios relacionados com a implementação da IA para a nossa sociedade, discutidos nos artigos recuperados, como os riscos para a democracia, a privacidade, a transparência, a polarização, a ética, a justiça e a governança da IA. Ela também mostra as ferramentas e métodos utilizados que intensificam esse debate, o que inclui, por exemplo, o emprego de processamento de linguagem natural e a mineração de dados em conjunto com técnicas de Aprendizado Profundo para processamento de dados provenientes de redes sociais virtuais, como o *Twitter* (atualmente chamado de X), com o objetivo de analisar sentimentos e conteúdo de dados de usuários. A partir dessa figura, é possível observar onde esse arcabouço de ferramentas e análises é empregado e examinado nos artigos, como nos sistemas de recomendação, nos veículos autônomos e na robótica.

Por fim, foram levantados os periódicos com maior incidência de publicação do CTS sobre IA, em pesquisas de todo o mundo (Tabela 5) e em pesquisas com participação de pesquisadores nacionais (Tabela 6).

Tabela 5 – Os periódicos de maior incidência em publicações do CTS sobre IA no mundo, recuperadas na WoS (2013 - 2022).

Periódico	Incidência
<i>AI & Society</i>	370
<i>Technology in Society</i>	133
<i>Big Data & Society</i>	84
<i>Science and Engineering Ethics</i>	68
<i>Technology Analysis Strategic Management</i>	66
<i>Research Policy</i>	33
<i>Public Understanding of Science</i>	15
<i>Science and Public Policy</i>	11
<i>Science Technology Human Values</i>	11
<i>Science Technology and Society</i>	7
<i>Social Studies of Science</i>	7
<i>Configurations</i>	4
<i>Engaging Science Technology and Society</i>	4
<i>Technology and Culture</i>	4

Fonte: desenvolvimento próprio.

Como pode ser observado, existem diversos periódicos que tratam a área da IA sob uma perspectiva CTS, sendo que o periódico com maior número de publicações indexadas na WoS no período 2013 a 2022 é o *AI & Society* da editora Springer. Esse periódico foi estabelecido em 1987 e, como o próprio nome revela, seu escopo é o estudo da IA a partir de

um contexto social. O segundo periódico com mais artigos indexados no período é o *Technology in Society*, um tradicional periódico para discussão CTS estabelecido em 1979. Ao comparar os periódicos de maior relevância nas publicações mundiais com aqueles que contam com a contribuição de pesquisadores brasileiros, novamente, o *AI & Society* foi o principal.

Tabela 6 – Os periódicos com publicação do CTS sobre IA, indexadas na WoS, com artigos de autores brasileiros (2013 - 2022).

Periódico	Incidência
<i>AI & Society</i>	10
<i>Technology in Society</i>	3
<i>Technology Analysis Strategic Management</i>	2
<i>Journal of the Association for Information Science and Technology</i>	1
<i>Revista de Saúde Pública</i>	1
<i>Science and Public Policy</i>	1

Fonte: desenvolvimento próprio.

Os artigos nacionais recuperados na WoS são apresentados no Quadro 4. Ao analisar este quadro, percebe-se que vários trabalhos realizam o debate acerca dos desdobramentos da IA a partir de uma perspectiva CTS, mas também existem trabalhos desse campo que empregam técnicas de IA em seus estudos, não necessariamente realizando uma análise crítica sobre essa área.

Apesar da limitação da escolha de periódicos relacionados com CTS na WoS para seleção de documentos, ficou evidente que o número de documentos relacionados com a área da IA é muito superior aos do campo CTS, como esperado. Porém, o crescimento do número de publicações CTS a partir de 2017 é encorajante acerca de um estudo sobre as implicações da IA na sociedade para os próximos anos. Ademais, ficou claro que a participação brasileira, em termos relativos, é ainda pequena como a sua participação na área da IA, o que mostra uma necessidade desse campo de pesquisa no Brasil se envolver mais com esse debate, pelo menos em publicações em periódicos internacionais com fator de impacto. Por exemplo, a instituição brasileira com maior número de publicações foi a USP, com 4 documentos, número bastante inferior aos 6.398 encontrados da área da IA para essa mesma instituição.

Quadro 4 – Artigos com participação brasileira do CTS sobre IA, indexadas na WoS (2013 - 2022).

Periódico	Ano	Título
<i>Technology in Society</i>	2022	<i>Acceptance and perception of wearable technologies: A survey on Brazilian and European companies</i>
<i>AI & Society</i>	2021	<i>AI from Concrete to Abstract Demystifying artificial intelligence to the general public</i>
<i>AI & Society</i>	2021	<i>Artificial intelligence and institutional critique 2.0: unexpected ways of seeing with computer vision</i>
<i>Technology in Society</i>	2021	<i>Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government</i>
<i>AI & Society</i>	2021	<i>Can machines think? The controversy that led to the Turing test</i>
<i>Technology Analysis Strategic Management</i>	2022	<i>Combining natural language processing techniques and algorithms LSA, word2vec and WMD for technological forecasting and similarity analysis in patent documents</i>
<i>Revista de Saúde Pública</i>	2016	<i>Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil</i>
<i>Journal of the Association for Information Science and Technology</i>	2022	<i>Domain-topic models with chained dimensions: Charting an emergent domain of a major oncology conference</i>
<i>Science and Public Policy</i>	2018	<i>Empowering political participation through artificial intelligence</i>
<i>AI & Society</i>	2022	<i>Framing the effects of machine learning on science</i>
<i>Technology Analysis Strategic Management</i>	2022	<i>How is the product development process supported by data mining and machine learning techniques</i>
<i>AI & Society</i>	2022	<i>Indexing, enriching, and understanding Brazilian missing person cases from data of distributed repositories on the web</i>
<i>Technology in Society</i>	2021	<i>Mapping the barriers of AI implementations in the public distribution system: The Indian experience</i>
<i>AI & Society</i>	2020	<i>Movie films consumption in Brazil: an analysis of support vector machine classification</i>
<i>AI & Society</i>	2022	<i>New Pythias of public administration: ambiguity and choice in AI systems as challenges for governance</i>
<i>AI & Society</i>	2019	<i>Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning</i>
<i>AI & Society</i>	2021	<i>Reflections on epistemological aspects of artificial intelligence during the COVID-19 pandemic</i>
<i>AI & Society</i>	2020	<i>The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence</i>

Fonte: desenvolvimento próprio.

4.2.1 Discussões e Análise Qualitativa dos Artigos Nacionais CTS sobre IA

Se, como afirmam vários autores, esse é um momento de disrupção tecnológica que é condicionado e nos condiciona de toda sorte, faz-se importante analisar essas questões a partir do campo do CTS, por ser este um campo interdisciplinar e plural, apto a debater as implicações da IA de maneira complexa e reflexiva. De acordo com os resultados da pesquisa quantitativa empregada nesta tese reforça-se que foi possível comprovar que a IA é sim uma área importante, de crescimento escalonado, que cria raízes cada vez mais profundas em vários domínios e é objeto de estudos, desenvolvimento e aplicação por várias outras áreas do conhecimento, bem como é uma tecnologia relevante na maioria dos países do globo terrestre. No que concerne ao campo CTS, sabe-se que este é um campo consolidado, interdisciplinar, complexo e crítico capaz de contribuir sobremaneira para que o desenvolvimento e os desdobramentos da IA sejam discutidos por um maior número possível de atores capacitados a encontrar soluções que possam mitigar os efeitos negativos dessa tecnologia. No entanto, os resultados quantitativos mostram que, no que se refere a artigos científicos acessíveis a partir da *WoS*, a contribuição de autores brasileiros, que publicam em periódicos concernentes ao campo CTS, é embrionário, comprovando a hipótese inicial desta tese, mas crescente.

Assim, esta pesquisa percorreu o caminho dos indicadores bibliométricos, gerados a partir da *WoS*, base escolhida para delimitar o escopo de estudos desta pesquisa, ao buscar identificar a pesquisa na área da IA e mapear a pesquisa do campo CTS sobre essa área. A última fase dessa caminhada constituiu em uma avaliação qualitativa, apoiada nos princípios da análise de conteúdo do método de Bardin (2016), conforme previsto na metodologia de pesquisa adotada, dos 18 artigos recuperados na *WoS* sobre a pesquisa do campo CTS a respeito da IA com participação brasileira. Nesta fase, buscou-se descobrir principalmente quais são os temas dentro do guarda-chuva da IA que são objeto de debate por esses autores brasileiros que permeiam o campo CTS.

Na primeira fase da análise de conteúdo, tem-se a pré-análise, na qual utilizou-se como critério de inclusão de artigo para as demais fases (i) ter a participação de pelo menos um autor brasileiro vinculado a uma instituição nacional de ensino e, ou pesquisa; (ii) não ser um artigo exclusivo de desenvolvimento e aplicação pura de ferramentas da IA e (iii) ter o documento completo disponível na base Periódicos Capes, utilizada para acessar a *WoS*.

Dessa forma, dos 18 artigos recuperados 2 não estavam com os textos completos disponíveis para *download*, assim, a leitura foi realizada nos 16 artigos cujo acesso ao documento completo foi possível. Após a leitura completa, observou-se que 1 artigo foi escrito por um autor brasileiro, porém, sem vínculo com uma instituição nacional de ensino e, ou pesquisa. Com isso, 15 artigos passaram para a fase seguinte, a de categorização. No Quadro 5 estão listados os artigos excluídos com a indicação dos autores brasileiros e a instituição de vínculo, além do título.

Quadro 5 – Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, não selecionadas na pré-análise (2013 - 2022).

Título do Artigo	Autor(es) Brasileiro(s)	Instituição	Área de Atuação
<i>Domain-topic models with chained dimensions: Charting an emergent domain of a major oncology conference</i>	Alexandre Hannud Abdo	Garoa	Interdisciplinar
<i>Combining natural language processing techniques and algorithms LSA, word2vec and WMD for technological forecasting and similarity analysis in patent documents</i>	João Marcos de Rezende Izabella M. C. Rodrigues Leandro C. Resendo Karin Satie Komati	IFES IFES IFES IFES	Ciência da Computação Biologia Informática Engenharia
<i>How is the product development process supported by data mining and machine learning techniques</i>	Jovani Taveira de Souza Rômulo H. G. de Jesus Mariane Bigarelli Ferreira Daiane Maria de G. Chiroli Cassiano Moro Piekarski Antônio C. de Francisco	UTFPR	Engenharia de Produção

Fonte: desenvolvimento próprio.

Na fase de pré-análise foi possível gerar alguns indicadores, para além dos que foram apresentados na seção anterior. Interessante observar que esses 18 artigos foram publicados em 5 diferentes periódicos, sendo que 10 no periódico *AI & Society: Knowledge, Culture and Communication*. É importante destacar que a inclusão desse periódico foi proposta neste trabalho e ele também foi aquele com maior número de trabalhos recuperados em todo o mundo, conforme apresentado na Tabela 5, mostrando ser realmente um veículo multidisciplinar importante para discussão acerca das implicações da IA na sociedade. A pesquisa quantitativa investigou a publicação em 30 periódicos e, também, utilizou 2 palavras-chave. O uso das palavras-chave foi importante para identificar 2 dos 18 artigos, pois eles foram publicados em 2 periódicos que não estavam na lista empregada, quais sejam *Journal of the Association for Information Science and Technology* e *Revista de Saúde Pública*.

Isso reforça a importância de uma estratégia de busca mais ampla, o que corrobora os resultados do trabalho apresentado por Hess e Sovacool (2020).

No Quadro 6 estão listados os artigos que foram selecionados na pré-análise e seguiram para a fase de categorização. Esses dados mostram que há uma interdisciplinaridade nas pesquisas reportadas em pelo menos 7 dos 15 artigos analisados, nas quais os autores de áreas e instituições nacionais diferentes se unem para trabalhar temas que envolvem a IA e seus objetos de estudo. Também, percebe-se a predominância de autores e instituições da região Sul e Sudeste, sendo que não foram recuperados artigos de instituições da região Norte e somente um artigo teve a participação de autores da região Nordeste ou Centro-Oeste, observação também realizada nos indicadores da pesquisa em IA apresentados anteriormente.

Quadro 6 – Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise (2013 - 2022).

Título do Artigo	Autores Brasileiros	Inst.	Área de Atuação
Detecção digital de doenças e vigilância participativa: panorama e perspectivas para o Brasil	Onicio Batista L. Neto Juliana P. Ferreira	FIOCRUZ UFPE	CPqAM Ciência da Computação
<i>Empowering political participation through artificial intelligence</i>	Tulio Chiarini	IPEA-RJ	Centro de Pesquisa em CTS
<i>Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning</i>	Ronaldo Cristiano Prati	UFABC	Ciência da Computação
<i>The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence</i>	Hugo Neri Fabio G. Cozman	USP	Center for Art. Intelligence Eng. Mecatrônica
<i>Movie films consumption in Brazil : an analysis of support vector machine classification</i>	Marislei Nishijima Nathalia Nieuwenhoff Ricardo Pires Patrícia R. Oliveira	USP IFSP USP	Instituto de Rel. Internacionais Engenharia Artes e Human.
<i>Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government</i>	Willian B. Adamczyk Adelar Fochezatto Leonardo Monasterio	PUC-RS IPEA-DF	Economia Est Reg. Urb e Ambientais
<i>Mapping the barriers of AI implementations in the public distribution system : The Indian experience</i>	Maciel M. de Queiroz	UNIP	Administração
<i>Artificial intelligence and institutional critique 2.0: unexpected ways of seeing with computer vision</i>	Bruno Moreschi	USP	Arquitetura e Urbanismo
<i>AI from Concrete to Abstract Demystifying artificial intelligence to the general public</i>	Rubens L. Queiroz Josefino C. Melo Lima Priscila M. Vieira Lima	UFRJ	Ciência da Computação Computação Eletrônica
<i>Reflections on epistemological aspects of artificial intelligence during the COVID-19 pandemic</i>	Ângela A. Rosa de Sá Eduardo L. M. Naves Jairo Dias Carvalho	UFU	Engenharia Elétrica Artes, Filo. e C. Sociais
<i>New Pythias of public administration : ambiguity and choice in AI systems as challenges for governance</i>	Fernando Filgueiras	UFMG	Políticas Sociais
<i>Indexing, enriching, and understanding Brazilian missing person cases from data of distributed repositories on the web</i>	Jorão Gomes Junior Heder S. Bernardino Jairo F. de Souza	UFJF	Ciência da Computação
<i>Can machines think? The controversy that led to the Turing test</i>	Bernardo N Gonçalves	USP	Filosofia
<i>Acceptance and perception of wearable technologies : A survey on Brazilian and European companies</i>	Michele Kremer Sott Gislene Schwambach Leonel P. C. Tedesco Rolf Fredi Molz	Unisinos Unisc-RS	Administração Sistemas e Proc. Ind. Informática Ciência da Computação
<i>Framing the effects of machine learning on science</i>	Victo J. da Silva Neto Maria B. M Bonacelli Carlos A. Pacheco	UNICAMP	Instituto Geociências

Fonte: desenvolvimento próprio

Na fase seguinte, a da categorização, decidiu-se por criar duas categorias a serem adotadas para separar os artigos, quais sejam: (i) a dos artigos que utilizam ferramentas da IA para realizar as pesquisas em uma aplicação específica, buscando identificar quais são essas ferramentas e (ii) a dos artigos que debatem a IA, buscando elencar os temas mais discutidos.

Nessa fase, detectou-se que 3 artigos apenas utilizam ferramentas da IA e 12 debatem essa tecnologia. Os artigos que utilizam a IA, aplicaram principalmente as ferramentas da área de Processamento de Linguagem Natural e de Reconhecimento de Padrões, como as Florestas Aleatórias e as Máquinas de Vetores Suporte, em suas pesquisas sem, contudo, discutir os vieses inerentes ao uso dessas ferramentas e os problemas éticos relacionados com esse uso.

Nos trabalhos de Gomes *et al.* (2023), Prati e Said-Hung (2019) e Schwambach *et al.* (2022), os autores usam técnicas para interpretar os modelos obtidos (*Explainable AI*), visando um maior entendimento das saídas obtidas pelos modelos, mas sem que isso seja uma análise profunda das próprias ferramentas, sendo uma inferência dos resultados para entender as entradas mais importantes utilizadas pelo modelo para as suas tomadas de decisão, ou seja, os trabalhos consideram os modelos corretos em suas interpretações e analisam a importância dada pelos modelos a cada entrada. Não há, portanto, um questionamento a respeito dos resultados obtidos pelas ferramentas e as consequências de seu uso. Os temas discutidos são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise, mas que apenas fizeram uso das ferramentas da IA (2013 - 2022).

Ano	Título do Artigo	Tema
2019	<i>Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning</i>	Uso de ferramentas da IA para analisar um contexto social (a influência das redes sociais virtuais nas eleições).
2020	<i>Movie films consumption in Brazil : an analysis of support vector machine classification</i>	Uso de ferramentas da IA para analisar um comportamento social (ida ao cinema e a política pública de redução de valores de ingressos).
2022	<i>Indexing, enriching, and understanding Brazilian missing person cases from data of distributed repositories on the web</i>	Criação de ferramentas com tecnologias da IA para auxiliar no cadastro e busca por pessoas desaparecidas no BR.

Fonte: desenvolvimento próprio

A maioria dos artigos recuperados e analisados discutiram sobre os desdobramentos de tecnologias da IA, esses artigos e os temas debatidos estão listados no Quadro 8, sendo que dois artigos sombreados neste quadro fizeram uso de ferramentas da IA e, também,

introduziram uma discussão a respeito das suas implicações. A partir da seleção e agrupamentos de palavras-chave mais utilizadas pelos pesquisadores do campo CTS no mundo, percebeu-se que os temas mais abordados envolvem aspectos relacionados com a ética e a IA de Confiança que, de acordo com Floridi (2019), deve idealmente atender aos seguintes requisitos para serem confiáveis:

1. Agência humana e supervisão: os sistemas de IA devem ser desenvolvidos para permitir sociedades equitativas, apoiando a agência humana e direitos fundamentais.
2. Robustez e segurança: uma IA confiável exige que algoritmos sejam seguros, confiáveis e robustos o suficiente para lidar com erros durante as fases de desenvolvimento e aplicação da IA.
3. Privacidade e governança de dados: as pessoas devem ter controle sobre os seus próprios dados, sendo que eles não devem ser usados para prejudicá-las ou discriminá-las.
4. Transparência: a rastreabilidade e entendimento dos sistemas de IA devem ser garantidos.
5. Diversidade, não discriminação e justiça: os sistemas de IA devem considerar toda a capacidade humana, suas habilidades e requisitos, e garantir a acessibilidade.
6. Bem-estar social e ambiental: os sistemas de IA devem ser utilizados para promover mudanças sociais positivas e aumentar a sustentabilidade e a responsabilidade ecológica.
7. Prestação de contas (*accountability*): devem ser criados mecanismos para garantir a responsabilidade e a prestação de contas dos sistemas de IA e seus resultados.

Dessa forma, observa-se que os temas trabalhados pelos autores brasileiros também abordam a ética e a IA de Confiança, ao debater os problemas de privacidade, transparência, confiança, responsabilidade. Os temas abordados nos artigos de autores nacionais, destacados em negrito no Quadro 8, são de grande relevância para o debate sobre a IA e, após essa classificação, a última fase da análise de conteúdo, a fase de interpretação dos resultados, versa sobre esses temas e alarga o debate proposto nos artigos de forma que esta tese também contribua para essa discussão dentro do campo CTS.

Quadro 8 - Publicações recuperadas na WoS do CTS em IA, com participação de autores brasileiros, selecionadas na pré-análise e que discutiram sobre as tecnologias da IA (2013 - 2022).

Ano	Título do Artigo	Tema Discutido
2016	Detecção digital de doenças e vigilância participativa: panorama e perspectivas para o Brasil	Mineração de dados e participação passiva, discutindo aspectos éticos e de privacidade no uso de ferramentas de IA.
2018	<i>Empowering political participation through artificial intelligence</i>	IA como meio para promover a participação política da população civil e sua influência positiva na democracia .
2020	<i>The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence</i>	Percepção pública do risco da inteligência artificial ampliado pelos <i>experts</i> .
2021	<i>Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government</i>	A influência da IA no contexto da automação no desemprego no setor público brasileiro.
2021	<i>Mapping the barriers of AI implementations in the public distribution system : The Indian experience</i>	As barreiras da implantação da IA por conta da falta de conhecimento (AI literacy) dos usuários, da falta de confiança , de transparência e aspectos éticos , e a importância de uma governança para a IA.
2021	<i>Artificial intelligence and institutional critique 2.0: unexpected ways of seeing with computer vision</i>	Discute como a visão baseada em IA é limitada, sem compreensão e sem transparência nos estudos das artes.
2021	<i>AI from Concrete to Abstract Demystifying artificial intelligence to the general public</i>	Desenvolvimento de ferramentas para aprendizado (AI literacy) de IA para leigos de forma a integrar a população em seu uso.
2021	<i>Reflections on epistemological aspects of artificial intelligence during the COVID-19 pandemic</i>	Aspectos epistemológicos sobre o uso da IA durante a pandemia da Covid-19, seu uso excessivo, sua dependência e questões de privacidade .
2022	<i>New Pythias of public administration : ambiguity and choice in AI systems as challenges for governance</i>	Adoção da IA na administração pública e a necessidade de governança para tomada de decisão mais ética , com transparência , responsabilidade e respeito à privacidade .
2022	<i>Can machines think ? The controversy that led to the Turing test</i>	História do teste de Turing e as controvérsias para a sua proposição como mecanismo para teste de inteligência das máquinas.
2022	<i>Acceptance and perception of wearable technologies : A survey on Brazilian and European companies</i>	O problema de privacidade em <i>wearable devices</i> e como isso atrapalha o aceite da tecnologia.
2022	<i>Framing the effects of machine learning on science</i>	Análise dos efeitos da IA (tecnologia) na Ciência a partir de uma nova estrutura proposta.

Fonte: desenvolvimento próprio

Na fase de interpretação de resultados, última da análise de conteúdo, julgou-se relevante fazer uma inferência controlada a respeito dos 15 artigos selecionados na pré-análise, a partir dos seus eixos temáticos. Isso foi realizado relacionando os artigos entre si e

com demais textos estudados durante a elaboração desta tese sobre a pesquisa da IA pelo campo CTS, a fim de extrair o conteúdo que está no cerne desses artigos. Procurou-se estabelecer, sempre que possível, uma articulação entre os eixos temáticos para assim contribuir com o alargamento das discussões iniciadas nesses artigos utilizando das lentes que o campo CTS oferece. Essa argumentação é desenvolvida a seguir e os 15 artigos recuperados estão destacados na discussão em negrito para facilitar seu reconhecimento.

No trabalho dos autores **Leal-Neto et al. (2016)**, encontra-se a discussão sobre a detecção digital de doenças e a vigilância participativa. São levantados os meios para a participação passiva dos indivíduos - que publicam sobre suas rotinas nas redes sociais virtuais e essas informações são mineradas por tecnologias de mineração de dados e são utilizadas pelos órgãos de vigilância sanitária -, e a ativa na qual *websites* e aplicativos são alimentados pelos indivíduos intencionalmente. Os autores trazem luz sobre a mineração de dados da participação passiva, questionando até onde os serviços de inteligência epidemiológica têm o direito de minerar esses dados fornecidos indiretamente pelos indivíduos em redes sociais virtuais e alertam sobre a importância de ampliar esse debate.

Essa é uma discussão relevante e o campo CTS poderá contribuir grandemente com as controvérsias que se colocam, tais como privacidade, ética, regulamentação da IA, governança e usos de dados dos cidadãos por entidades públicas e, ou privadas. Em relação às questões epidemiológicas, alguns aspectos peculiares ocorreram durante os quatro anos deste doutoramento que se entrelaçam de certa maneira com o debate do artigo de **Leal-Neto et al. (2016)**. Durante o desenvolvimento desta pesquisa o mundo enfrentou uma pandemia, a do Covid-19, esta foi uma emergência sanitária mundial que se estendeu por cerca de 3 anos e que afetou sobremaneira a vida da maioria das pessoas no planeta, mudou todo o curso até então normalizado, por exemplo, para adquirir uma educação formal (desde a infantil até a universitária), a maneira como várias atividades laborativas são desempenhadas e até mesmo as relações sociais. Como esse período pandêmico durou mais da metade do tempo dedicado a realizar esta tese, é importante ampliar a discussão, a partir do artigo analisado, sobre como ocorreu essa pandemia e como a IA se manifestou nesse período, todavia, não é objetivo desta pesquisa se aprofundar nesse tema nem esgotar todos os desdobramentos desse conjunto de tecnologias durante esse período específico.

Os questionamentos do artigo de **Leal-Neto et al. (2016)**, a respeito da vigilância digital para fins de vigilância sanitária, se tornaram mais significativos depois da pandemia do

Covid-19. No meio dos avanços empreendidos pelas tecnologias da IA e dos debates acerca dos seus desdobramentos, o mundo enfrentou a pandemia do Covid-19 algo inesperados por uma grande maioria da população. A citada pandemia foi uma emergência de saúde global que começou em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan, na província de Hubei, na China. Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi informada sobre casos de pneumonia de origem desconhecida em Wuhan. Em 9 de janeiro de 2020, a OMS divulgou uma declaração informando que o surto estava associado a um novo coronavírus pertence à família *Coronaviridae* e que pode causar infecções respiratórias graves em seres humanos, posteriormente chamado de SARS-CoV-2 (Iasulataitis, 2022).

Em 30 de janeiro de 2020, a OMS declarou a epidemia de Covid-19 como uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII), reconhecendo a gravidade da situação e a necessidade de uma resposta coordenada em todo o mundo. Em março de 2020, a disseminação global do vírus levou a OMS a caracterizar a situação como uma pandemia. O primeiro caso confirmado no Brasil foi em 26 de fevereiro de 2020, em São Paulo. Durante a pandemia, várias medidas de saúde pública foram implementadas em todo o mundo, incluindo restrições de viagem, isolamento social, uso de máscaras faciais, fechamento de escolas e empresas não essenciais, e campanhas de conscientização sobre a importância da higiene e distanciamento social. Desde o início da pandemia, houve um número significativo de casos e mortes relacionados ao Covid-19 em todo o mundo. No entanto, os esforços contínuos de pesquisa científica, o desenvolvimento de vacinas e estratégias de saúde pública foram fundamentais para enfrentar a pandemia e mitigar seus efeitos. A OMS decretou no dia 05 de maio de 2023 o fim da pandemia causada pela Covid-19, três anos depois do surgimento dos primeiros casos.

Nesse encalço, o artigo, recuperado na pesquisa quantitativa, dos autores **Sá, Carvalho e Naves (2023)** apresenta uma reflexão sobre dois aspectos epistemológicos enfrentados pela pandemia de COVID-19, sendo o primeiro o aspecto resultante do uso de dados de pacientes para preencher a base de conhecimento de sistemas de inteligência e o segundo aspecto decorrente da dependência dos profissionais de saúde dos resultados/diagnósticos emitidos por sistemas inteligentes. Os autores fazem alertas sobre o uso excessivo da IA e trazem à baila a importância de refletir sobre a dependência e a necessidade da sociedade em relação as tecnologias da IA, alertando sobre a necessidade de

se avaliar, discutir e compreender a melhor maneira de lidar com a IA no presente e para um futuro muito próximo.

Ademais, esses autores demonstram como as ferramentas da IA foram importantes não só para a medicina, mas também, para outras áreas durante o período pandêmico. No entanto, discutem sobre a importância da não passividade diante dos diagnósticos apresentados pela IA, sobre o uso da IA como auxiliar e não como ferramenta que aliena e impede os usuários de exercitar o raciocínio humano. O uso de dados dos pacientes também é objeto de discussão nesse artigo. Para os autores, mesmo com a importância desses dados no combate à doença, é preciso discutir mais sobre transparência e autorização para utilização desses dados, sejam eles pessoais, clínicos ou biomédicos e sobre privacidade e proteção de dados em sistemas de IA. Os autores afirmam que os benefícios que esses sistemas agregaram à pesquisa e à sociedade é inquestionável, mas tem-se que continuar discutindo e entendendo a dinâmica da relação da sociedade com os sistemas de IA.

Em meio ao caos pandêmico que desencadeou uma série de desafios em níveis globais, uma sequência de avanços significativos nas tecnologias de Inteligência Artificial foram impulsionados e a IA foi aplicada como uma ferramenta muito útil em diferentes aspectos, como o uso das tecnologias de geolocalização, de geoposicionamento, de *geofencing*, de rastreamento e registro de contatos via *bluetooth*, para gerar uma enorme massa de dados (Cascón-Katchadourian, 2020) de maneira a contribuir nas pesquisas médicas, no monitoramento da doença, na assistência à saúde e na mitigação das dificuldades de exercer o trabalho durante o período de isolamento.

O trabalho de Rocha *et al.* (2021) mostrou como o uso de tecnologias de IA foram empregadas para auxiliar o programa de vacinação no Brasil, como uma ferramenta de apoio na projeção de população elegível, no mapeamento de áreas de difícil acesso, na estimação de recursos para a condução de campanhas em regiões com surto ativo, dentre outras.

No desenvolvimento de vacinas, os algoritmos e técnicas de IA foram usados para analisar grandes conjuntos de dados e identificar possíveis alvos para tratamentos. A modelagem molecular assistida por IA também permitiu o projeto mais rápido de moléculas terapêuticas. No que concerne ao diagnóstico, os seus algoritmos de aprendizado profundo foram aplicados em imagens de raios-x e tomografias, para identificar características distintas de doença nos pulmões, sendo de grande valia para o diagnóstico precoce (Márquez Díaz, 2020). Seus sistemas também foram usados para rastrear a propagação da Covid-19,

analisando dados epidemiológicos em tempo real. Modelos de previsão baseados em IA ajudaram a antecipar surtos e alocar recursos de maneira mais eficaz. Segundo Márquez Díaz (2020), essas tecnologias foram muito importantes no combate à pandemia do Covid-19, atuando como um complemento ao trabalho médico, ajudando na precisão e redução do tempo de diagnósticos bem como apoiando a tomada de decisões, aliviando a carga de trabalho dos profissionais de saúde. No entanto, as questões sobre a privacidade e uso da grande massa de dados coletados também são objetos de preocupação como corrobora os estudos de Cascón-Katchadourian (2020).

Durante vários períodos, o isolamento foi necessário, às vezes voluntário e às vezes imposto, em alguns países esse isolamento foi bem-sucedido em outros nem tanto. Porém, a demanda por atendimentos *online* aumentou sobremaneira, e a IA desempenhou um papel importante. Os *chatbots* e assistentes virtuais foram usados para triagem de pacientes e fornecimento de informações, bem como consultas foram possíveis de serem realizadas à distância. As tecnologias de visão computacional e IA foram usadas para monitorar o cumprimento das medidas de distanciamento social e o uso de máscaras em locais públicos, os aplicativos baseados em IA foram desenvolvidos para rastrear contatos próximos de indivíduos infectados e emitir alertas de exposição. A crescente dependência da IA levantou preocupações éticas e de privacidade, destacando a necessidade de regulamentação e proteção dos dados dos indivíduos.

A pandemia também trouxe consigo desafios significativos para a manutenção do trabalho em meio às medidas de segurança e uma alternativa foi o trabalho remoto. A IA desempenhou um papel importante na facilitação e otimização desse modelo de trabalho, permitindo de certa maneira a continuidade de algumas operações comerciais, industriais e educacionais em meio a esse período de restrições. A automatização de tarefas rotineiras e repetitivas avançou e os *chatbots* e assistentes virtuais foram usados para responder a perguntas frequentes e para fornecer suporte básico aos clientes.

Porém, de acordo com Matias *et al.* (2023) que pesquisou sobre o trabalho de docentes durante a pandemia, as modificações ocorridas na rotina de trabalho trouxeram estresse e sobrecarga de trabalho, pois em meio ao caos instalado pela doença, as incertezas do momento e a necessidade de adaptação do ensino e da aprendizagem, o limite entre o trabalho e as horas de descanso se misturavam e estabelecer uma dinâmica saudável foi desafiadora nesse período.

Presenciou-se o uso grande de ferramentas de colaboração baseadas em IA, como videoconferências avançadas, tradução em tempo real e análise de sentimentos, que ajudaram na comunicação e na colaboração entre equipes dispersas geograficamente. Essas mesmas ferramentas foram usadas para fornecer suporte emocional e informações sobre saúde mental aos funcionários que enfrentaram desafios psicológicos relacionados ao isolamento social e às incertezas da pandemia, bem como para monitoraram a produtividade dos funcionários. Por outro lado, o trabalho remoto também aumentou a exposição a ameaças cibernéticas e as tecnologias da IA foram usadas para identificar e mitigar ameaças, permitindo uma maior proteção das redes governamentais, corporativas e os dados confidenciais dos ataques cibernéticos.

No entanto, é importante ressaltar que as desigualdades também podem ser ampliadas com uso de qualquer tecnologia e com a IA não é diferente. No caso da possibilidade do trabalho remoto fica evidente as discrepâncias e privilégios entre trabalhadores qualificados e de determinados setores da economia em detrimento dos grupos de trabalhadores socialmente vulneráveis.

De acordo com Castro e Moreira (2021), a pandemia trouxe a necessidade de diferentes regimes de trabalho remoto para uma parcela da população brasileira e que o tipo de tarefa desempenhada pelo trabalho é um fator determinante para obter essa possibilidade de trabalhar ou não. Segundo seus dados, as categorias com maior participação de trabalho remoto foram as da educação - desde a infantil até a universitária. No outro extremo, com uma parcela inexpressiva de trabalho remoto tem-se as categorias das empregadas domésticas, diaristas, assistentes agrícolas e agricultores, entregadores de motocicletas, motoristas de caminhão, zeladores, trabalhadores da construção civil, padeiros, açougueiros, entre outros. Esta capacidade desigual de trabalhar remotamente levanta preocupações sobre a desigualdade, devido à sistemática diferença entre estas categorias no que diz respeito à representatividade dos grupos de trabalhadores. Portanto, na pandemia, as tecnologias que facilitaram a permanência e desenvolvimento do trabalho, no que diz respeito à possibilidade do trabalho remoto, teve o efeito de alargar as desigualdades existentes, em favor dos mais privilegiados e impondo aos demais a necessidade de escolher entre emprego e renda em detrimento da saúde e risco de contágio.

O trabalho de Barbosa Filho (2022) corrobora essa percepção sobre uma ampliação da substituição do trabalho humano por máquinas, que como visto no capítulo introdutório,

não é recente, porém, vem ocorrendo de maneira mais veloz e englobando um número maior de atividades. Nesse artigo, o autor mostra que o potencial do trabalho remoto no Brasil é de 17,8% da mão de obra, abaixo do potencial estimado para países desenvolvidos, como os Estados Unidos, por exemplo, que é de 37 % da mão de obra, França 29% e Reino Unido 31%. Esse autor também evidencia as diferenças regionais e de grupos socioeconômicos no Brasil que podem ter acesso a essa modalidade de trabalho e as exigências mínimas de infraestrutura doméstica para garantir o acesso e a manutenção de uma atividade laborativa remota. À medida que o trabalho remoto se torna uma parte mais permanente do cenário de trabalho, é provável que a IA continue desempenhando um papel relevante na criação de novos ambientes de trabalho à distância.

Para além dos problemas diretos gerados por uma pandemia, uma outra preocupação surgiu atrelada, a chamada “infodemia”, que segundo Lasulaitis (2022), representa o excesso de informação, associado à desinformação, bem como à informação manipulada, difundidas pelas redes sociais virtuais e que mais sutilmente envolve o conflito entre ciência e política. Nesse importante trabalho, a autora analisou como o tema da vacinação contra a Covid-19 foi tratado na antiga rede social *Twitter*, atual X. Foi utilizado um algoritmo específico de aprendizado de máquinas para realizar o processamento de linguagem natural de análise de polaridades para classificar os *tweets* que abordaram a vacina contra a Covid-19. Com o auxílio de ferramentas da IA foi possível detectar e confirmar as desinformações espalhadas a respeito da vacinação, sem comprovação científica de qualquer natureza, e comprovar como um tema sensível como a vacinação, principalmente em um período pandêmico, foi instrumentalizado politicamente, mostrando que houve interferência do campo político no científico.

Nessa mesma perspectiva, o artigo recuperado na pesquisa quantitativa de **Prati e Said-Hung (2019)**, também aborda a questão da orientação ideológica e instrumentação política, sendo avaliado nesse trabalho as eleições espanholas de 24 de maio de 2015 (24M), estimando os resultados com o uso do aprendizado de máquina para construção de um modelo preditivo a partir da análise de mensagens do *Twitter*. A partir dos novos meios de comunicação utilizados e com o desenvolvimento cultural digital, os autores traçaram como a comunicação política também absorveu esse novo espaço para difundir suas campanhas e ideologias. Nesse cenário de comunicação digital, principalmente nas redes sociais virtuais, indivíduos e grupos sociais podem se envolver na divulgação de conteúdos relacionados à

política e podem influenciar fortemente uma eleição, tal como o *Twitter* que se tornou um espaço para intensa atividade política, bem como uma importante fonte de análise. Entender da melhor forma possível e dar a importância devida às interações dos usuários na internet em geral e redes sociais virtuais em particular, se tornou uma ferramenta política importante. Os autores acreditam que “esse fenômeno traz um novo contexto no qual o envolvimento nas redes sociais pode aumentar o papel dos cidadãos no processo político e fortalecer as instituições democráticas em diferentes níveis”. O foco do estudo desse artigo foi a troca de mensagens, com carga ideológica claramente definida, para identificar as principais características da participação cidadã no *Twitter*, durante as eleições de 24M na Espanha. Foram usados algoritmos de processamento de linguagem natural e de reconhecimento de padrões (como as Máquinas de Vetores Suporte e as Florestas Aleatórias) para obter classificadores para prever a orientação ideológica dos *tweets* coletados para análise. Esse artigo fez uso de ferramentas da IA para analisar um contexto social (a influência das redes sociais virtuais nas eleições), não é um artigo que discute os usos, os aspectos éticos ou as influências dessas ferramentas na sociedade. No entanto, é importante observar que os autores discutiram as variáveis mais importantes para definir a saída dos seus modelos, de forma a entender a relação causal entre as entradas e a saída produzida pelos modelos obtidos.

Nesse mesmo formato de pesquisas que utilizam ferramentas de IA para analisar situações de contexto social, o trabalho recuperado na busca quantitativa de **Nishijima et al. (2020)** faz uso de uma ferramenta da IA conhecida como *support vector machine*, para analisar o consumo brasileiro de filmes em cinemas. Esse artigo não debate o uso da ferramenta em si, mas a aplica em uma pesquisa de ciências sociais, o objetivo portanto não é debater sobre a IA, mas sim utilizá-la para gerar uma pesquisa mais robusta que possa contribuir para o entendimento do consumo por cinemas no país. E, também, o artigo analisado de **Gomes et al. (2023)** segue o mesmo caminho, nesse artigo os autores desenvolveram uma ferramenta com tecnologias da IA para auxiliar na compilação de dados de pessoas desaparecidas no Brasil. Demonstrem como a IA pode ser útil para melhorar o processo de cadastramento e divulgação de pessoas desaparecidas. O artigo aplica ferramentas de IA, mas não fazem análise crítica delas. O uso de ferramentas da IA como auxiliar nos estudos sociais para otimizar, agilizar e favorecer as pesquisas em outras áreas reforça o entendimento dessa tecnologia como sendo pervasiva e transversal. Todavia, faz-

se necessário o debate aprofundado e crítico não só do uso de ferramentas da IA nas pesquisas sociais, mas, também, incluir discussões de como essas ferramentas vem condicionando comportamentos individuais e coletivos. Cabem questionamentos sobre se os usuários dessas ferramentas as utilizam conscientemente, se os desenvolvedores dessas ferramentas as desenvolvem pensando em seus desdobramentos e sobre quem está sendo beneficiado com essas ferramentas e seus usos. O campo CTS tem grande potencial para embarcar nessas reflexões críticas que auxiliariam nessas e outras questões sobre esse sujeito.

O uso de tecnologias de Inteligência Artificial no setor público, seja para automatização de tarefas ou para aprimoramento da gestão, é tema central dos quatro próximos artigos que serão discutidos que oferecem análises valiosas sobre essas questões essenciais. Na análise do artigo de **Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021)**, tem-se como tema a automação (sendo a IA incluída dentre as tecnologias de automação) do serviço público, principalmente no Brasil, fazendo uso de ferramentas da IA como o aprendizado de máquina e o processamento da linguagem natural para viabilizar o estudo apresentado. No entanto, o artigo não debate diretamente sobre os desdobramentos de tecnologias da IA sobre a questão da empregabilidade no setor público, o debate se ampara nas questões de automação dos trabalhos desenvolvidos pelo setor público no Brasil. Esse é um tema relevante a ser explorado, para entender se o serviço público brasileiro está incluindo ferramentas da IA e em quais esferas isso está ocorrendo. Além disso, compreender quais seriam as consequências dessa inclusão ou não. As possibilidades de investigação são amplas.

O trabalho de **Savaget, Chiarini e Evans (2019)**, por sua vez, discute sobre como a sociedade civil pode usar tecnologias baseadas em IA para fomentar a participação política para além das eleições, partindo do princípio que a IA exerce um papel importante na política e pode afetar os processos democráticos. Os autores demonstraram as visões positivas e negativas sobre a tecnologia e argumentam sobre como a IA pode ser usada de forma crítica e transparente para promover a participação política da população civil.

Por seu turno, a pesquisa de **Kumar et al. (2021)** apresenta um mapeamento das barreiras na implementação da IA no sistema de distribuição pública de alimentos na Índia, que alcança 800 milhões de pessoas por meio de uma rede de dezenas de milhares fornecedores a um preço justo, porém, casos de corrupção são constantes bem como a falta transparência no processo. Dessa forma, o uso de tecnologias da IA foi sugerido para melhorar

esse sistema e, apesar de todas as vantagens aparentes, sua implantação tem encontrado barreiras. O objetivo desse artigo é entender quais são e o “por quê” dessas barreiras. Os autores identificaram 18 barreiras para a adoção da IA no sistema de distribuição de alimentos na Índia. Esse é um artigo que estuda o uso da IA como uma ferramenta capaz de auxiliar na melhor distribuição de um sistema governamental, na diminuição da corrupção e na eficiência do sistema. Um dos grandes entraves da aplicação da IA, de acordo com os autores, é a falta de transparência dos algoritmos, a falta de conhecimento sobre a ferramenta por parte do público e usuários e todos os aspectos éticos envolvidos, sugerindo que o governo trabalhe em longo prazo em uma governança para a IA e não em uma governança com a IA.

No que se refere à governança, **Filgueiras (2022)** aborda o uso da IA na governança da administração pública e suas ambiguidades cujo objetivo foi propor uma reflexão sobre a governança da IA na administração pública, trazendo luz sobre os aspectos problemáticos da integração dos sistemas de IA na administração pública, principalmente em termos de justiça e valores. O autor reconhece a IA como uma ferramenta importante para melhorar o desempenho administrativo das instituições públicas, porém, traz também novos riscos que demandam uma melhor governança para serem mitigados. O autor argumenta que a IA se tornou o oráculo da modernidade, capaz de prever alternativas políticas e resolver problemas, por isso alerta que suas ferramentas têm se tornado uma autoridade tecnocrática que tem consequências políticas, especialmente sobre como essa tecnologia pode tomar decisões discricionárias que afetam a vida dos cidadãos. Segundo argumentado no artigo, os sistemas de IA criam dilemas sociais que reduzem a capacidade de cooperação e reforça problemas como a tragédia dos comuns², uma vez que esses sistemas buscam maior eficiência nas decisões e não necessariamente decisões mais corretas. Para o autor, uma solução para mitigar as ambiguidades é construir uma ponte entre os desenvolvedores de sistemas e os gestores públicos, para que os sistemas de IA possam fazer parte da administração pública de maneira correta, legítima e válida, apoiada não apenas por lógica, mas também por valores e normas, bem como ter a participação de múltiplas partes interessadas para reduzir o caráter

² Termo popularizado por Hardin (1968) no seu artigo *The Tragedy of the Commons*, no qual, simplificado, sugere que a tragédia dos bens comuns (terra, ar, água, florestas...) consiste no uso ilimitado de recursos limitados.

tecnocrático das tecnologias. Outra tarefa importante é estabelecer a validade desses sistemas como instrumento de tomada de decisão e explicabilidade para seus procedimentos.

Esses artigos, apesar de serem frutos de pesquisa em contextos diferentes, levantam a importância de desenvolver a regulamentação do uso de tecnologias da IA. As salvaguardas legais têm sido uma demanda recorrente dos estudiosos sobre os desdobramentos que as tecnologias da IA possam ter. Apesar de não ser o único instrumento ou a única maneira de balizar o uso de uma tecnologia, é de toda forma importante que os governos e a sociedade debatam e estabeleçam suas regras. Como discutido nesta pesquisa, as tecnologias da IA se expandem cada vez mais para domínios diferentes desde usos em ferramentas de personalização de conteúdos, manipulação da opinião pública, veículos autônomos, agricultura de precisão até áreas como a medicina. Com isso, aumenta-se a preocupação com, por exemplo, seu uso indiscriminado, a detenção e uso de dados coletados passiva ou ativamente e a vigilância cada vez mais alargada. Para além desses temas, foram recuperados artigos que tratam da percepção pública do risco da IA, bem como sobre a importância de trazer para o debate público o conceito da IA a fim de que esta possa ser mais bem compreendida.

Nesse sentido, o artigo analisado de **Neri e Cozman (2020)** é decorrente de uma pesquisa que também utilizou dados coletados do *Twitter*, para o período de 2007 a 2018, com o objetivo de analisar a associação entre risco (e sua amplificação) e inteligência artificial, na conscientização pública, buscando avaliar o papel dos especialistas na percepção pública do risco de IA. O artigo parte do pressuposto que os especialistas são as principais fontes de formação de mensagens contendo percepção de risco sobre a IA. Esse artigo mostra que os especialistas influenciam a percepção de risco a respeito da IA que a população geral possui.

O trabalho analisado de **Queiroz et al. (2021)**, por sua vez, tem o propósito de desmistificar a IA para o público geral brasileiro, ressaltando ser fundamental para a participação pública nas decisões a respeito dos usos e controles da IA a compreensão do que são essas tecnologias, para a partir do conhecimento desenvolver uma participação crítica nas decisões sobre a IA. Dessa forma, os autores propõem um sistema computacional baseado em programação por blocos para ensinar conceitos básicos sobre a IA. É importante salientar que a falta de conhecimento sobre IA foi uma das barreiras encontradas no trabalho **Kumar et al. (2021)** para aplicação da IA no sistema de distribuição da Índia. Isso mostra o importante papel da educação para que essas ferramentas sejam mais bem compreendidas

e debatidas, fazendo com que as pessoas sejam mais críticas em relação ao seu uso e possam contribuir para um emprego justo e benéfico dessas ferramentas. Em meio as tantas transições, sejam elas climáticas, políticas, demográficas ou tecnológicas, a educação é um fator chave para que as diferenças sociais e econômicas não se agravem ainda mais. Nesse sentido, a universidade pública é um ator importante para contribuir com a construção de alternativas e com o envolvimento de vários atores sociais, pois é um espaço que oportuniza a reflexão, estimula o pensamento crítico, é plural e prática.

O artigo analisado de **Gonçalves (2022)** discorre sobre o teste de Turing para testar a inteligência de máquinas e suas controvérsias, o autor buscou respostas a essas controvérsias. Esse é um artigo que busca entender as razões históricas que fizeram com que Turing propusesse o seu famoso teste de inteligência de máquinas. Apesar de ser um artigo esclarecedor sobre os acontecimentos históricos que corroboraram a proposição do teste de Turing, não fez parte dos objetivos desse trabalho debater sobre as implicações e efeitos da IA na sociedade. Como discutido anteriormente, as discussões sobre máquinas inteligentes ainda é uma controvérsia debatida por variadas áreas do saber.

Voltando às questões relacionadas ao trabalho, o artigo analisado de **Schwambach et al. (2022)** discorre sobre uma outra camada, nele é debatido sobre a aceitação dentro do espaço de trabalho de tecnologias vestíveis (do inglês *wearable*) tais como *smartwatches* e *smartbands* em diferentes contextos. Para realizar essa pesquisa os autores usaram técnicas de IA como Florestas Aleatórias para analisar respostas a um questionário realizado com trabalhadores de diversos ramos industriais no Brasil e na Europa e prever o aceite desses trabalhadores em relação ao uso dessas tecnologias vestíveis. A partir dos modelos obtidos, os autores usaram técnicas de IA explicável, como o SHAP (*SHapley Additive exPlanations*), para compreender as variáveis mais importantes para o modelo definir a aceitabilidade da tecnologia. Apesar dos autores discutirem brevemente sobre como a questão ética pode influenciar na aceitação por parte dos usuários dessas tecnologias vestíveis, que certamente empregam também a IA, não foi foco central desse trabalho esse tipo de debate, sendo, portanto, um trabalho mais voltado para a aplicação de IA.

No entanto, entende-se ser importante alargar esse debate como o proposto por O'Neil (2020) a respeito do monitoramento de saúde implementado por algumas empresas nos EUA. Essas tecnologias vestíveis podem ser tornar um meio de controlar os corpos dos funcionários, como justifica a autora, a ideia aparenta ser boa uma vez que se justifica na

buscar pela saúde e bem-estar dos funcionários, porém, pode ser tornar um meio de coerção e controle. A apropriação de dados de saúde dos funcionários pelas empresas e a criação de escores de créditos de saúde também merece atenção.

O artigo analisado de **Silva, Bonacelli e Pacheco (2022)** tem como objetivo mapear a influência das mais recentes técnicas de IA na ciência em quatro categorias de efeitos, quais sejam, intelectuais, econômicos, experimentais e instrumentais, a partir de uma visão ampla e holística e não dos efeitos pontuais da IA em algumas áreas da ciência que poderia ser uma oportunidade de debate dentro do campo CTS.

O trabalho de **Pereira e Moreschi (2021)**, por sua vez, procura explicar o funcionamento das ferramentas de IA disponíveis comercialmente para a análise de obras de arte (sistemas de reconhecimento de imagens), demonstrando suas falhas, que permitem trazer uma nova percepção para a compreensão da arte, bem como uma análise sobre o montante de imagens algorítmicas sempre presentes em sistemas de reconhecimento, permitindo especular sobre o seu funcionamento e criticar suas perspectivas limitadas. Esse debate sobre as implicações dessas tecnologias da IA em outras áreas como na arte, na música, no cinema e nas artes visuais também são encontrados nos trabalhos de Cheng (2022) e Mikalonyté e Kneer (2022).

Nessa seara, as questões envolvendo as tecnologias da IA para reconhecimento facial e processamento de linguagem natural trazem muitos questionamentos importantes para serem debatidos e a contribuição do campo CTS é de grande valia. E nesse contexto, esta pesquisa não poderia deixar de abordar um pouco mais sobre o ChatGPT. Ao mesmo tempo que a pandemia se instalava e novos meios de se adaptar surgiam, essa nova tecnologia decorrente das ferramentas de IA foi disponibilizada causando grandes especulações.

Apesar de proporcionar avanços na área de PLN, o ChatGPT mesmo após algumas versões e consequentes aperfeiçoamentos, ainda é um sistema de conversação que enfrenta desafios significativos. A compreensão e a geração de respostas precisas e contextuais em uma variedade de domínios e situações fazem parte de áreas de pesquisa ativas e controversas. Além disso, as questões éticas, como os viés nos dados de treinamento e a segurança do usuário, também são preocupações importantes na construção e no uso desses sistemas.

Admite-se que o ChatGPT trouxe uma série de benefícios para a interação humano - máquina permitindo que esta ocorra de maneira mais natural e fluída, facilitando a

comunicação e a obtenção de informações. Com essa tecnologia, é possível obter respostas rápidas para uma variedade de perguntas e problemas. O modelo também pode auxiliar na criação de conteúdo, fornecendo sugestões e ideias e pode ser acessado por qualquer pessoa que tenha acesso à internet independentemente de sua localização geográfica.

Apesar de seus benefícios, o ChatGPT também apresenta desafios e pontos negativos que precisam ser abordados. Uma das preocupações importantes é a geração de respostas inadequadas ou imprecisas em certos contextos, bem como propagar vieses existentes nos dados de treinamento. Isso é especialmente problemático quando se trata de questões éticas, políticas e sensíveis culturalmente. Outro obstáculo é o potencial de uso indevido do ChatGPT, como qualquer tecnologia, ele pode ser usado para fins maliciosos, como a disseminação de desinformação ou a automação de ataques cibernéticos. Esses abusos destacam a importância de salvaguardas adequadas e da responsabilidade por parte dos usuários e desenvolvedores do ChatGPT.

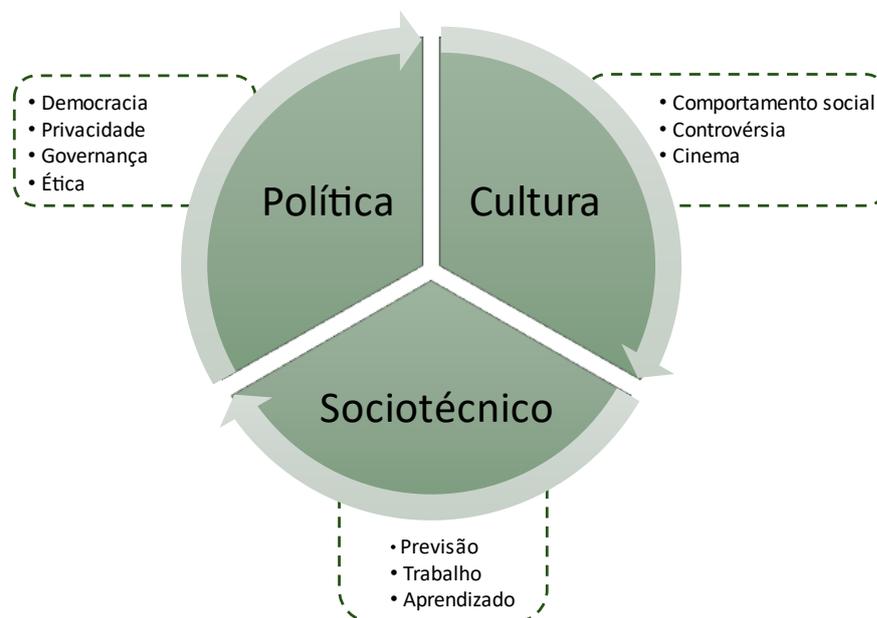
O ChatGPT poderá ser promissor com inúmeras aplicações em potencial, pode ser integrado a uma ampla gama de setores, incluindo saúde, educação e atendimento ao cliente. Ele pode ajudar profissionais de saúde a diagnosticar doenças, educadores a personalizar o ensino e empresas a melhorarem a experiência do cliente. O ChatGPT também pode impulsionar a inovação tecnológica, servindo como um assistente virtual inteligente para o desenvolvimento de novas soluções e produtos, mas reitera-se a importância de discussões públicas sobre seu regulamento e a necessidade de se criar um debate amplo e interdisciplinar sobre seus empregos.

Além do ChatGPT, a empresa OpenAI lançou em fevereiro de 2024 o Sora, um modelo de IA capaz de gerar vídeos completos ou estender vídeos gerados, ou seja, um sistema de IA generativa, como o ChatGPT, capaz de criar conteúdo a partir da demanda dos usuários, os quais não precisam necessariamente ter conhecimento avançado para utilizar essa ferramenta. O objetivo dos criadores do Sora é tornar essa tecnologia capaz de gerar cenas complexas com vários personagens, tipos específicos de movimento e detalhes precisos do assunto e do fundo, a partir da demanda do usuário e do conhecimento acumulado pela IA sobre o nosso mundo físico. Mais uma vez, torna-se urgente o debate e a regulamentação dessas tecnologias decorrentes da IA uma vez que podem impulsionar as *fakes news*, influenciar eleições, desestabilizar democracias, disseminar preconceitos entre tantas outras

sequelas, sendo esse um debate que pode ser enriquecido com a participação dos atores do campo CTS.

Por meio de uma análise rigorosa e abrangente, que combinou análise quantitativa e análise qualitativa, esta pesquisa identificou temas relevantes e recorrentes no campo CTS sobre a IA. A análise quantitativa, realizada com base em artigos recuperados da *Web of Science*, forneceu uma visão geral da frequência e distribuição dos temas abordados na literatura científica nacional. Por sua vez, a análise qualitativa, conduzida por meio de um exame aprofundado dos textos, apoiado nos princípios da análise de conteúdo de Bardin, permitiu uma compreensão mais profunda dos significados e nuances dos temas identificados. Os temas detalhados e escritos anteriormente representam áreas de grande importância para o estudo CTS. A Figura 10 apresenta uma visualização abrangente desses temas, agrupados de acordo com tópicos do campo CTS. Essa visualização facilita a compreensão da relação entre os temas e permite identificar as áreas de maior destaque dos artigos nacionais.

Figura 10 - Principais tópicos CTS abordados nas publicações com autores brasileiros, recuperados na WoS (2013 -2022).



Fonte: desenvolvimento próprio

Para que seja possível desenvolver uma reflexão a partir de um pensamento crítico que englobe evidências científicas e possa propor alternativas, entende-se ser importante que essa reflexão seja produzida em um campo de estudos interdisciplinar cujo aporte teórico

e metodológico possibilite considerar as questões técnicas da IA, bem como a sua natureza social. Uma reflexão crítica sobre o progresso da ciência e da tecnologia é possível quando ocorre dentro da interdisciplinaridade, para que se busque a superação dos limites do conhecimento disciplinar (Alvarenga *et al.*, 2011).

Brandão (2021), por sua vez, argumenta que no cerne dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) está o diálogo entre as ciências duras e as ciências sociais, possibilitado pela abordagem interdisciplinar, mais orientada para a resolução de problemas que marcam o nosso tempo. De acordo com Sismondo (2010), fatos científicos e artefatos tecnológicos podem provocar repercussões substanciais no mundo social e material, podendo contribuir para o surgimento de vários ambientes. Estes efeitos da tecnologia podem ser intencionais ou não. Esse autor argumenta que a ciência molda o mundo e a política. Por exemplo, ações governamentais são cada vez mais sustentadas a partir de evidências científicas. Portanto, estudos científicos possuem efeito em políticas públicas que, por sua vez, moldam o mundo social e material (Sismondo, 2010). Dessa forma, estudar os efeitos das ferramentas e técnicas de IA, a partir do campo CTS, é importante uma vez que a expectativa é que essa tecnologia condicione cada vez mais o desenvolvimento, principalmente, nos pilares da Sociedade, Economia e Meio Ambiente.

Se estamos realmente em um momento tão desafiador, justifica-se o empenho desta tese em buscar uma compreensão a respeito das formas como essas novas tecnologias estão e irão cada vez mais condicionar a sociedade e a vida nesse planeta. Por exemplo, a IA poderá atuar positivamente no combate à pobreza, na oferta de educação de qualidade, na melhoria do fornecimento de água potável e saneamento, no uso de energia limpa e acessível e em cidades sustentáveis, atuando como um facilitador, apoiando a oferta de serviços de alimentação, saúde, água e energia para a população (Ludermir, 2021; Nagano, 2018).

Por outro lado, de acordo com Bissio (2018), os “dados são o novo petróleo”, além da vigilância, há grande obtenção e manipulação de dados sobre as pessoas sem que estas saibam e, assim como o petróleo, são refinados, processados e vendidos. Esse controle dos dados gera riquezas que estão concentradas em poucas empresas e países, sendo os países em desenvolvimento apenas “minas de dados”. Nesse contexto, se os mercados futuros dependerem fortemente da análise de dados e se esses recursos não estão igualmente disponíveis entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, a lacuna econômica pode aumentar significativamente por essa nova desigualdade causada pela IA.

Schiølin (2019) argumenta que a concepção da Indústria 4.0 como uma nova revolução industrial foi institucionalizada como um imaginário sociotécnico, envolvido em um determinismo tecnológico para criar um inevitável futuro próspero para aqueles que se adaptarem a essas tecnologias, gerando assim uma nova ordem social. Essa narrativa norteia e sustenta o discurso social com o intuito de fomentar imaginários e visões futuras no público mais amplo como em comunidades especializadas (Bareis; Katzenbach, 2021). Para Schiølin (2019, p.4), ao fazer uso desse tipo de retórica “corre-se o risco de reduzir as possibilidades de se imaginar um futuro diferente, impedir o raciocínio público sobre ele e favorecer alguns modos de ser em detrimento de outros”.

Ao fazermos uma reflexão minuciosa sobre os discursos adotados pelos países líderes em IA percebemos um discurso otimista para um futuro apresentado como inevitável com o qual as nações devem se comprometer para surfarem a onda da nova revolução que se aproxima do contrário serão afogados por ela. Esse cenário representa o essencialismo futuro na argumentação de Schiølin (2019, p.4), pois segundo o autor “produz e promove um imaginário de um futuro fixo e programado, na verdade inevitável, e que pode ser desejável se aproveitado de forma apropriada e oportuna, mas que é igualmente perigoso se a humanidade não compreender a sua dinâmica”.

Corroborando essa premissa, Bareis e Katzenbach (2021) destacam a construção dessa narrativa da IA como inevitável, sendo a perspectiva de um futuro incerto utilizada pelos países líderes nessa tecnologia, a qual converte-se em política ousada e ao mesmo tempo vaga para um suposto caminho tecnológico inevitável, bem como por discursos retóricos sob um imaginário futuro perturbador e grandioso que justificam a alocação de recursos e o estabelecimentos de regras para a busca de liderança nessa área.

Assim, faz-se necessário um debate a respeito de dilemas éticos e democráticos, uma vez que toda essa tecnologia é estabelecida como um imaginário socioeconômico, no qual não há noções claras sobre esse futuro e sim orientações otimistas que contribuem para amplificar o imaginário revolucionário da tecnologia e a necessidade da sociedade de se adaptar para usufruir e não perecer (Schiølin, 2019). Não há alternativas reais ao futuro imaginado, este é dado como certo e cabe a sociedade adaptar-se ou enfrentar as consequências, ou seja, o futuro é antecipado.

Schiølin (2019) afirma que os essencialismos imaginários que fixaram o futuro, não são neutros, mas sim representam um retrocesso democrático e ético. Para esse autor, o

essencialismo futuro torna-se uma forma de exercer controle social, trazendo à baila um dilema ético, pois ao tornar o futuro inevitável, o essencialismo faz e encoraja certos modos de ser enquanto desfaz e desencoraja outros. Esse discurso fixa o futuro e estabelece os caminhos convenientes para ele, como se deve ser e como se deve raciocinar, portanto, é preciso abrir espaços para o debate e para o desenvolvimento de percepções alternativas ao que está posto. Nesse sentido, mesmo reconhecendo a IA como uma ciência chave para o século XXI, é preciso debater e questionar os direcionamentos que governos e grandes empresas privadas estão conduzindo a esse respeito, pois as ações regulatórias trazem repercussões e afetam tanto a realidade como o imaginário da sociedade.

Mesmo com tantas expectativas e histórias sobre o futuro e com os aspectos positivos e negativos como os demonstrados nessa pesquisa, não são todos os pesquisadores que concordam com uma visão de tecnologia superinteligente, disruptiva e nova revolução industrial na medida em que está posta a respeito da IA, nem mesmo com a tese da inevitabilidade da IA ou mesmo com a sua suposta necessidade.

A inevitabilidade das máquinas inteligentes e seu suposto avanço cada vez mais semelhantes aos humanos são debatidos por Suchman (2019). A autora questiona a ideia de inevitabilidade dessas tecnologias como sendo um acontecimento natural e, ou cultural, quando na verdade pertencem a dinâmicas humanas mais susceptíveis como a vontade política. A respeito das narrativas humanoides, essa autora acredita que há mais uma mistificação do estado da arte do que realmente uma aproximação real às capacidades humanas. Nesse sentido, Suchman (2019, p. 36) traz à baila a importância de questionar “de que forma e em que medida as máquinas estão se tornando mais humanoides, e em relação a qual figura humana?”, também é necessário perguntar sobre “no interesse de quem são esses projetos, e quem decide se eles devem ir em frente, em vez de outros projetos de construção do futuro transformador?”. Esses questionamentos são fundamentais para um debate mais democrático e a participação de atores do campo CTS faz-se mister.

Schiølin (2019, p. 18) também propõe reflexões relevantes como “talvez seja a tecnologia que não se adapta ao mundo no qual as pessoas prefeririam viver e talvez seja a tecnologia que precisa de uma reparação social em vez do contrário”. Nesse pressuposto, Bareis e Katzenbach (2021) reforçam a importância do papel do Estado que deveria atuar como críticos dessa propaganda em torno da IA ao invés de contribuir com ela, bem como convidam os atores do campo CTS a contribuir nesse importante debate.

Por sua vez, Restivo (2017, p. 166) destaca a relevância de se discutir sobre a sustentabilidade do planeta diante das novas tecnologias, como as que envolvem as máquinas pensantes, uma vez que novas tecnologias “trazem historicamente consigo tensões entre progresso e promessa, desgraça e perigo”. O autor chama atenção para as dificuldades em classificar e avaliar os efeitos dessas tecnologias, porém, é preciso debater as questões éticas que emergem com essas tecnologias no tocante, principalmente, aos direitos ecológicos e de igualdade, constatando como um desafio sustentar a ideia de progresso dada a grande variedade de problemas ambientais e sociais que estamos enfrentando.

O conceito de progresso científico e tecnológico foi sedimentada no século XVII, logo após creditado a ele o progresso social, fazendo parte das convicções burguesas do século XVIII, sendo que essa ideologia do progresso científico, tecnológico e social se tornou parte da civilização industrial (Restivo, 2017). E, agora, segundo este autor, “entramos numa era de disciplina da máquina diferente de qualquer outra na história da humanidade” (Restivo, 2017, p. 168), que ele nomeia como ideologia de máquinas. Contudo, há que se atentar às narrativas utópicas e diatópicas a respeito das novas tecnologias para que artimanhas transfiguradas em progresso não mascare os problemas sociais e ambientais que o conjunto dessas tecnologias de IA trazem consigo. Nesse sentido, Restivo (2017) questiona sobre como podemos utilizar dessas novas tecnologias para criarmos um planeta inteligente, afirmando que para isso precisamos de pessoas inteligentes que estão “no cerne das redes de informação, conhecimento e compreensão” (Restivo, 2017, p. 171).

Dessa forma, é relevante questionar o papel dos governos, uma vez que eles são atores importantes na formação da opinião e expectativa, apesar de serem influenciados pelas narrativas privadas (Bareis; Katzenbach, 2021). Ademais, de acordo com esses autores, cabe ao Estado o exercício do poder para regular, estabelecer prioridades, alocar recursos, criar instituições influentes, entre outros, para delinear os caminhos futuros da sociedade perante as novas tecnologias.

Outra questão, que envolve problemas e contradições no que concerne as tecnologias que fazem parte da Inteligência Artificial, diz respeito a relações sociais humanas e a inteligência. De acordo com Restivo (2017, p. 173), “ser humano significa ter potencial para relacionamentos conflituosos e também amigáveis, e potencial para cometer erros e se enganar”, as máquinas pensantes, porém, são meros imitadores dos humanos que na visão de Collins (2021), terão que “imitar também o processo de se socializar na sociedade humana”

uma vez que a inteligência humana, para esse autor, é fruto de sua socialização, a exemplo da linguagem, um grande desafio para a IA, uma vez que é mutante, está sempre em transformação de acordo com a sociedade não com o indivíduo.

Collins (2021) alerta para as ameaças que a democracia vem enfrentando e destaca que para mantê-la é necessária uma ciência capaz de se manter íntegra mesmo sendo atacada pelo populismo e a IA, segundo esse autor, é a ciência mais segura do mundo considerando os altos investimentos aplicados em sua pesquisa. Esse autor reconhece os avanços alcançados pelas ferramentas de IA, porém, ressalta que ainda não estamos na fase em que essa inteligência se equipara a humana e, portanto, faz duras críticas aos impulsionadores da IA que apresentam conquistas muito além da realidade e como isso pode ser uma ameaça a respeitabilidade da IA como ciência. A IA pode desempenhar um papel político indireto mais importante em nossas vidas do que a maioria das outras ciências, afirma Collins (2021).

Partindo dessa premissa, Zuboff (2020) traz à discussão a importância de se questionar o uso indiscriminado de dados e sua apropriação por um grupo de empresas que desde os primórdios dessa revolução tem dominado essa área do conhecimento. Essa autora, argumenta que o sistema capitalista evoluiu para o que ela nomeou de capitalismo de vigilância, “uma nova ordem econômica que reivindica a experiência humana como matéria-prima gratuita para práticas comerciais dissimuladas de extração, previsão e vendas” (Zuboff, 2020, p. x). Essa evolução do sistema capitalista traz como urgência o debate sobre como as tecnologias derivadas da IA estão ameaçando as democracias e mesmo o pensamento crítico, uma vez que são capazes de manipular sordidamente o comportamento humano, tanto para direcionar nossas preferências e escolhas comerciais como também políticas. No bojo da discussão a respeito da vigilância digital e democracia, Empoli (2019, p. 25) chama nossa atenção para “uma nova forma de fazer política moldada pela internet e pelas novas tecnologias”, na qual o populismo tem se aproveitado e se transformado no que o autor chama de tecnopopulismo alicerçado em algoritmos desenvolvidos para essa finalidade, trazendo luz para a percepção da internet como um instrumento de controle.

O’Neil (2020), por sua vez, direciona sua lente de avaliação sobre os algoritmos que são usados em diversas instituições, de maneira crescente, para avaliar, julgar e decidir sobre várias situações do nosso cotidiano, as quais, muitas das vezes, nem se quer temos noção do quão estamos sujeitados. Essa autora traz vários exemplos, desde uma simples seleção de vaga de emprego, a avaliação de professores, avaliação para empréstimos bancários até o

controle da nossa saúde por planos de saúde e empregadores, chamando a atenção para o fato de os algoritmos serem uma poderosa ferramenta de modificação de comportamentos e, também, para os muitos vieses que podem estar embarcados neles. David Lyon (2001, 2014, 2017) também alerta para a necessidade de uma análise crítica sobre a cultura da vigilância e suas implicações sociais e políticas, para a proteção de direitos fundamentais como a privacidade, bem como para a proteção da democracia.

Com os resultados e discussões, apresentados neste Capítulo, a partir de uma pesquisa quantitativa a respeito da ocorrência da pesquisa da área de IA no Brasil e outra sobre a pesquisa do campo CTS sobre a IA no Brasil, bem como uma análise qualitativa sobre esta última, percebe-se que as tecnologias decorrentes da IA fazem parte das pesquisas científicas brasileira e que o debate acerca de suas consequências é eminente, porém, inicial no campo CTS no que se refere a publicações na *WoS*. Isso demonstra uma lacuna a ser preenchida com debates amplos e complexos a respeito dessas tecnologias decorrentes da IA e este trabalho pretendeu contribuir trazendo à baila esse mapeamento apresentado tecendo discussões a partir da perspectiva do campo CTS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desta tese foi conduzido dentro do contexto do campo CTS, um campo robusto e interdisciplinar, que oferece uma abordagem crítica para a formulação de alternativas em nosso mundo complexo, profundamente influenciado pela ciência, tecnologia e, cada vez mais, pela inteligência artificial. Esse campo se destaca por oferecer ferramentas que permitem explorar como essas áreas são construídas, contingenciadas e contestadas, bem como as relações entre elas e diversos elementos da sociedade, como instituições, políticas públicas e as múltiplas faces da desigualdade social em escala global. Assim, fornece competências fundamentais, tanto analíticas quanto normativas, sobre as intrincadas conexões entre o que criamos, o que compreendemos e quem nos tornamos.

Autores reconhecidos do campo CTS como Collins (2021), Lyon (2001; 2014), Restivo (2017), SCHIØLIN (2019) e Suchman (2019), estudados nesta tese, oferecem uma perspectiva intrigante sobre a inteligência artificial. Para eles, a IA não é apenas uma criação técnica, mas também um fenômeno social que reflete as dinâmicas humanas de poder, conhecimento e autoridade. Eles argumentam que as percepções sobre a IA são moldadas por uma interação complexa entre especialistas técnicos, o público em geral e as instituições que governam e financiam a pesquisa em IA. Destacam como as narrativas em torno da IA muitas vezes envolvem mitos de superação humana e promessas de um futuro utópico ou distópico. Além disso, examinam, por exemplo, como as questões éticas e sociais relacionadas à IA, como privacidade, justiça e automação do trabalho, são frequentemente marginalizadas em favor de discussões mais técnicas. Em suma, suas percepções sobre a IA destacam a necessidade de uma abordagem interdisciplinar e crítica para entender não apenas a tecnologia em si, mas também seus desdobramentos na sociedade.

Esta pesquisa também confirmou a relevância da Inteligência Artificial, evidenciando sua crescente abrangência em diversos domínios e sua natureza transversal em termos de uso e aplicações. Ademais, identificou uma lacuna no debate sobre IA sob a ótica do campo CTS brasileiro, corroborando a hipótese central deste estudo. No entanto, mesmo que a discussão a respeito da IA seja inicial no campo CTS no Brasil, a partir dos resultados da pesquisa quantitativa realizada na *WoS*, foi possível identificar que essas discussões estão em crescimento e que os temas que envolvem as tecnologias da IA mais abordados pelo campo

CTS nacional – ética, privacidade, empregabilidade, governança -, estão alinhados aos temas debatidos internacionalmente pelo campo.

Como apresentado, a Inteligência Artificial é um guarda-chuva de tecnologias e suas diversas ferramentas e seus usos estão espalhados por várias áreas do conhecimento e em nosso cotidiano. Portanto, não é possível em uma única tese discutir sobre todos os desdobramentos que essa tecnologia possa ter. Não obstante, esta tese corrobora o entendimento de que o campo CTS tem um papel importante para com o desenvolvimento da responsabilidade social e para com os procedimentos de tomada de decisão sobre questões sociocientíficas, sociotécnicas e socioambientais, tendo a IA cada vez mais influências sobre essas questões, podendo contribuir sobremaneira com os avanços intelectuais na compreensão das dimensões epistêmicas, normativas e sociais de um mundo cada vez mais influenciado pela IA.

Dessa forma, o nosso alvo foi entender como o campo CTS tem pesquisado sobre essa temática e como esse mesmo campo é essencial para discutir os desdobramentos que uma tecnologia de propósito geral possa ter. No capítulo anterior foram apresentados os resultados e as análises da pesquisa quantitativa realizada para compreender como vem ocorrendo a pesquisa em IA e a pesquisa do campo CTS sobre a IA, no Brasil, a partir das publicações na *WoS*. Todas essas problematizações, tecidas nesta tese, a respeito da Inteligência Artificial e suas tecnologias corroboram a importância de trazer a IA para ser debatida, estudada e ter suas causas e efeitos analisada pelo campo CTS a fim de se construir uma compreensão crítica dessa realidade que se estabelece cada vez mais em nossas sociedades, a fim de que as decisões a respeito dos usos e aplicações dessas tecnologias possam ser deliberadas pelos cidadãos que se colocam como sujeito e não como objeto da ciência e tecnologia, uma vez que o funcionamento das sociedades atuais é cada vez mais circunscrito pela C&T.

Portanto, revisitando a questão central que impulsionou esta pesquisa - "como o campo CTS, do Brasil, tem investigado a Inteligência Artificial e suas implicações?" -, esta tese confirma que o campo CTS tem se engajado nessa investigação, ainda que de forma discreta. Contudo, essa dedicação tem sido crescente, especialmente após 2020. Defende-se nesta tese que esse campo deveria desempenhar um papel mais proeminente nas investigações que abordam os desafios e as oportunidades que as tecnologias de IA apresentam para a sociedade. Em relação aos objetivos gerais e específicos, este trabalho conclui de forma

satisfatória, fornecendo um mapeamento abrangente das pesquisas sobre IA no contexto do campo CTS, especialmente no Brasil, publicadas na *WoS* entre 2013 e 2022. Esse esforço contribui significativamente para situar o campo CTS no cenário das pesquisas em IA.

Dessa forma, esta tese entrega como contribuição, a partir dos resultados obtidos (i) um levantamento de indicadores da pesquisa sobre o tema IA, tanto no desenvolvimento das técnicas, quanto no debate sobre os desafios da aplicação de suas ferramentas; (ii) uma discussão acerca de onde a contribuição do campo CTS é esperada, por meio de uma análise bibliométrica inédita dos temas de estudo das consequências da IA, com o propósito de engajar os pesquisadores nacionais desse campo nessa seara; (iii) uma expressão de busca abrangente sobre a área de IA para análises bibliométricas, a partir da metodologia proposta e (iv) uma metodologia para localizar a contribuição do campo CTS dentro das pesquisas sobre IA, elencando os periódicos mais importantes em conjunto com palavras-chave.

A expectativa ao realizar uma análise qualitativa dos artigos recuperados na *WoS* sobre as pesquisas dos autores do campo CTS brasileiro era identificar trabalhos que explorassem a produção científica e tecnológica como domínios sociais dignos de reflexão. Buscava-se, assim, encontrar textos que incorporassem um completo aparato de análise social, incluindo métodos interpretativos para elucidar essas dinâmicas. No entanto, apesar de os temas abordados estarem alinhados com os de outros autores do campo em diferentes países, observa-se uma lacuna na profundidade das discussões e na incorporação dos elementos esperados. Algumas percepções sobre essa observação incluem:

- (i) qualquer tentativa de caracterizar as fronteiras de investigação representadas por toda esta atividade corre o risco de simplificação, apesar de que alguns traços gerais são esperados para transmitir a natureza única da interdisciplinaridade CTS;
- (ii) o CTS ainda permanece fracamente institucionalizado nas universidades nacionais, uma vez que temos poucos programas que se apropriam do campo, necessitando de um grau maior de autonomia institucional;
- (iii) apesar da crescente atenção as contribuições intelectuais do campo, o CTS tem que competir com outros campos do conhecimento estabelecidos há muito tempo e mais bem financiados;

- (iv) falta acompanhar a ciência fora de seus contextos de produção, onde a ciência adquiriu poder substancial para moldar as direções de progresso humano, para contextos de interpretação e uso.

A partir das discussões apresentadas nesta pesquisa, espera-se ter contribuído para a localização do campo CTS nos estudos sobre a IA e para a comprovação de que este é um campo importantíssimo para discutir essas tecnologias igualmente relevantes. Sugere-se para trabalhos futuros estudos e debates a miúdo, por exemplo, sobre as questões a respeito da privacidade e das regulamentações necessárias a esse rol de tecnologias no Brasil; sobre como seria uma relação saudável entre a IA e o sistema de educação nacional; sobre a ocorrência da IA na comunicação cultural brasileira; sobre os usos e as consequências da IA no cenário político nacional.

Para garantir que o campo mantenha a sua continuidade, Jasanoff (2017, p. 186) afirma que é necessária uma

boa organização, tanto para demarcá-los em relação aos territórios vizinhos, como para estabelecer marcadores internos para medir os atributos academicamente essenciais como originalidade, qualidade, progresso e contribuições para conhecimento fundamental.

Assim, para que o campo CTS continue a progredir e se aperfeiçoar no Brasil e, para que suas pesquisas voltadas para a Inteligência Artificial sejam cada vez mais produzidas a partir dos atributos deste campo, será de grande relevância estabelecer questões importantes que demandam esclarecimentos e reflexões, desenvolver a capacidade de persuadir os demais atores a partir de uma argumentação convincente, uma ordenação de raciocínio e com técnicas discursivas eficientes, a utilização da diplomacia para lidar com as controvérsias emergentes também se mostra indispensável.

Considerando a missão central do campo CTS até o momento - a interpretação do processo social da ciência e da tecnologia como projetos complexos, nos quais os valores culturais, políticos e econômicos desempenham um papel crucial na sua formação, e que, por sua vez, influenciam esses mesmos valores e a sociedade que os acolhe - deseja-se que as futuras pesquisas neste campo também sirvam como um dos nexos interdisciplinares mais significativos para o estudo essencial das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e inteligência artificial.

6 REFERÊNCIAS

- ABADI, H. H. N.; HE, Z.; PECHT, M. Artificial Intelligence-Related Research Funding by the U.S. National Science Foundation and the National Natural Science Foundation of China. **IEEE Access**, v. 8, p. 183448–183459, 2020.
- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 25–35, 2020.
- ADAMS, S. T. Artificial intelligence, culture, and individual responsibility. *Technology in Society*, v. 8, p. 251-257, 1986.
- ADAMCZYK, W. B.; MONASTERIO, L.; FOCHEZATTO, A. Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government. **Technology in Society**, v. 67, p. 101722, 2021.
- ALBUQUERQUE, M. B. **O Perfil dos Estudos Brasileiros sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade Baseado nas Publicações Nacionais da Área de Ensino de Ciências**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, 2018.
- ALBUQUERQUE, P. H.; SAAVEDRA, C. A. P. B.; MORAIS, R. L.; ALVES, P. F.; PENG, Y. **Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimação da probabilidade de automação de ocupações no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019.
- ALVARENGA, A. T.; JR-PHILIPPI, A.; SOMMERMAN, A.; ALVAREZ, A. M. S.; FERNANDES, V. Histórico, fundamentos filosóficos e teóricos-metodológicos da interdisciplinaridade. *Em: JR. PHILIPPI, A.; NETO, A. J. S. (Eds.). Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia & Inovação*. Barueri, SP: Manole, 2011.
- ANDRADE, V. H. G. Z.; REDMILE-GORDON, M.; BARBOSA, B. H. G.; ANDREOTE, F. D.; ROESCH, L. F. W.; PYLRO, V. S. Artificially intelligent soil quality and health indices for ‘next generation’ food production systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 107, p. 195–200, 2021.
- ANDREU-PEREZ, J.; DELIGIANNI, F.; RAVI, D.; YANG, G. Z. Artificial Intelligence and Robotics. **UK-RAS White Paper**, p. 1–56, 2018.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Las Relaciones CTS en la Educación Científica**, p. 1–7, 2006.
- BARBOSA FILHO, F. H. Trabalho Remoto no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 76, n. 3, p. 349–378, 2022.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BAREIS, J.; KATZENBACH, C. Talking AI into being: The narratives and imaginaries of national AI strategies and their performative politics. **Science, Technology, & Human Values**, p. 016224392110300, 2021.
- BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. **O que são e para que servem os estudos CTS**. XXVIII Congresso Brasileiro de Educação Em Engenharia. **Anais**. Florianópolis: 2000.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BELCHIOR, A. C. G. **Alucinação**. São Paulo: Philips, 1976. LP (37:25)

- BEZDEK, J. C. Computational Intelligence: What's in a Name? **IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine**, v. 2, n. 2, p. 4–14, 2016.
- BINET, A.; SIMON, T. Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. **L'année psychologique**, v. 11, n. 1, p. 191–244, 1904.
- BISSIO, R. Vector de esperanza, fuente de miedo. **Spotlight on Sustainable Development**, p. 85–95, 2018.
- BLOOR, D. **Conhecimento e imaginário social**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- BODEN, M. N. What is interdisciplinarity? In: CUNNINGHAM, R. (Ed). **Interdisciplinarity and the Organisation of Knowledge in Europe**, p. 13-24, European Commission, 1999.
- BOLUKBASI, T.; CHANG, K. W.; ZOU, J.; SALIGRAMA, V.; KALAI, A. Man is to computer programmer as woman is to homemaker? Debiasing word embeddings. **30th Conference on Neural Information Processing Systems**, n. NIPS 2016, p. 1–9, 2016.
- BOURDIEU, P. **Para uma sociologia da ciência**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2004.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve história da ciência moderna**. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.
- BRANDÃO, T. O debate da interdisciplinaridade: uma introdução crítica. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 2, p. 270–277, 2021.
- CASCÓN-KATCHADOURIAN, J. D. Tecnologías para luchar contra la pandemia Covid-19: geolocalización, rastreo, big data, SIG, inteligencia artificial y privacidad. **El profesional de la información**, v. 29, n. 4, p. 1–20, 2020.
- CASTRO, N. R.; MOREIRA, G. C. Who worked from home in Brazil? Inequalities highlighted by the pandemic. **Nova Economia**, v. 31, n. 3, p. 899–927, 2021.
- CAO, Y.; LI, S.; LIU, Y.; YAN, Z.; DAI, Y.; YU, P.; SUN, L. A Comprehensive Survey of AI-Generated Content (AIGC): A History of Generative AI from GAN to ChatGPT. **ArXiv (preprint)**, 2023.
- CEREZO, J. A. L. Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad. **Revista Ibero Americana de Educacion**, v. 20, p. 217–225, 1999.
- CHANCHETTI, L. F.; LEIVA, D. R.; FARIA, L. I. L.; ISHIKAWA, T. T. A scientometric review of research in hydrogen storage materials. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 8, p. 5356–5366, 2020.
- CHENG, M. The creativity of artificial intelligence in art. **Proceedings**, 81, 110, 2022.
- CHRISPINO, A.; LIMA, L. S.; ALBUQUERQUE, M. B. Vendo CTS como Rede: as publicações mais prestigiadas do Brasil. **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**, p. 919–923, 2013.
- CHRISPINO, AL.; LIMA, L. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; FREITAS, A. C. C.; SILVA, M. A. F. B. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n. 2, p. 455–479, 2013.
- COLLINS, H. The science of artificial intelligence and its critics. **Interdisciplinary Science Reviews**, v. 46, n. 1–2, p. 53–70, 2021.
- COLLINS, H.; EVANS, R. **Repensando a expertise**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

- COLLINS, H. **Changing order: replication and induction in scientific practice**. California: SAGE, 1985.
- CYBENKO, G. Approximation by superpositions of a sigmoidal function. **Math. Control Signals Systems**, v. 2, p. 303–314, 1989.
- DALENBERG, D. J. Preventing discrimination in the automated targeting of job advertisements. **Computer Law & Security Review**, v. 34, n. 3, p. 615–627, 2017.
- DARWIN, C. **A origem das espécies através da seleção natural ou a preservação das raças favorecidas na luta pela sobrevivência**. 6. ed. Portugal: PlanetaVivo, 2009.
- DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- DESCARTES, R. **Discurso do método: regras para a direção do espírito**. São Paulo: Martin Claret, 2003.
- DREYFUS, H. L. **What computers can't do: a critique of artificial reason**. New York: Harper & Row, 1972.
- EMPOLI, G. **Os engenheiros do caos**. São Paulo: Vestígio, 2019.
- FARIA, L. I. L.; GREGOLIN, J. A. R.; HOFFMANN, W. A. M.; QUONIAM, L. Análise da produção científica a partir de publicações em periódicos especializados. *Em*: BRENTANI, R. R.; CRUZ, C. H. D. E. B.; SUZIGAN, W.; FURTADO, J. E. D. E. M. P.; GARCIA, R. D. E. C. (Eds.). **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, p. 4.1-4.71, 2010.
- FILGUEIRAS, F. New Pythias of public administration: ambiguity and choice in AI systems as challenges for governance. **AI & SOCIETY**, v. 37, n. 4, p. 1473–1486, 2022.
- FLORIDI, L. *et al.* AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. **Minds and Machines**, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.
- FLORIDI, L. Establishing the rules for building trustworthy AI. **Nature Machine Intelligence**, v. 1, n. 6, p. 261–262, 2019.
- FRANCESCATO, D. Globalization, Artificial Intelligence, Social Networks and Political Polarization: New Challenges For Community Psychologists. **Community Psychology in Global Perspective**, v. 4, n. 1, p. 20–41, 2018.
- GALTON, F. **Hereditary genius: an inquiry into its laws and consequences**. 2. ed. London: Macmillan, 1892.
- GARDNER, H. **Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1994.
- GARVEY, W. D. **Communication: the essence of science**. New York: Pergamon, 1979.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, J. Jr.; BERNARDINO, H. S.; SOUZA, J. F.; RAJABI, E. Indexing, enriching, and understanding Brazilian missing person cases from data of distributed repositories on the web. **AI & Society**, v. 38, n. 2, p. 565–579, 2023.
- GONÇALVES, B. Can machines think? The controversy that led to the Turing test. **AI & Society**, n. 0123456789, 2022.

- GORALSKI, M. A.; TAN, T. K. Artificial intelligence and sustainable development. **International Journal of Management Education**, v. 18, n. 1, 2020.
- HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, v. 162, n. 3859, p. 1243–1248, 1968.
- HAYASHI, M. C. P. I. Afinidades eletivas entre a ciétiometria e os estudos sociais da ciência. **Filosofia e Educação**, v. 5, n. 2, p. 57–88, 2013.
- HAYASHI, M. C. P. I.; ZAUITH, G.; BELLO, S. F.; GOMES, C.; GUTIERREZ, R. F.; GUIMARÃES, V. A. L.; RIGOLIN, C. C. D. Sociologia da ciência: primeiras aproximações ao campo. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 6, n. 11, p. 72–85, 2010.
- HAYKIN, S. **Neural Networks and Learning Machines**. Canada: Prentice Hall, 2008.
- HELBING, D.; FREY, B. S.; GIGERENZER, G.; HAFEN, E.; HAGNER, M.; HOFSTETTER, Y.; HOVEN, J. VAN DEN; ZICARI, R. V.; ZWITTER, A. Will Democracy Survive Big Data and Artificial Intelligence? *Em: Towards Digital Enlightenment*. Cham: Springer International Publishing, p. 73–98, 2019.
- HELBING, D.; POURNARAS, E. Society: build digital democracy. **Nature**, v. 527, n. 7576, p. 33–34, 2015.
- HESS, D. J.; SOVACOOOL, B. K. Sociotechnical matters: Reviewing and integrating science and technology studies with energy social science. **Energy Research and Social Science**, v. 65, p. 101462, 2020.
- HORNIK, K.; STINCHCOMBE, M.; WHITE, H. Multilayer feedforward networks are universal approximators. **Neural Networks**, v. 2, n. 5, p. 359–366, 1989.
- IASULATAITIS, S. (Org.). **Negacionismo, Desinformação e Agnotologia**. Campina Grande: EDUEPB, 2022.
- ISAACSON, W. **Os Inovadores**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.
- JASANOFF, S. A field of its own: the emergence of science and technology studies. *In: FRODEMAN, R.; THOMPSON, J. K.; MITCHAM, C. The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press, p. 173-187, 2017.
- JEAN, N.; BURKE, M.; XIE, M.; DAVIS, W. M.; LOBELL, D. B.; ERMON, S. Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. **Science**, v. 353, n. 6301, p. 790–794, 2016.
- JONES, N. How to stop data centres from gobbling up the world’s electricity. **Nature**, v. 561, n. 7722, p. 163–166, 2018.
- KALTENBRUNNER, W.; BIRCH, K.; LEEUWEN, T.; AMUCHASTEGUI, M. Changing publication practices and the typification of the journal article in science and technology studies. **Social Studies of Science**, v. 52, n. 5, p. 758–782, 2022.
- KARNAMA, A.; HAGHIGHI, E. B.; VINUESA, R. Organic data centers: A sustainable solution for computing facilities. **Results in Engineering**, v. 4, p. 100063, 2019.
- KERAMITSOGLU, I.; CARTALIS, C.; KIRANOUDIS, C. T. Automatic identification of oil spills on satellite images. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, n. 5, p. 640–652, 2006.
- KERLINGER, F. N. **Metodologia da Pesquisa em Ciências Sociais: um tratamento conceitual**. 8. ed. São Paulo: EPU, 1980.
- KROPF, S. P.; LIMA, N. T. Os valores e a prática institucional da ciência: as concepções de Robert Merton e Thomas Kuhn. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 5, n. 3, p. 565–581, 1999.

- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- KUMAR, S.; RAUT, R. D.; QUEIROZ, M. M.; NARKHEDE, B. E. Mapping the barriers of AI implementations in the public distribution system: The Indian experience. **Technology in Society**, v. 67, p. 101737, 2021.
- LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LEAL-NETO, O. B.; DIMECH, G. S.; LIBEL, M.; OLIVEIRA, W.; FERREIRA, J. P. Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, p. 1–5, 2016.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.
- LÉVY, P. **Filosofia World: o mercado, o ciberespaço, a consciência**. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget, 2001.
- LUDERMIR, T. B. Inteligência artificial e aprendizado de máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 85–94, 2021.
- LUGER, G. F. **Inteligência artificial**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- LYON, D. Facing the future: Seeking ethics for everyday surveillance. **Ethics and Information Technology**, n. 3, p. 171-181, 2001.
- LYON, D. Surveillance, Snowden, and Big Data: capacities, consequences, critique. **Big Data & Society**, p. 1-13, 2014.
- LYON, D. La surveillance globale dans un monde post-Snowden. **Communiquer**, n. 20, p. 49-65, 2017.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MÁRQUEZ DÍAZ, J. E. Inteligencia Artificial y Big Data como soluciones frente al COVID-19. **Revista de Bioética y Derecho**, n. 50, p. 315–331, 2020.
- MARTIN, B.; NIGHTINGALE, P.; YEGROS-YEGROS, A. Science and technology studies: exploring the knowledge base. **Research Policy**, v. 41, n. 7, p. 1182–1204, 2012.
- MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã: crítica da mais recente filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stirner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas 1845-1846**. São Paulo: Boitempo, 2007.
- MATIAS, A. B.; FALCÃO, M. T. C.; GROSSEMAN, S.; GERMANI, A. C. C. G.; SILVA, A. T. C. A pandemia da COVID-19 e o trabalho docente: percepções de professores de uma universidade pública no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 2, p. 537–546, 2023.
- MENDONÇA, A. L. O. O legado de Thomas Kuhn após cinquenta anos. **Scientiae Studia**, v. 10, n. 3, p. 535–560, 2012.
- MERTON, R. K. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England. **Osiris**, v. 4, p. 360–632, 1938.
- MERTON, R. K. **Ensaio de sociologia da ciência**. São Paulo: Editora 34, 2013.

- MIKALONYTE, E. S.; KNEER, M. Can artificial intelligence make art?: Folk Intuitions as to whether AI-driven Robots Can Be Viewed as Artists and Produce Art. **ACM Transactions on Human-Robot Interaction**, v. 11, 4, article 43, 2022.
- MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.
- MOHAMADI, A.; HEIDARIZADI, Z.; NOUROLLAHI, H. Assessing the desertification trend using neural network classification and object-oriented techniques (Case study: Changouleh watershed - Ilam Province of Iran). **Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, v. 66, n. 2, p. 683–690, 2015.
- MORAVEC, H. When will computer hardware match the human brain? **Journal of Evolution and Technology**, v. 1, 1998.
- MORRIS, J. Pattern Recognition in Descartes' Automata. **Isis**, v. 60, n. 4, p. 451–460, 1969.
- NAGANO, A. **Economic Growth and Automation Risks in Developing Countries Due to the Transition Toward Digital Modernity**. Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. **Anais**. New York, NY, USA: ACM, 2018.
- NERI, H.; COZMAN, F. The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence. **AI & SOCIETY**, v. 35, n. 3, p. 663–673, 2020.
- NERINI, F. F.; SLOB, A.; ENGSTRÖM, R. E.; TRUTNEVYTE, E. A Research and Innovation Agenda for Zero-Emission European Cities. **Sustainability**, v. 11, n. 6, p. 1692, 2019.
- NISHIJIMA, M.; NIEUWENHOFF, N.; PIRES, R.; OLIVEIRA, P. R. Movie films consumption in Brazil: an analysis of support vector machine classification. **AI & Society**, v. 35, n. 2, p. 451–457, 2020.
- NIU, J.; TANG, W.; XU, F.; ZHOU, X.; SONG, Y. Global research on artificial intelligence from 1990-2014: Spatially-explicit bibliometric analysis. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, n. 5, p. 1–19, 2016.
- O'NEIL, C. **Algoritmos de destruição em massa: como o big data aumenta a desigualdade e ameaça a democracia**. Santo André, SP: Rua do Sabão, 2020.
- PALACIOS, E. M. G.; I. VON LINSINGEN, I. V.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PEREIRA, L. T. V.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C.; BAZZO, W. A. Introdução aos estudos CTS. **Cadernos de Ibero-América**, 2003.
- PEREIRA, G.; MORESCHI, B. Artificial intelligence and institutional critique 2.0: unexpected ways of seeing with computer vision. **AI & Society**, v. 36, n. 4, p. 1201–1223, 2021.
- PINCH, T. J.; BIJKER, W. E. La construcción social de los hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología puede beneficiarse mutuamente. *Em*: THOMAS, H.; BUCH, A. (Ed.). **Actos, actores y artefactos - Sociología de la Tecnología**. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, p. 19–62, 2008.
- POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008.
- PRANCKUTÉ, R. Web of Science (WoS) and Scopus: the titans of bibliographic information in today's academic world. **Publications**, v. 9, n. 1, p. 12, 2021.
- PRATI, R. C.; SAID-HUNG, E. Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning. **AI & Society**, v. 34, n. 3, p. 589–598, 2019.

- QUEIROZ, R. L.; SAMPAIO, F. F.; LIMA, C.; LIMA, P. M. V. AI from Concrete to Abstract. **AI & Society**, v. 36, n. 3, p. 877–893, 2021.
- RAINNIE, A.; DEAN, M. Industry 4.0 and the future of quality work in the global digital economy. **Labour & Industry: a journal of the social and economic relations of work**, v. 30, n. 1, p. 16–33, 2020.
- RESTIVO, S. **Sociology, science, and the end of philosophy how society shapes brains, gods, maths, and logics**. London: Palgrave Macmillan UK, 2017.
- ROCHA, T. A. H.; BOITRAGO, G. M.; MÔNICA, R. B.; ALMEIDA, D. G. DE; SILVA, N. C. DA; SILVA, D. M.; TERABE, S. H.; STATON, C.; FACCHINI, L. A.; VISSOCI, J. R. N. Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 5, p. 1885–1898, 2021.
- ROSENBLATT, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. **Psychological Review**, 1958.
- RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. **Nature**, v. 323, n. 9, p. 533–536, 1986.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2004.
- RUYTER, A.; BROWN, M.; BURGESS, J. Gig work and the fourth industrial revolution: conceptual and regulatory challenges. **Journal of International Affairs**, v. 72, n. 1, p. 37–50, 2019.
- SÁ, A. A. R.; CARVALHO, J. D.; NAVES, E. L. M. Reflections on epistemological aspects of artificial intelligence during the COVID-19 pandemic. **AI & Society**, v. 38, n. 4, p. 1601–1608, 2023.
- SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; SANTOS, F. M. B. C. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018.
- SAVAGET, P.; CHIARINI, T.; EVANS, S. Empowering political participation through artificial intelligence. **Science and Public Policy**, v. 46, n. 3, p. 369–380, 2019.
- SCHELINI, P. W. Teoria das inteligências fluida e cristalizada: início e evolução. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 11, n. 3, p. 323–332, 2006.
- SCHIØLIN, K. Revolutionary dreams: Future essentialism and the sociotechnical imaginary of the fourth industrial revolution in Denmark. **Social Studies of Science**, v. 50, n. 4, p. 542–566, 2019.
- SCHWAMBACH, G. C. S.; LOPEZ, O. H.; SOTT, M. K.; TEDESCO, L. P. C.; MOLZ, R. F. Acceptance and perception of wearable technologies: A survey on Brazilian and European companies. **Technology in Society**, v. 68, p. 101840, 2022.
- SEARLE, J. R. Minds, brains, and programs. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 3, n. 3, p. 417–457, 1980.
- SEARLE, J. R. Is the brain's mind a computer program? **Scientific American**, v. 262, n. 1, p. 26–31, 1990.
- SELL, C. E. **Sociologia clássica**. Itajaí: Editora Univali, 1971.
- SHOAIB, M. R.; WANG Z.; AHVANOOEY, M. T.; ZHAO, J. Deepfakes, Misinformation, and Disinformation in the Era of Frontier AI, Generative AI, and Large AI Models. In: **International Conference on Computer and Applications (ICCA)**, Cairo, Egypt, pp. 1-7, 2023.
- SILVA, V. J.; BONACELLI, M. B. M.; PACHECO, C. A. Framing the effects of machine learning on science. **AI & Society**, n. 0123456789, 2022.

- SILVINO, A. M. D. Epistemologia positivista: qual a sua influência hoje? **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 27, n. 2, p. 276–289, 2007.
- SISMONDO, S. **An Introduction to Science and Technology Studies**. Canada: Wiley-Blackwell, 2010.
- SPEARMAN, C. “General Intelligence,” Objectively Determined and Measured. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 2, p. 201–292, 1904.
- SPEARMAN, C. **The abilities of man their nature and measurement**. London: The Macmillan Company, 1927.
- SRIVASTAVA, S. K. Artificial Intelligence: way forward for India. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 15, p. 1–23, 2018.
- STONE, P.; Brooks, R.; Brynjolfsson, E.; Calo, R.; Etzioni, O.; Hager, G.; Hirschberg, J.; Kalyanakrishnan, S.; Kamar, E.; Kraus, S.; Leyton-Brown, K.; Parkes, D.; Press, W.; Saxenian, A.; Shah, J.; Tambe, M.; Teller, A. **Artificial Intelligence and Life in 2030: one hundred year study on artificial intelligence**. Report of the 2015-2016 Study Panel. Stanford: 2016.
- SUCHMAN, L. Demystifying the Intelligent Machine. *Em*: HEFFERNAN, T. (Ed.). **Cyborg Futures**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2019.
- SUN, B.; DONG, Z. Comparative Study on the Academic Field of Artificial Intelligence in China and Other Countries. **Wireless Personal Communications**, v. 102, n. 2, p. 1879–1890, 2018.
- TEGMARK, M. **Vida 3.0**. São Paulo: Benvirá, 2020.
- THIRY-CHERQUES, H. R. Pierre Bourdieu: a teoria na prática. **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 1, p. 27–53, 2006.
- THURSTONE, L. L. Multiple factor analysis. **Psychological Review**, v. 38, n. 5, p. 406–427, 1931.
- THURSTONE, L. L. The vectors of mind. **Psychological Review**, v. 41, n. 1, p. 1–32, 1934.
- TRAJTENBERG, M. Artificial Intelligence as the Next GPT A Political- Economy Perspective. *Em*: AGRAWAL, A.; GANS, J.; GOLDFARB, A. (Eds.). **The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda**. University of Chicago Press, p. 175–186, 2019.
- TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. **Mind a Quarterly Review of Psychology and Philosophy**, v. LIX, n. 236, p. 433–460, 1950.
- UNITED KINGDOM INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE. **Artificial Intelligence: A worldwide overview of AI patents and patenting by the UK AI sector**. Intellectual Property Office, 2019.
- VELHO, L. Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. **Sociologias**, v. 13, n. 26, p. 128–153, 2011.
- VERAS, M. P. B. **Introdução à sociologia: Marx, Durkheim e Weber, referências fundamentais**. São Paulo: Paulus, 2014.
- VINUESA, RI.; AZIZPOUR, H.; LEITE, I.; BALAAM, M.; DIGNUM, V.; DOMISCH, S.; FELLÄNDER, A.; LANGHANS, S. D.; TEGMARK, M.; NERINI, F. F. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 233, 2020.
- WIPO. **WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence**. Geneva, Switzerland: 2019.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2013.

ZHU, J.; LIU, W. A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. **Scientometrics**, v. 123, n. 1, p. 321–335, 2020.

ZUBOFF, S. **A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder**. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

APÊNDICE A

OUTROS INDICADORES SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CAMPO CTS

Após a feitura de levantamentos exaustivos na *Web of Science* buscou-se mapear as pesquisas do campo CTS sobre IA no Brasil, para identificar onde estão e quantos são os pesquisados desse campo no país, a partir de outras bases, quais sejam, (i) o site da SciELO; (ii) o site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações; (iii) o site do Catálogo de Teses e Dissertações, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); (iv) o Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (Oasisbr) e (v) sites de periódicos que abordam o CTS em âmbito nacional e na América Latina. A seguir apresenta-se as justificativas dessas escolhas, os protocolos estabelecidos.

Base de Dados da SciELO

Para verificar a publicação em uma base com artigos de várias áreas do conhecimento, em língua portuguesa, buscou-se por artigos publicados na base SciELO cuja sigla significa *Scientific Electronic Library Online*. A base SciELO³ é uma base de periódicos científicos cooperativa que conta com 1.349 periódicos ativos, e permite o acesso eletrônico aberto a artigos completos de periódicos de países da América Latina e Caribe, bem a artigos da Espanha, de Portugal e da África do Sul, também possibilita que consultas sejam realizadas em português, espanhol e inglês. A SciELO é resultado de um projeto de pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) em parceria com o Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme), lançado em 1998 e conta com o apoio do CNPq desde 2002.

Por ser uma base que busca dar visibilidade a produção científica brasileira e latina e por cobrir um número grande periódicos, essa base foi escolhida para auxiliar na identificação das publicações de pesquisadores brasileiros do campo CTS sobre IA. Assim, uma pesquisa foi realizada no site da SciELO⁴, no dia 19 de setembro de 2023, de acordo com seguinte protocolo.

- ✓ Passo 1: a partir dos resultados da segunda pesquisa realizada na WoS, foram selecionadas as 14 palavras-chave mais utilizadas pelo campo CTS para discutir sobre

³ <https://www.scielo.br/journals/alpha?status=current>

⁴ <https://www.scielo.org/>

IA, conforme Quadro A-1. Essas palavras-chave foram inseridas em “Busca Avançada”, utilizando o operador booleano “OR”, para todos os índices, sem nenhum filtro. Vários testes foram feitos com a combinação dessas palavras e observou ser importante a manutenção desse conjunto para alcançar um número maior de documentos.

Resultado: 4.801 documentos.

Quadro A - 1 - Bloco de palavras-chave para busca na SciELO.

Palavras-chave	
Português	Inglês
inteligência artificial	<i>artificial intelligence</i>
aprendizado de máquinas	<i>machine learning</i>
mineração de dados	<i>data mining</i>
processamento de linguagem natural	<i>natural language processing</i>
aprendizado profundo	<i>deep learning</i>
redes neurais	<i>neural network</i>
sistemas de recomendação	<i>recommender system</i>
	<i>explainable AI</i>

Fonte: desenvolvimento próprio.

- ✓ Passo 2: foram acrescentadas, utilizando o operador booleano “AND”, as seguintes palavras-chaves no resultado do Passo 1, “ciência, tecnologia e sociedade”; “science technology, and society”; “estudos sociais em ciência e tecnologia”; “science and technology studies”.

Resultado: 12 documentos.

- ✓ Passo 3: os documentos recuperados foram analisados individualmente, por meio da leitura dos seus resumos e palavras-chave, identificado indicadores de ano de publicação e instituição de origem dos autores.

Observação: foi feita uma busca com o termo “science technology, and society” que recuperou 117 documentos; com o termo “ciência, tecnologia e sociedade”, 196; com “science and technology studies” 1.127; com “estudos sociais em ciência e tecnologia”, 93 e com a combinação de todos esses termos ((science technology, and society) OR (ciência, tecnologia e sociedade) OR (science and technology studies) OR (estudos sociais em ciência e tecnologia)) recuperou-se 1.406. Essa pesquisa foi realizada para verificar a presença do campo CTS nessa base, porém, como o objetivo é pesquisar sobre a inserção entre os termos da IA e do campo CTS, esses resultados não foram tratados.

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

A Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) é composta por documentos completos das teses e dissertações defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa. O acesso a essa produção científica é gratuito e aberto, a BDTD é mantida

pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) desde seu lançamento em 2002, com o apoio da Financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP).

A BDTD é uma instituição importante na divulgação da pós-graduação brasileira, permitindo um acesso rápido e gratuito aos seus documentos cadastrados. Segundo informações disponíveis no site da BDTD⁵, em serviços - indicadores, somente no ano de 2021 a biblioteca recebeu 39.543 documentos (teses e dissertações).

Considerando a importância da BDTD como um repositório nacional e nosso objetivo de mapear a produção do campo CTS sobre a IA, foi realizada uma pesquisa bibliográfica no site da BDTD, no dia 19 de setembro de 2023, conforme o protocolo a seguir.

- ✓ Passo 1: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão "ciência, tecnologia e sociedade", em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos (teses, dissertações e *bachelor thesis*), por todo período da base.

Resultado: 796 documentos.

- ✓ Passo 2: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão “inteligência artificial”, em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos (teses, dissertações e *bachelor thesis*), por todo período da base.

Resultado: 3.346 documentos.

- ✓ Passo 3: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão "ciência, tecnologia e sociedade" AND “inteligência artificial”, em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos (teses, dissertações e *bachelor thesis*), por todo período da base.

Resultado: 3 documentos.

- ✓ Passo 3: os resultados das buscas realizadas como descrito nos passos anteriores foram extraídos manualmente para serem tratados e analisados individualmente.

Nessa base não foram utilizadas o bloco de palavras-chave utilizado na base da SciELO devido as limitações encontradas na base, vários testes foram realizados e optou-se por manter as expressões "ciência, tecnologia e sociedade" e “inteligência artificial”. A extração de dados é outro limitante dessa base, o arquivo exportado não possui todas as informações necessárias para uma boa análise, por isso, foi realizada a extração manual e leitura individual dos documentos.

⁵ Disponível em: <https://bdttd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 18/09/2023.

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES

Para que a pesquisa dessa tese seja exaustiva, além da BTDT foi realizada uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES⁶, que juntamente com a BTDT englobam informações a respeito da pesquisa realizada nos programas dos cursos de pós-graduação existentes nas instituições de ensino superior e pesquisa do Brasil. O protocolo adotado nessa base foi o seguinte.

- ✓ Passo 1: busca pelo termo “ciência, tecnologia e sociedade”, sem nenhum filtro.
Resultado: 1.140 documentos.
- ✓ Passo 2: busca pelo termo “inteligência artificial”, sem nenhum filtro.
Resultado: 6.865 documentos.
- ✓ Passo 3: busca com os termos “inteligência artificial” AND “ciência, tecnologia e sociedade”, sem nenhum filtro.
Resultado: 4 documentos.
- ✓ Passo 4: os resultados das buscas realizadas como descrito nos passos anteriores foram extraídos manualmente para serem tratados e analisados.

É importante ressaltar que essa base é simples no quesito busca, não havendo a disponibilidade por busca avançada ou mesmo uma descrição objetiva sobre o uso de operadores booleanos. Também não é possível exportar dados de forma confiável, dessa forma, o trabalho de extração foi manual.

Catálogo do Oasisbr

Na Plataforma Lattes é possível encontrar o Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (Oasisbr)⁷, uma base de dados do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), cujo objetivo é reunir em uma só base, a produção científica brasileira, publicada em periódicos científicos, repositórios digitais de publicações científicas, repositórios digitais de dados de pesquisa e bibliotecas digitais de teses e dissertações e contribuir para a visibilidade da produção científica nacional.

A promessa é de ser uma facilitadora do acesso aos artigos científicos, livros, capítulos de livros, artigos apresentados em conferências, conjuntos de dados de pesquisa, *preprints*,

⁶ Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em: 18/09/2023.

⁷ Disponível em: <https://oasisbr.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 20/09/2023.

dissertações, teses, trabalhos de conclusão de curso, do Brasil e, também, aos documentos presentes no Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP).

Ao fazer a pesquisa desta tese nessa base de dados percebeu-se uma grande similaridade com a interface de busca da base da BDTD e melhor interface em relação a base do Catálogo de Teses e Dissertações. O objetivo de fazer a pesquisa nessa base também foi alcançar o maior número possível de produções científicas do campo CTS sobre IA. O protocolo utilizado foi o mesmo aplicado na BDTD.

- ✓ Passo 1: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão "ciência, tecnologia e sociedade", em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos, por todo período da base.

Resultado: 1.755 documentos.

- ✓ Passo 1: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão “inteligência artificial”, em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos, por todo período da base.

Resultado: 8.184 documentos.

- ✓ Passo 3: No campo “Busca Avançada”, buscou-se a expressão "ciência, tecnologia e sociedade" AND “inteligência artificial”, em todos os campos, em todos os idiomas e para todos os tipos de documentos, por todo período da base.

Resultado: 5 documentos.

- ✓ Passo 3: os resultados das buscas realizadas como descrito nos passos anteriores foram extraídos manualmente para serem tratados e analisados individualmente.

Nessa base, como na BDTD e no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, não foi utilizado o bloco de palavras-chave empregado na base da SciELO pelas mesmas razões anteriores e optou-se por manter as expressões "ciência, tecnologia e sociedade" e “inteligência artificial”. A extração de dados também é um limitante dessa base, o arquivo exportado não possui todas as informações necessárias para uma boa análise, por isso, foi realizada a extração manual e leitura individual dos documentos.

Pesquisa em Periódicos Nacionais de CTS

A última etapa da pesquisa quantitativa empregada nessa tese foi realizar uma busca em periódicos nacionais e no Boletim ESOCITE.BR que publicam temas relacionados ao campo CTS. Para a escolha dos periódicos foi utilizada as referências dos trabalhos de Albuquerque, (2018); Chrispino, Lima e Albuquerque (2013) e Chrispino *et al.* (2013). Esses autores fizeram

uma pesquisa abrangente por periódicos que publicam assuntos pesquisados pelo campo CTS e elencaram 28 periódicos, a esta lista acrescentou-se mais 2 periódicos considerados importante para o campo. Dessa forma, pesquisar sobre IA nesses periódicos pode auxiliar a encontrar trabalhos realizados pelo CTS sobre esse tema. O protocolo adotado foi realizar uma consulta individual em cada periódico pelo termo “inteligência artificial”, para o período de 2013 a 2022 e gerar indicadores a partir dos artigos encontrados.

Quadro A - 2 - Relação de periódicos nacionais pesquisados.

Periódicos	Instituição
Acta Scientiae	ULBRA
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	UFSC
Avaliação	UNISO
Bolema	UNESP
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	UFSC
Ciência & Educação	UNESP
Ciência & Ensino	UNICAMP
Ciência em Tela	UFRJ
Ciências & Cognição	UFRJ
Educar	UFPR
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	UFMG
Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	URI
Ensino, Saúde e Ambiente	UNUPLI
Experiências em Ensino de Ciências	UFMT
Investigações em Ensino de Ciências	UFRGS
Pesquisa em Educação Ambiental	UFSCar / UNESP / USP
Química Nova	SBQ
Química Nova na Escola	SBQ
*REDES – Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología	UNQ
Revista Biodiversidade	UFMT
Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade	UFSCar
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	UTFPR
Revista Brasileira de Ensino de Física	USP
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	ABRAPEC
Revista de Ensino de Ciências e Engenharia	UFRJ
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	UNICSUL
Revista de Ensino de Engenharia	ABENGE
Revista Educação Matemática Pesquisa	PUC-SP
*Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad	OEI / UNICAMP
Revista Tecnología e Sociedade	UTFPR

* Acrescentadas por essa pesquisa.

Fonte: desenvolvimento próprio.

É importante ressaltar que esses periódicos não possuem ferramentas de busca avançadas e não geram indicadores. Dessa forma, a consulta foi realizada individualmente em cada periódico e várias combinações de termos foram executadas, mas dada as limitações dos sites optou-se apenas pelo termo “inteligência artificial” e durante a leitura individual dos resumos e palavras-chaves dos autores foram selecionados os artigos que possuem alguma relação com o CTS e com a IA. A lista dos 30 periódicos consultados está na Quadro A-2.

Também foi realizada uma pesquisa, no dia 21 de setembro de 2023, no Boletim CTS em Foco da ESOCITE.BR, uma publicação trimestral que visa divulgar as pesquisas dos estudos sociais das ciências e das tecnologias, sendo sua publicação em língua portuguesa e espanhola. Esse boletim pertence à Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias, fundada em 2010, esta associação visa inclusive promover os estudos do campo CTS no Brasil e na América Latina.

A pesquisa foi realizada no site da ESOCITE⁸, nas 8 publicações disponíveis até a data corte desta pesquisa. O protocolo adotado foi a consulta individual em cada publicação com a expressão “inteligência artificial” para selecionar os artigos que utilizaram essa expressão no corpo do seu texto, uma vez que não é disponibilizado nenhuma ferramenta de busca. Em seguida foi realizada a leitura dos documentos recuperados para descobrir quais são os temas dentro da IA debatidos pelos pesquisados CTS que publicaram na ESOCITE, não são disponibilizadas palavras-chave nos artigos publicados nesse boletim.

Diretório dos Grupos de Pesquisa

Além das pesquisas por periódicos e bancos de teses e dissertações, também foram realizadas pesquisas na Plataforma Lattes na qual há a integração das bases de dados de Currículos - Currículo Lattes e de Grupos de Pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil e de Instituições em uma única plataforma de informações. Esta plataforma pertence ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), uma fundação pública vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, criado pela Lei nº 1.310 de 15 de janeiro de 1951.

O Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil é um inventário dos grupos de pesquisa em atividade no país, localizados nas instituições de ensino superior e institutos de pesquisa.

⁸ Disponível em: <http://www.esocite.org.br/>. Acesso em: 21/09/2023

O diretório apresenta informações sobre as pesquisadoras e os pesquisadores que compõem os grupos, bem como as linhas de pesquisa, a produção científica, tecnológica e artística e as interações com o setor produtivo. O diretório possui interação com o Currículos Lattes de onde se obtém as informações individuais das pessoas que compõem os grupos.

De acordo com as informações disponíveis no site do diretório⁹, no ano de 2016 existiam 37.640 grupos de pesquisa e 531 instituições cadastrados, conforme demonstrado na Tabela A - 1.

Tabela A - 1 - Número de instituições, grupos, pesquisadores e pesquisadores doutores.

Principais dimensões	1993	1995	1997	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2016
Instituição	99	158	181	224	268	335	403	422	452	492	531
Grupos	4.402	7.271	8.632	11.760	15.158	19.470	21.024	22.797	27.523	35.424	37.640
Linhas de Pesquisa	ND	ND	ND	38.126	50.473	67.903	76.719	86.075	106.715	139.141	147.392
Pesquisadores (P)	21.541	26.779	33.980	48.781	56.891	77.649	90.320	104.018	128.892	180.262	199.566
Pesquisadores doutores (D)	10.994	14.308	18.724	27.662	34.349	47.973	57.586	66.785	81.726	116.427	130.140
(D)/(P) em %	51	53	55	57	60	62	64	64	63	65	65

Fonte: Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil.

No site do diretório também está disponível a relação percentual de pesquisadores doutores em relação à área do conhecimento, observa-se um crescimento de 16% nas áreas de Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes e Sociais Aplicadas, no período de 1993 a 2016, conforme Tabela A - 2.

Tabela A - 2 - Percentual de pesquisadores doutores em relação ao total de pesquisadores segundo a grande área predominante do grupo.

Grande área do conhecimento	1993	1995	1997	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2016
Ciências Exatas e da Terra	70	68	68	74	79	81	83	83	81	81	82
Ciências Agrárias	46	47	55	58	68	71	75	77	77	79	80
Ciências Biológicas	58	63	63	67	72	76	79	81	82	85	86
Ciências Humanas	51	(*)	46	47	51	54	57	57	56	57	58
Ciências da Saúde	46	48	52	53	57	58	61	62	62	67	68
Engenharias e Computação	46	52	57	61	63	65	68	71	70	69	68
Linguística, Letras e Artes	52	(*)	47	53	56	61	63	64	62	64	64
Sociais Aplicadas	50	(*)	47	44	49	52	53	53	52	54	55
Outras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62

(*) Humanidades - 50,6%

Fonte: Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil

⁹ Disponível em: <https://lattes.cnpq.br/web/dgp/principais-dimensoes>. Acessado em: 03/03/2022.

Essa adesão expressiva, a exigência para financiamento de agências de fomento públicas e aumento contínuo são os motivadores da consulta elaborada nesta pesquisa, que parte da premissa que o Diretório de Grupos de Pesquisa traz uma boa representatividade dos maiores e mais conceituados grupos de pesquisa do Brasil. O Protocolo desenvolvido para a busca no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq¹⁰ foi pesquisar sobre grupos que utilizam o termo “Inteligência Artificial” para mapear os que estão nas áreas de pesquisas que sejam compatíveis com o campo CTS, conforme os passos a seguir.

- ✓ Passo 1: Consulta na base corrente, com o termo Inteligência Artificial, em todas as palavras, consultando por Grupo, nos campos “nome do grupo”, “nome da linha de pesquisa”, “palavra-chave da linha de pesquisa” e “repercussões do grupo”, situação “certificado” e “não-atualizado”. Nenhum filtro usado.

Resultado: 838 grupos. O resultado foi exportado para o software MS Excel.

- ✓ Passo 2: Tratamento da planilha gerada. Filtrar por Área Predominante. Áreas filtradas: Ciências Humanas; Ciências Sociais Aplicadas; Linguística, Letras e Artes e Outra.

Resultado: 196 grupos parcial. Resultado final: 188*

*Observação: o resultado inicial foi 196 grupos. Na área “Outra” foram registrados 9 grupos, esses foram consultados individualmente na mesma base, para identificar sua real área de predominância, após essa consulta 8 grupos foram eliminados por não fazerem parte das áreas de interesse.

Currículo Lattes

O CNPq lançou e padronizou o Currículo Lattes (CL) em 1999, desde então o CL se tornou o modelo brasileiro para registrar a atuação acadêmica, científica e profissional dos estudantes e pesquisadores ao longo de suas carreiras em todas as áreas do conhecimento. O CL é exigido nos editais de financiamentos público de pesquisa para avaliar o mérito e a competência dos concorrentes. Dessa forma, ele é adotado pela maioria das instituições de fomento, universidades e institutos de pesquisa do país. Por isso, para investigar se os pesquisadores brasileiros que se dedicam ao campo CTS estão debatendo a IA, julgou-se ser pertinente fazer um levantamento dos currículos cadastrados no Lattes, em Busca Avançada, com o objetivo de verificar quantos pesquisadores cadastraram o termo “inteligência artificial” em seus currículos.

¹⁰ Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>. Acessado em: 03/03/2022.

O Protocolo desenvolvido para a busca no Currículo Lattes/CNPq¹¹:

PASSO 1:

- A busca foi construída com a frase exata “inteligência artificial”, nas bases doutores e demais pesquisadores, buscando em qualquer nacionalidade e todos os países. Não foi aplicado nenhum filtro.
- Resultado: foram encontrados 18.636 currículos cadastrados.

PASSO 2:

- Mesma busca do passo 1 utilizando o filtro: somente na base doutores.
- Resultado: foram encontrados 8.089 currículos.

PASSO 3:

- Mesmo passo 1 e passo 2, incluindo o filtro por bolsistas de produtividade em todas as categorias/nível da bolsa.
- Resultado: foram encontrados 742 currículos.

PASSO 4:

- Mesmo passos 1, 2 e 3, incluído o filtro por bolsistas de produtividade apenas nas categorias/nível da bolsa 1A e 1B.
- Resultado: foram encontrados 104 currículos.

PASSO 5:

- Mesmo passos 1, 2, 3 e 4, incluído o filtro por bolsistas de produtividade apenas nas categorias/nível da bolsa 1A.
- Resultado: foram encontrados 68 currículos.

PASSO 6:

- Mesmo passo 5, porém com a expressão em inglês (*Artificial Intelligence*).
- Resultado: foram encontrados 37 currículos, sendo que 19 destes não estavam dentre os resultados do Passo 5 e foram incluídos na análise final de 87 currículos.

A partir da construção desses protocolos, as pesquisas foram realizadas de maneira rigorosa e exaustiva, porém, percebeu-se que existe ainda uma larga desvantagem nessas bases desde a dificuldade em fazer a pesquisa até a confiabilidade dos resultados. Isso representa uma perda considerável para a pesquisa nacional, pois dificulta sua visibilidade. No entanto, se alguns esforços forem feitos a fim de tornar essas bases mais robustas e precisas muito será ganho, uma vez que a estrutura está pronta, sendo necessário seu aperfeiçoamento.

¹¹ Disponível em: <https://lattes.cnpq.br/>. Acessado em: 03/03/2022.

OS RESULTADOS DA PESQUISA SOBRE IA NO CAMPO CTS EM OUTRAS BASES

A seguir são apresentados os resultados da pesquisa realizada (i) na base da SciELO; (ii) no site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações; (iii) no site do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES; (iv) no site do Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (Oasisbr) e (v) nos sites de periódicos que abordam o CTS em âmbito nacional e na América Latina, bem como as buscas no Currículo Lattes e no Diretório de Grupos de Pesquisa. A discussão desses resultados foi descontinuada nesta tese devido às limitações encontradas para assegurar uma amostra efetiva da realidade nacional.

Base de Dados da SciELO

A pesquisa adotada na base de dados SciELO foi importante para explorar outra base que pudesse contribuir com a visibilidade da pesquisa sobre IA dentro do campo CTS, assim, criou-se um bloco de palavras-chave para essa base.

Foram adotadas várias combinações para alcançar o maior número de documentos possíveis, essa combinação é apresentada na Tabela A-3. Foram escolhidas palavras-chave tanto em português como em inglês. Percebemos que a inclusão do termo em inglês nem sempre contribuiu para aumentar o alcance de documentos. Recuperou-se um número representativo da pesquisa em inteligência artificial, 4.801 documentos a partir da adoção de mais palavras-chave para além das clássicas “inteligência artificial” e “artificial intelligence”, demonstrando a importância de um conjunto de palavras-chave representativo. Esse fato reforça nossa crença de que os pesquisadores que trabalham com as tecnologias decorrentes da IA nem sempre utilizam essas duas palavras-chaves, mostrando que a IA é mesmo uma tecnologia abrangente da qual muitas outras são derivadas.

Tabela A - 3 – Quantitativo de documentos recuperados e expressões utilizadas na Base SciELO.

Palavras-chave	Quantidade de documentos
*inteligência artificial	903
(*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)	1153
((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)	1800
(((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)	1801
((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)	3071

((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)	3125
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)	3284
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)	3287
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)	3614
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)	3623
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)	4544
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)	4695
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)	4718
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação)	4801
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação)) AND (science technology, and society)	1
(((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR	3

(processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação)) AND ((science technology, and society) OR (ciência, tecnologia e sociedade))	
(((((((((((((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação))) AND (science and technology studies)	9
(((((((((((((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação))) AND (estudos sociais em ciências e tecnologias)	1
(((((((((((((((*inteligência artificial) OR (artificial intelligence)) OR (machine learning)) OR (aprendizado de máquinas)) OR (data mining)) OR (mineração de dados)) OR (natural language processing)) OR (processamento de linguagem natural)) OR (deep learning)) OR (aprendizado profundo)) OR (neural network)) OR (redes neurais)) OR (recommender system)) OR (sistemas de recomendação))) AND ((science technology, and society) OR (ciência, tecnologia e sociedade) OR (science and technology studies) OR (estudos sociais em ciência e tecnologia))	12

Fonte: desenvolvimento próprio.

A partir desse resultado que recuperou 12 documentos, foi realizada uma avaliação individual em cada documento a fim de extrair maiores informações, que pudessem confirmar que esses artigos publicados realmente pertencem ao campo CTS e que abordam sobre IA. A primeira leitura foi para identificar se esses 12 artigos são de pesquisadores brasileiros e identificou-se que 2 artigos estão repetidos entre os resultados, ou seja, o quantitativo de artigos na verdade são 10 e não 12. Uma segunda informação importante é que desses 10 apenas 3 são de autores brasileiros ou vinculados a uma instituição nacional.

Esses 3 artigos foram publicados nos anos de 2016, 2022 e 2023, nos periódicos Revista de Saúde Pública, Revista Brasileira de Epidemiologia e SciELO *Preprints* respectivamente. As instituições desses autores são UFPE e Oswaldo Cruz (artigo de 2016) UFMG/UFRJ/Oswaldo Cruz (artigo de 2022) e UFRJ (artigo de 2023); os artigos de 2016 e 2022 foram publicados no idioma inglês e português e o de 2023 apenas em português. Optou-se

por não aplicar o filtro por ano justamente para recuperar o maior número possível de documentos.

A próxima etapa foi a leitura dos resumos desses 3 artigos e constatou-se que apenas 1 tem relação direta entre CTS e IA. Esse artigo cujo título é “Gotcha Bot Detection: Context, Time and Place Matters”, publicado na SciELO *Preprints* em 2023, cujos autores são vinculados à UFRJ, discute o papel dos métodos computacionais para identificar *bots* em plataformas de mídia social. Esse artigo demonstra a importância da participação de cientistas sociais na validação de ferramentas computacionais a serem aplicadas em pesquisas de ciências sociais.

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

A BDTD possuía até a data corte dessa pesquisa 841.631 teses e dissertações cadastradas em sua base. Na busca realizada sobre os documentos indexados que cadastraram o termo "ciência, tecnologia e sociedade" recuperou-se 796 documentos, desse número podemos dizer que de alguma maneira esses documentos estão relacionados com o campo CTS, uma vez que esse termo foi objeto de busca em qualquer campo.

Da mesma maneira, foi realizada uma busca em todos os campos, por todo o período de existência desse repositório com o termo “inteligência artificial”, que recuperou 3.346 documentos, desse dado podemos perceber que é uma área que tem despertado interesse dos pesquisadores brasileiros da pós-graduação.

Como nosso objetivo é verificar se a IA tem ocupado espaço nas pesquisas do campo CTS, foi realizada uma pesquisa com a união desses dois termos para verificar a interseção entre eles. Recuperou-se 3 documentos. Esse dado mostra que apesar do campo CTS possuir uma pesquisa relevante no país e a IA também ser tema de investigação, o campo CTS, nas publicações dessa base, não parece se dedicar a investigar a IA.

Ao analisar individualmente esses documentos, constatou-se que dois são do ano de 2020 e um do ano de 2022, porém um dos documentos de 2020 se repete nos resultados, portanto, o resultado real para a combinação dos termos "ciência, tecnologia e sociedade" AND “inteligência artificial” na busca avançada da BDTD é a recuperação de 2 documentos, dos anos 2020 e 2020; esses dois documentos se referem a dissertações de mestrados e ambos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), do Programa de Pós-

Graduação em Tecnologia e Sociedade. Ao analisar detalhadamente essas duas dissertações podemos afirmar que são trabalhos do campo CTS e que estão debatendo a IA.

Como esse número é pequeno, pelo menos três explicações podem ser especuladas:

- a) a palavra-chave “inteligência artificial” não é utilizada pelos estudantes da pós-graduação em CTS que investigam as tecnologias que estão no guarda-chuva da IA;
- b) a ferramenta de busca da base é falha e não faz corretamente as interseções necessárias;
- c) a investigação sobre a inteligência artificial na pós-graduação que envolve o campo CTS é iniciante.

Nessa pesquisa, vários testes com palavras-chave foram feitos para alcançar o maior número de documentos possível, dessa forma, acredita-se que existe sim uma lacuna na pesquisa sobre IA dentro do campo CTS, bem como uma fragilidade no sistema de acesso aos dados da BDTD que limita uma busca mais robusta.

Apesar das limitações encontradas para realizar uma pesquisa mais detalhada a respeito das teses e dissertações defendidas no Brasil e disponibilizadas nessa biblioteca, é possível perceber que o tema Inteligência Artificial vem ocupando espaço de pesquisas em várias áreas do conhecimento, haja vista os 3.346 documentos recuperados com o termo “inteligência artificial”, bem como o campo CTS é um campo atuante considerando os 796 documentos recuperados com o termo "ciência, tecnologia e sociedade". Resta incerto, porém, afirmar que a IA é tema de grande interesse de estudos pelo CTS no Brasil.

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES

A partir do protocolo estabelecido para a pesquisa na base do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e mesmo com as limitações encontradas nessa base, após o tratamento manual dos documentos recuperados, podemos apresentar os seguintes resultados.

Com o uso do termo "ciência, tecnologia e sociedade" 1.140 foram recuperados, e com o termo “inteligência artificial” 6.865 documentos. Ao fazer a combinação entre esses dois termos (“ciência, tecnologia e sociedade” AND "inteligência artificial") recuperamos 4 documentos, duas dissertações e duas teses, publicadas em 2007 – 2011 – 2020 – 2022, distribuídas nas Áreas do Conhecimento “Ciências Humanas” e “Multidisciplinar”. Esses documentos foram frutos de pesquisas desenvolvidas nos seguintes programas de pós-

graduação: Educação; História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia; Informática na Educação e Tecnologia e Sociedade; das seguintes instituições UFERJ, UFRJ, UFRGS, UTFPR respectivamente.

O resultado da pesquisa nessa base recuperou um maior número de documentos do campo CTS em relação a BDTD, 1.140 contra 796, bem como sobre IA 6.865 contra 3.346 documentos. A interseção das palavras-chave trouxe um documento a mais que a BDTD e após a leitura desses documentos constou-se que uma dissertação recuperada foi também recuperada pela BDTD, logo, dessa base temos na realidade 3 documentos acrescentados ao resultado da BDTD.

Essa pesquisa se comportou de maneira similar à busca da BDTD o que levanta os mesmos questionamentos sobre o uso de palavras-chave, o acesso aos dados e o interesse do campo CTS em discutir as tecnologias decorrentes da IA.

Catálogo do Oasisbr

Para alcançar mais bases de publicações brasileiras foi realizada também uma pesquisa na base do Oasisbr conforme protocolo estabelecido.

Os resultados para o termo “ciência, tecnologia e sociedade” foram 1.755 documentos e para o termo “inteligência artificial” recuperou-se 8.184 documentos. Já a busca com a interseção desses termos ("ciência, tecnologia e sociedade" AND "inteligência artificial") recuperou-se 5 documentos, da mesma forma que nas bases da BDTD e Capes não foram utilizados nenhum tipo de filtro para alcançar um maior número possível de documentos.

Esses 5 documentos foram analisados individualmente por meio da leitura dos resumos e dessa análise percebeu-se que um documento foi recuperado duas vezes, logo o número real de documentos que estão cadastrados nessa base com essas duas expressões de busca são 4. Desses documentos foi possível extrair as informações do Quadro A-3.

Quadro A - 3 - Dados recuperados na pesquisa realizada na base Oasisbr.

Tipo de Documento	Ano de Publicação	Instituição	Periódico
Artigo	1995	UFSCar	Information & Communications Technology Law
Artigo	2020	UFSCar	Revista de Direito
Dissertação	2020	UTFPR	
Dissertação	2022	UTFPR	

Fonte: desenvolvimento próprio.

Interessante observar que essa base recuperou dois artigos e duas dissertações de mestrado, nas bases anteriores só foram recuperadas teses e dissertações. Dessa forma, podemos dizer que essa base é mais abrangente em termos de tipos de documentos recuperados. Da leitura dos resumos desses documentos podemos afirmar que estes são documentos que discutem os desdobramentos das tecnologias da IA sob a perspectiva do campo CTS, pois são frutos do trabalho de pesquisadores do campo CTS. E as duas dissertações encontradas também foram recuperadas pelas bases da BDTD e Capes.

Dessa forma, temos como resultado da pesquisa nas três bases - BDTD, Catálogo de Teses e Dissertações da Capes e Oasisbr -, a recuperação de 7 documentos apresentados no Quadro A-4. Essa pesquisa, padronizada por meio de um protocolo específico, mostrou uma coerência entre os resultados uma vez que em todas as bases o resultado foi similar tanto para as expressões individuais como pelo uso em conjunto, apesar de recuperarem documentos diferentes. Esse comportamento da busca reforça nossa crença que existe uma lacuna na pesquisa do campo CTS sobre IA no que se refere a produção de teses e dissertações, mesmo com as limitações encontradas nessas bases. Percebe-se a importância dessas bases para a divulgação principalmente de teses e dissertações que permite as pesquisas nacionais se tornarem visíveis e de fácil acesso ao público em geral. Dessa forma, sugere-se que os órgãos responsáveis por elas – Capes e IBICT – façam investimentos para a manutenção de todas ou pelo menos uma das bases, bem como invistam em melhores ferramentas para extração e geração direta de alguns de indicadores básicos, isso facilitará as pesquisas bibliográficas e a geração de outros indicadores, o que por sua vez poderá contribuir com a tomada de decisão em políticas públicas para investimento em pesquisa.

Quadro A - 4 - Dados dos documentos resultado na pesquisa realizada nas 3 bases.

Ano de Publicação	Tipo de Documento	Instituição	Título do Documento
1995	Artigo	UFSCar	<i>Designing intersections-designing subjectivity: feminist theory and praxis in a sex discrimination legislation system.</i>
2007	Tese	UFRJ	Problemas de consciência e vontade na decisão judicial segundo as ciências cognitivas.
2011	Tese	UFRGS	Agências do Artificial e do Humano: uma análise de noções do humano na Inteligência Artificial a partir de perspectivas sociais e culturais.
2020	Artigo	UFSCar	<i>Relations Between Law And Technology In The 21st Century.</i>
2020	Dissertação	UTFPR	A nova agenda da grande indústria: uma análise da indústria 4.0 com base em documentos e materiais de divulgação do projeto alemão Plattform Industrie 4.0.
2022	Dissertação	UFERJ	Tecnologias Inteligentes em sala de aula: uma análise do discurso da Google For Education.
2022	Dissertação	UTFPR	A reprodução do preconceito de gênero no discurso das assistentes virtuais.

Fonte: desenvolvimento próprio.

Pesquisa em Periódicos de CTS

No levantamento realizado em 29 periódicos que divulgam a pesquisa do campo CTS no Brasil e na América Latina, recuperou-se artigos que utilizaram o termo “inteligência artificial” em 8 periódicos, ao utilizar como termo de busca “inteligência artificial” AND “ciência, tecnologia e sociedade”, só foram recuperados 9 artigos em 3 periódicos (Revista Tecnologia e Sociedade; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia e Experiências em Ensino de Ciências). A leitura dos resumos e das palavras-chave foi o método adotado para identificar se os artigos recuperados nesses periódicos estão relacionados com a temática IA analisada sob a perspectiva do campo CTS e foram escritos por pesquisadores brasileiros ou vinculados a instituições brasileiras de ensino. Esses periódicos não são periódicos exclusivos do campo CTS, assim, após a leitura dos resumos percebeu-se que nem todos possuem relação direta com o CTS. Na Tabela A-4, apresenta-se o número de periódicos consultados e a quantidade de artigos recuperados com o termo de busca, bem como o número final de periódicos que publicaram artigos corresponde ao interesse desta tese, quais sejam artigos do campo CTS que discorram sobre a IA.

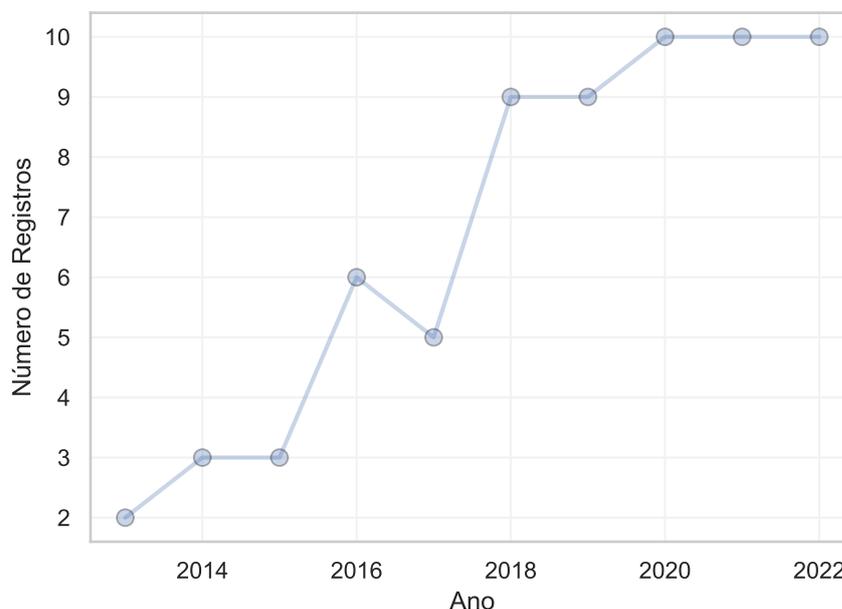
Tabela A - 4 – Número de artigos recuperados e número de artigos que possuem relação com o campo CTS que abordam IA, em periódicos CTS do Brasil e América Latina (2013-2022).

Periódicos	Nº de Artigos Recuperados	Nº de Artigos com relação com o CTS
Acta Scientiae	10	7
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	0	0
Avaliação	0	0
Bolema	2	1
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	3	0
Ciência & Educação	0	0
Ciência & Ensino	0	0
Ciência em Tela	0	0
Ciências & Cognição	3	3
Educar	1	1
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	0	0
Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	0	0
Ensino, Saúde e Ambiente	0	0
Experiências em Ensino de Ciências	2	2
Investigações em Ensino de Ciências	0	0
Pesquisa em Educação Ambiental	1	1
Química Nova	0	0
Química Nova na Escola	0	0
Revista Biodiversidade	0	0
Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade	0	0
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	14	14
Revista Brasileira de Ensino de Física	0	0
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	0	0
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	0	0
Revista de Ensino de Engenharia	3	0
Revista Educação Matemática Pesquisa	1	0
Revista Tecnologia e Sociedade	22	22
Revista <i>Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad</i>	4	0
REDES – Revista de <i>Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología</i>	1	0

Fonte: desenvolvimento próprio.

A primeira observação feita é sobre a data de publicação desses artigos, a pesquisa foi realizada para o período de 2013 a 2022, percebe-se que a maior parte desses trabalhos (71,6%) foi publicada entre 2018 e 2022, conforme Gráfico A-1, o que pode indicar um aumento no interesse do campo CTS a respeito das tecnologias da IA, suas aplicações e desdobramentos.

Gráfico A - 1 - Número de artigos publicados por ano, em todos os periódicos relacionados ao campo CTS, no Brasil e América Latina, pesquisados individualmente (2013 - 2022), que abordam a IA.



Fonte: desenvolvimento próprio.

Durante a leitura flutuante desses artigos, observou-se que apesar da pesquisa realizada recuperar um total de 67 artigos, encontrou-se lastro entre IA e CTS nos documentos escritos por pesquisadores nacionais em 50 destes. Os demais são relacionados à área da IA ou a aplicação dessa tecnologia por outra área do conhecimento que não o CTS, ou são de pesquisadores de outros países sem a participação de pelo menos um autor brasileiro. No entanto, para uma avaliação mais complexa, uma análise de conteúdo é o mais indicado, ficando como sugestão a trabalhos futuros.

Além dos periódicos acima pesquisados, uma busca foi realizada no Boletim ESOCITE.BR. Na plataforma de publicação desse boletim não existe uma ferramenta de busca direta para os seus artigos, esse é um limitador dessa base. Não foi empregado nenhum filtro por ano porque essa publicação começou em 2020 e até a data de corte desta pesquisa estavam publicadas 8 edições. A pesquisa foi realizada consultando cada publicação e localizando dentro do texto o termo “inteligência artificial”. Nessa pesquisa manual e individual recuperou-se 9 artigos, conforme Tabela A-5.

Tabela A - 5 - Número de Artigos Recuperados nos Boletins da ESOCITE.BR.

Volume	Nº de Artigos Recuperados
V.1 N.2 FEV/2020	1
V.1 N.3 ABR/2021	1
V.1 N.4 JUL/2021	0
V.1 N.5 OUT/2021	0
V.2 N.1 FEV/2022	2
V.2 N.2 SET/2022	3
V.2 N.3 ABR/2023	2
V.2 N.4 JUN/2023	0

Fonte: desenvolvimento próprio.

Para a análise desses artigos recuperados, foi realizada a leitura desses documentos pois, estes não possuem palavras-chave nem resumo. Dessa leitura, observou-se que os temas mais debatidos no que se refere a IA foram: automação e trabalho; política, eleições e *fake news*; mudanças climáticas; democracia.

Da análise desses documentos, pode-se inferir que o termo inteligência artificial foi usado, porém, não foi aprofundado ou não faz parte do cerne das discussões apresentadas, o que por sua vez leva a ponderar que ainda é pequeno o espaço concedido ou a atenção dedicada para as questões que envolvem a IA, o que reforça a percepção da existência de um hiato no debate da IA a partir da perspectiva do campo CTS, principalmente no Brasil.

Espera-se que essa pesquisa seja continuada, aprofundada e melhorada em futuros trabalhos.

Busca no Diretório dos Grupos de Pesquisa

A pesquisa realizada no Currículo Lattes e no Diretório dos Grupos de Pesquisa ocorreu antes da qualificação desta tese e os resultados são apresentados a seguir. Nos diretórios de Grupos de Pesquisa, a busca realizada a partir da estratégia adotada no protocolo estabelecido, recuperou os quantitativos de grupos de pesquisa, de acordo com a área de conhecimento, conforme Tabela A-6.

Tabela A - 6 - Quantidade de grupos, por área do conhecimento, recuperados na base do Diretório dos Grupos de Pesquisa.

Área do conhecimento	Número de grupos que usam o termo Inteligência Artificial
Ciências Agrárias	36
Ciências Biológicas	18
Ciências da Saúde	46
Ciências Exatas e da Terra	337
Ciências Humanas	36
Ciências Sociais Aplicadas	135
Engenharias	205
Linguística, Letras e Artes	16
Outra	9
Total	838

Fonte: desenvolvimento próprio.

Do total de 838 grupos recuperados na busca que usam o termo “inteligência artificial”, 187 grupos fazem parte da área de humanidades, representando 22% do total de grupos. Esses são os grupos que podem ter alguma pesquisa relacionada com a IA e o campo CTS. Os 9 grupos da área “Outra” foram consultados individualmente e apenas para 1 pode ter alguma relação com a área de humanidades.

A base de busca do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq não permite fazer filtros por campos como o CTS, apenas por grandes áreas de pesquisa já padronizados, não havendo nem mesmo a opção de filtrar por área multi ou interdisciplinar. Isso trouxe uma limitação para essa consulta, que tinha como propósito buscar os grupos de pesquisa do campo CTS, cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, que utilizam o termo “inteligência artificial”, a fim de identificá-los para em seguida descobrir se e sobre o que os estudos estariam ocorrendo dentro dos grupos. No entanto, foi possível identificar que a área de humanidades ainda representa uma parcela menor dos grupos cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq que estão estudando sobre a IA, o que reforça nossa percepção de uma lacuna nessa área do conhecimento quando o assunto é inteligência artificial. Entendendo as repercussões na sociedade vinculadas com o desenvolvimento da IA e observando o contínuo e crescente desenvolvimento de pesquisas sobre suas ferramentas, como apresentado no levantamento realizado sobre a pesquisa em IA, observa-se uma necessidade cada vez maior de ampliar o debate sobre a IA dentro do campo CTS e isso poderia ocorrer, por exemplo, com a criação de mais grupos de pesquisa nessa temática no Brasil.

Busca na base do Currículo Lattes

O resultado da pesquisa realizada no Currículo Lattes/CNPq finalizou com um total de 87 currículos de pesquisadoras e pesquisadores, doutores com bolsa de produtividade 1A que cadastraram as expressões “Inteligência Artificial” e, ou “Artificial Intelligence” em algum campo de seus currículos. É importante ressaltar que a Plataforma Lattes/CNPq não possibilita a exportação dos resultados das buscas diretamente do seu site, por isso foram aplicados os passos descritos anteriormente, no intuito de reduzir o número de currículos e ao mesmo tempo permitir a buscar pelas pesquisadoras e pesquisadores mais produtivos de acordo com os critérios do CNPq. Na sequência, foi criada uma planilha no *software* Excel a partir da consulta individual em cada um dos 87 currículos, retornados no último passo do procedimento metodológico. Foram elencadas as grandes áreas de pesquisa nas quais essas pesquisadoras e pesquisadores atuam, bem como as instituições onde estão vinculados, conforme a Tabela A-7.

Tabela A - 7 - Quantidade de pesquisadores 1A, por área do conhecimento, do Currículo Lattes/CNPq.

Grande Área - CNPq	Quantidade de pesquisadores
Ciências Agrárias	6
Ciências Biológicas	8
Ciências da Saúde	9
Ciências Exatas e da Terra	27
Ciências Humanas	7
Ciências Sociais Aplicadas	3
Engenharias	23
Linguística, Letras e Artes	4
Total	87

Fonte: desenvolvimento próprio.

A partir da Tabela A-7, observa-se uma predominância das áreas de Ciências Exatas e da Terra e as Engenharias (57%), como esperado, pois, fazem parte da área de pesquisa em IA e possuem muitas pesquisas e pesquisadores envolvidos. Ademais, 16,1% dos currículos encontrados são das áreas de Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes e Ciências Sociais Aplicadas.

Na Tabela A-8 estão os resultados encontrados para as instituições. Com relação às instituições, os 87 pesquisadoras e pesquisadores estão distribuídos em 29 instituições,

percebe-se a predominância das universidades públicas (51,7%), a maioria dessas instituições públicas se encontra na região sudeste (58,6%) e destaca-se a UFRJ, a USP e a UNICAMP que juntas abrigam 72% dessas pesquisadoras e pesquisadores de universidades públicas. Vale ressaltar que a região sudeste possui 64 pesquisadoras e pesquisadores, ou seja 74% do total nacional, mostrando um certo desequilíbrio regional.

Tabela A - 8 - Quantidade de pesquisadores 1A, por instituição, na base do Currículo Lattes/CNPq.

Instituição	Quantidade	Instituição	Quantidade
UFRJ	14	ITA	1
USP	13	PUC-PR	1
UNICAMP	11	PUC-RS	1
UFRGS	6	UAM	1
UFV	6	UERJ	1
UFMG	5	UFLA	1
UNESP	5	UFMT	1
PUC-RJ	2	UFPEL	1
PUC-SP	2	UFPR	1
UFF	2	UFSCar	1
UFPE	2	UFSP	1
UNISINOS	2	UFU	1
IMPA	1	UnB	1
INPA	1	USF	1
INPE	1		
Total de Pesquisadores: 87			

Fonte: desenvolvimento próprio.

O intuito dessa busca foi identificar a participação das pesquisadoras e pesquisadores do campo CTS, bem como as suas instituições para descobrir se a IA é tema de estudo dentro desse grupo e em qual instituição está se debatendo mais a respeito. Identificou-se que sim, a IA faz parte da pesquisa de uma parcela importante dos pesquisadores 1A do CNPq que atuam na área de humanidades, porém em uma parcela menor se comparados com as demais áreas, mostrando que há espaço para crescimento.

Espera-se que esse estudo possa ser continuado em trabalhos futuros.

APÊNDICE B

Para selecionar os periódicos do campo CTS, a serem consultados na WoS, foram utilizados os elencados por Kaltenbrunner *et. al.* (2022) e foi realizada uma exaustiva consulta em sites de universidades nacionais e internacionais, que possuem programas de CTS e disponibilizam listas de periódicos desse campo. Após a seleção dos periódicos foi realizada uma consulta na WoS para verificar quais estavam indexados nessa base. Ao final a pesquisa foi realizada na WoS incluindo 30 periódicos que possuem relação com o campo CTS. A seguir são apresentados os resultados dessa seleção nos Quadros B-1 e B-2.

Quadro B - 1 - Lista de periódicos CTS elencados no trabalho de Kaltenbrunner *et. al.* (2022).

1	<i>Catalyst: Feminism, Theory, Technoscience</i>
2	<i>Computer Supported Cooperative Work</i>
3	<i>Configurations: A Journal of Literature, Science, and Technology</i>
4	<i>East Asian Science, Technology and Society: An International Journal</i>
5	<i>Engaging Science, Technology, and Society</i>
6	<i>Journal of Responsible Innovation</i>
7	<i>Minerva: A Review of Science, Learning and Policy</i>
8	<i>New Genetics and Society: Critical Studies of Contemporary Biosciences</i>
9	<i>Prometheus: Critical Studies In Innovation</i>
10	<i>Public Understanding of Science</i>
11	<i>Research Policy: Policy, management and economic studies of science, technology and innovation</i>
12	<i>Science & Technology Studies</i>
13	<i>Science and Engineering Ethics</i>
14	<i>Science and Public Policy</i>
15	<i>Science as Culture</i>
16	<i>Science Communication</i>
17	<i>Science in Context</i>
18	<i>Science, Technology, & Human Values</i>
19	<i>Social Epistemology: A Journal of Knowledge, Culture and Policy</i>
20	<i>Social Studies of Science</i>
21	<i>Tapuya: Latin American Science, Technology and Society</i>
22	<i>Technology Analysis and Strategic Management</i>
23	<i>TECNOSCIENZA: Italian Journal of Science & Technology Studies</i>
24	<i>The Journal of Cultural Economy</i>
25	<i>Valuation Studies</i>

Fonte: desenvolvimento próprio a partir do trabalho de Kaltenbrunner *et. al.* (2022).

Quadro B - 2 - Relação de periódicos CTS, sendo que na última coluna é apresentada a lista de periódicos selecionadas nesta tese a partir dos periódicos definidos por Kaltenbrunner *et. al.* (2022), apresentados na coluna (B-1), e de outras seleções apresentadas em sites de universidades.

	Periódicos	B-1	UBC	UM	STA	NYU	UVA	CALP	UMICH	STE	UCL	TESE
1	AI & Society											Λ
2	Ambix										x	
3	American Journal of Bioethics							x				
4	Annals of Science		x								x	
5	Apeiron										x	
6	Archaeometry										x	
7	Archive for History of Exact Sciences										x	
8	Archives of Natural History										x	
9	Berichte zur Wissenschaftsgeschichte										x	
10	Big Data & Society						x			x		Λ
11	Biology & Philosophy										x	
12	Biosocieties										x	
13	BJHS Themes										x	
14	Body & Society							x				
15	British Journal for the History of Science		x								x	
16	British Journal for the Philosophy of Science		x								x	
17	Bulletin of Science, Technology & Society		x	x			x	x	x			Λ
18	Bulletin of the History of Medicine		x			x					x	
19	Bulletin of the Metals Museum										x	
20	Catalyst	x	x					x				*
21	Centaurus		x								x	
22	Chinese Journal for the History of Science and Technology										x	
23	Chinese Science										x	
24	Clio Medica: Perspectives in Medical Humanities										x	
25	Computer Supported Cooperative Work	x										o
26	Configurations	x	x					x				o
27	Dynamis										x	
28	East Asian Science, Technology and Medicine						x					
29	East Asian Science, Technology and Society	x					x		x		x	o
30	Endeavour		x								x	
31	Engaging Science, Technology and Society	x					x		x	x	x	o
32	Episteme		x									

65	Journal of Engineering Studies						x					
66	Journal of Health and Social Behavior							x				
67	Journal of History of the Behavioral Sciences										x	
68	Journal of Industrial History										x	
69	Journal of Medical Humanities		x					x				
70	Journal of Responsible Innovation	x		x			x			x		o
71	Journal of Risk Research			x								
72	Journal of Sonic Studies			x								
73	Journal of the History of Astronomy										x	
74	Journal of the History of Biology		x							x	x	
75	Journal of the History of Ideas										x	
76	Journal of the History of Medicine and Allied Sciences										x	
77	Journal of the History of Philosophy										x	
78	Llull: Revista de la Sociedad Española de las Ciencias y de las Técnicas										x	
79	Lychnos										x	
80	Medical History										x	
81	Metascience										x	
82	Minerva	x	x	x	x		x			x	x	o
83	Nanoethics						x			x		
84	New Genetics and Society	x		x								o
85	Notes and Records of the Royal Society										x	
86	NTM										x	
87	Nuncius										x	
88	Osiris		x	x							x	
89	Perspectives in Biology and Medicine										x	
90	Perspectives on Science		x			x					x	
91	Philosophy of Science		x				x			x	x	
92	Physics in Perspective										x	
93	Prometheus	x										o
94	Public Understanding of Science	x	x	x			x	x			x	o
95	Research Policy	x	x	x	x			x			x	o
96	Revue d'histoire des sciences										x	
97	Risk Analysis : An international journal			x								
98	Rutherford Journal										x	
99	Science						x			x		

NYU - Universidade de Nova Iorque

UVA - University of Virginia

CalP - California Polytechnic State University

UMICH - Michigan University

STE - Stevens Institute of Technology

UCL - University College London

TESE – Sugestões desta pesquisa

o - Periódico selecionado a partir do trabalho de Kaltenbrunner *et. al.* (2022).

^ - Periódico adicionado à lista de periódicos CTS proposta e utilizada nesta tese.

* - Periódico não indexado na WoS mas que foram elencados por Kaltenbrunner *et. al.* (2022).

APÊNDICE C

Tabela C - 1 As 100 palavras-chave de maior incidência utilizadas por pesquisadores do campo CTS recuperadas de artigos indexados na WoS (2013-2022).

396	<i>artificial intelligence</i>	10	<i>risk</i>	6	<i>education</i>
115	<i>machine learning</i>	10	<i>self-driving cars</i>	6	<i>existential risk</i>
71	<i>ethics</i>	10	<i>accountability</i>	6	<i>expectations</i>
37	<i>algorithm</i>	10	<i>healthcare</i>	6	<i>gender</i>
32	<i>big data</i>	10	<i>robotics</i>	6	<i>moral agency</i>
31	<i>ai ethics</i>	9	<i>ai policy</i>	6	<i>morality</i>
27	<i>transparency</i>	9	<i>explainable AI</i>	6	<i>network analysis</i>
22	<i>privacy</i>	9	<i>industry 4.0</i>	6	<i>philosophy of technology</i>
22	<i>social media</i>	9	<i>agency</i>	6	<i>public opinion</i>
19	<i>data mining</i>	9	<i>datafication</i>	6	<i>turing test</i>
18	<i>technology</i>	9	<i>policy</i>	5	<i>chatbot</i>
	<i>natural language</i>	9	<i>sustainability</i>	5	<i>sociotechnical systems</i>
17	<i>processing</i>	9	<i>trust</i>	5	<i>artificial moral agent</i>
17	<i>governance</i>	8	<i>ai governance</i>	5	<i>bibliometrics</i>
17	<i>innovation</i>	8	<i>classification</i>	5	<i>climate change</i>
16	<i>robots</i>	8	<i>fuzzy</i>	5	<i>collaboration</i>
16	<i>machine ethics</i>		<i>human-computer</i>	5	<i>data ethics</i>
	<i>science and technology</i>	8	<i>interaction</i>	5	<i>data science</i>
16	<i>studies</i>	8	<i>content analysis</i>	5	<i>emerging technology</i>
14	<i>bias</i>	7	<i>public policy</i>	5	<i>latent semantic analysis</i>
14	<i>responsibility</i>	7	<i>consciousness</i>	5	<i>marketing</i>
14	<i>sentiment analysis</i>	7	<i>data</i>	5	<i>meaning</i>
14	<i>surveillance</i>	7	<i>framing</i>	5	<i>moral status</i>
13	<i>covid-19</i>	7	<i>human-robot interaction</i>	5	<i>rights</i>
13	<i>automation</i>	7	<i>misinformation</i>	5	<i>science communication</i>
13	<i>explainability</i>	7	<i>predictive policing</i>	5	<i>social sustainability</i>
13	<i>fairness</i>	7	<i>regulation</i>	5	<i>society</i>
12	<i>deep learning</i>	7	<i>robot ethics</i>	5	<i>superintelligence</i>
12	<i>neural network</i>	7	<i>security</i>	5	<i>technology adoption</i>
12	<i>democracy</i>	6	<i>computer vision</i>	5	<i>text mining</i>
12	<i>twitter</i>	6	<i>decision-making</i>	5	<i>trustworthy ai</i>
11	<i>autonomy</i>	6	<i>automated decision-making</i>	5	<i>uncertainty</i>
11	<i>china</i>	6	<i>digital ethics</i>	5	<i>urban ai</i>
10	<i>autonomous vehicles</i>	6	<i>discrimination</i>		
10	<i>recommender systems</i>	6	<i>diversity</i>		

Fonte: desenvolvimento próprio.