

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

ALEXANDRE PERES ARIAS

**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***

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2020**

ALEXANDRE PERES ARIAS

**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***

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Tecnologia”. Área de Concentração: Tecnologia e Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Augusto Pinto

**CURITIBA
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Arias, Alexandre Peres

A nova agenda da grande indústria [recurso eletrônico]: uma análise da indústria 4.0 com base em documentos e materiais de divulgação do projeto alemão *Plattform Industrie 4.0* / Alexandre Peres Arias. -- 2020.

1 arquivo eletrônico (163 f.): PDF; 1,96 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade. Área de Concentração: Tecnologia e Trabalho, Curitiba, 2020.

Bibliografia: f. 154-163.

1. Tecnologia - Dissertações. 2. Industrie 4.0 - Projetos - Avaliação. 3. Indústrias - Automação. 4. Indústrias - Aspectos econômicos - História. 5. Inteligência artificial. 6. Tecnologia - Aspectos sociais. 7. Inovações tecnológicas - Indústria. 8. Tecnologia e trabalho. I. Pinto, Geraldo Augusto, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 600

Biblioteca Central do Câmpus Curitiba - UTFPR
Bibliotecária: Luiza Aquemi Matsumoto CRB-9/794



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO

A Dissertação de Mestrado intitulada “**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***”, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Alexandre Peres Arias**, no dia **15 de maio de 2020**, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Sociedade, Área de concentração **Tecnologia e Sociedade**, Linha de pesquisa **Tecnologia e Trabalho**, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Geraldo Augusto Pinto - Presidente- UTFPR

Prof. Dr. Rafael do Nascimento Grohmann – UNISINOS

Profa. Dra. Cláudia Nociolini Rebechi – UTFPR

Prof. Dr. Luiz Ernesto Merkle – UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 15 de maio de 2020.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

RESUMO

Esta dissertação analisa o projeto de Indústria 4.0 por meio de relatórios, documentos e material de divulgação do programa alemão *Plattform Industrie 4.0*. Tem-se por objetivo compreender de que modo as ideias ao redor da Indústria 4.0 são construídas, moldadas e projetadas em direção a um futuro redentor e determinado pelos avanços tecnológicos na produção. Para tanto, foram consultados relatórios e documentos da plataforma de Indústria 4.0 na Alemanha, a *Plattform Industrie 4.0*, buscando assim compreender: os antecedentes históricos e econômicos da Indústria 4.0, os principais atores envolvidos, a dinâmica da relação entre governo e empresas e algumas das estratégias comerciais para ampliar o mercado a produtos da Indústria 4.0. Para analisar tais aspectos da Indústria 4.0, traça-se um paralelo com a construção do campo da Inteligência Artificial e procura-se evidenciar similitudes entre ambas, sobretudo na associação que tais campos fazem entre progresso tecnológico e progresso humano. Além disso, observa-se que há estratégias de convencimento e dissuasão que operam na projeção de futuros distantes e condicionados pela tecnologia com o objetivo de mobilizar recursos e apoios para seus projetos. Identifica-se tais estratégias na formação da Inteligência Artificial e em elementos da Indústria 4.0. Nesse sentido, utiliza-se da literatura do campo de Ciência, Tecnologia e Sociedade para investigar como o determinismo tecnológico se manifesta e, ademais, como escamoteia aspectos das relações sociais de produção nos artefatos tecnológicos. Aborda-se também como o termo Indústria 4.0 está associado à proposta de uma Quarta Revolução Industrial que se propõe universal, automatizada e disruptiva e procuramos identificar assim alguns de seus elementos associados à construção de uma agenda neoliberal. Por fim, tece-se reflexões a respeito das perspectivas para o trabalho dadas as projeções e as realidades da Indústria 4.0 tais como as possibilidades de destruição de emprego pela automação e as novas configurações do trabalho digital.

Palavras-Chave: Indústria 4.0. Determinismo tecnológico. Inteligência Artificial. Trabalho.

ABSTRACT

This dissertation analyses the Industry 4.0 project through reports, documents and advertising material from the German program *Plattform Industrie 4.0*. The objective is to understand how the ideas around Industry 4.0 are built, molded and projected towards a redemptive future and determined by technological advances in production. To this end, reports and documents from the Industry 4.0 platform in Germany, *Plattform Industrie 4.0*, were consulted, seeking to understand: the historical and economic background of Industry 4.0, the main actors involved, the dynamics of the relationship between government and companies and some of the commercial strategies to expand the market to Industry 4.0 products. In order to analyze such aspects of Industry 4.0, a parallel is drawn with the development of the field of Artificial Intelligence and seeks to show similarities between both, especially in the association that such discourses make between technological progress and human progress. In addition, it is observed that there are deterrence strategies that project distant futures and conditioned by technology in order to mobilize resources and support for their projects. Such strategies are identified in the formation of Artificial Intelligence and elements of Industry 4.0. In this sense, it uses the literature in the field of Science, Technology and Society to investigate how technological determinism manifests itself and, moreover, how it conceals aspects of the social relations of production in technological artifacts. It also addresses how the term Industry 4.0 is associated with the proposal for a Fourth Industrial Revolution that proposes to be universal, automated and disruptive and seeks to identify some of its elements associated with the construction of a neoliberal agenda. Finally, reflections on the prospects for work are given given the projections and realities of Industry 4.0 such as the possibilities of job destruction through automation and the new configurations of digital work.

Key-Words: Industry 4.0. Technological determinism. Artificial intelligence. Labour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Critérios para produtos da I 4.0	89
Figura 2: Critérios para produtos da I 4.0 (continuação)	89
Figura 3: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0	90
Figura 4: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0 (continuação)	91
Figura 5: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0 (continuação)	92
Figura 6: entidades definidoras de normas e padrões da IoT	98
Figura 7: Modelo tridimensional do RAMI4.0	99
Figura 8: O modelo anterior da indústria conforme a PI4.0	101
Figura 9: A nova hierarquia proposta para a I 4.0	101
Figura 10: Representação I 4.0 sobre as transições entre as revoluções industriais	111
Figura 11: Representação da transição das três revoluções industriais	112
Figura 12: Representação das transições entre as supostas quatro revoluções industriais.	112
Figura 13: Níveis de autonomia propostos pela I 4.0	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Correntes da filosofia da tecnologia contemporânea.

35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aprendizado de Máquina
CPS	<i>Cyber-Physical System</i>
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
FEM	Fórum Econômico Mundial
I 4.0	Indústria 4.0
IA	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i>
LNI4.0	<i>Labs Network Industrie 4.0</i>
NC	<i>Numerical Controlled Machines</i>
PI4.0	<i>Plattform Industrie 4.0</i>
PLR	Participação nos Lucros e Resultados
4ªRI	Quarta Revolução Industrial
RAMI4.0	<i>Reference Architecture Model Industrie 4.0</i>
SCI4.0	<i>Standarization Council Industrie 4.0</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.3 METODOLOGIA	12
1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	13
2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	15
2.1 BREVE HISTÓRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	15
2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, INDÚSTRIA 4.0 E OS MITOS TECNOLÓGICOS	19
2.3 TIPOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	29
2.4 ASPECTOS DO DETERMINISMO TECNOLÓGICO NAS IDEIAS DE AUTOMAÇÃO E DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	32
2.5 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO: CONSIDERAÇÕES INICIAIS	59
2.6 CONCLUSÃO	64
3 INDÚSTRIA 4.0	67
3.1 ANTECEDENTES	67
3.2 ORIGEM E DEFINIÇÕES	76
3.3 UMA DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	81
3.4 RESULTADOS, EXEMPLOS	88
3.5 PADRÕES DE ARQUITETURAS: ESTRATÉGIA COMERCIAL PARA A CONQUISTA DE MERCADOS	94
3.6 INDÚSTRIA 4.0 ®	102
3.7 O EXEMPLO DA RELAÇÃO COM A CHINA	104
3.8 POPULARIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 PELO FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL	107
3.9 CONCLUSÃO	117
4 TRABALHO, MAQUINARIA E INDÚSTRIA 4.0	119
4.1 O FIM DO TRABALHO	119
4.2 CONCLUSÃO	150
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	151
REFERÊNCIAS	154

1 INTRODUÇÃO

Descreveremos neste capítulo nosso objeto de pesquisa, os objetivos, a metodologia e a estrutura do trabalho.

1.1 TEMA

O cenário econômico pós-crise de 2007, aliado à reestruturação do capital em direção à maior instabilidade nas relações de trabalho e ainda junto à queda, em muitos países, da participação do setor industrial na composição do Produto Interno Bruto (PIB), são processo que estão na base de uma nova agenda do capital, conhecida por Indústria 4.0 (doravante I 4.0).

Como um projeto nascido oficialmente na Alemanha em 2011, sua concepção de unir, por um lado, os avanços tecnológicos na área de Inteligência Artificial (doravante IA), e, por outro, o aumento da capacidade de transmissão das redes e a grande quantidade de dados disponíveis digitalmente, a I 4.0 surge para resgatar o protagonismo da manufatura alemã na divisão internacional do trabalho e da tecnologia. Por ambicionar um ambiente produtivo totalmente automatizado, integrado e interoperável em escala mundial, sua agenda passou a ser difundida e copiada, por muitos outros países e setores econômicos, como um modelo de sucesso. Dessa forma, alguns representantes das elites econômicas criaram o termo Quarta Revolução Industrial (doravante 4ªRI) para expressar esse processo da difusão da I 4.0.

Essa propagação dos ideais de uma sociedade virtualizada e automatizada não representa, contudo, uma perspectiva pura e genuína de incorporar, ao núcleo da produção capitalista global, países que dela são periféricos. O que inicialmente se observa é que há interesses diversos imbuídos nesse arsenal propagandístico de uma sociedade tecnológica, os quais se expressam por meio de prescrições para que governos e empresas adotem os patamares projetados pela I 4.0 como metas a serem atingidas, mobilizando assim atores sociais que impulsionam ainda mais a I 4.0.

Nesse sentido, este trabalho se propõe a analisar de que forma os materiais de divulgação e propaganda da I 4.0 expressam e prescrevem os receituários de

progresso tecnológico baseado na sua implantação. Buscamos também identificar algumas estratégias que o projeto alemão para o desenvolvimento da I 4.0, o Plattform Industrie 4.0 (daqui em diante PI4.0), se utiliza para atingir esse objetivo. Ademais, analisamos como se dá a transformação no trabalho pela automação industrial tal como proposto pela I 4.0.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho objetiva analisar a I 4.0 com base em seus materiais de divulgação. Busca-se, ademais, identificar de que modo operam as prescrições que conformam um projeto de sociedade tecnológica disruptiva e que esconde interesses econômicos e políticos.

Além disso, tem-se como objetivos correlatos analisar a constituição e consolidação do campo da IA e identificar quais elementos se repetem nas projeções da I 4.0. Procura-se, também, estudar os nexos entre automação da produção no sistema capitalista e intensificação da precarização do trabalho. Deste último objetivo, também implica como propósito desta dissertação as investigações a respeito das formas de automação digitalizada e conduzida pela IA e suas possíveis diferenças com a chamada automação pela mecanização.

1.3 METODOLOGIA

O poder de persuasão do projeto “indústria 4.0” (e, por conseguinte, de outros termos que vêm sendo aditivados pela designação “4.0” – saúde 4.0, educação 4.0, arte 4.0, sindicato 4.0) tem como componente central sua poderosa narrativa impulsionada por agendas e propagandas. Uma análise da I 4.0, portanto, necessita de uma descrição de suas ideias, isto é, de que modo é propagandeada e divulgada. E, dadas as imbricações entre a I 4.0 e a IA, faremos um breve levantamento de literatura sobre a construção e consolidação do campo da IA no imaginário social, indicando as semelhanças entre a IA e a I 4.0, especificamente sobre como são propaladas suas projeções e promessas.

Além de explicar como se constroem os elementos e as prescrições da I 4.0, faz-se necessário estudar quais são estas prescrições, e para isso utilizaremos os

documentos do próprio programa de I 4.0 alemão, o PI4.0, com vistas a compreender sua construção, propósitos e realizações.

Desse modo, realizamos uma compilação de documentos disponíveis nessa plataforma (PI4.0), da qual foram selecionados materiais pertinentes à pesquisa. O material selecionado dessa plataforma foi construído e disponibilizado no período compreendido entre 2016 e 2020. Há, contudo, materiais que foram utilizados referentes à I 4.0 na Alemanha desde 2011, o que corresponde à análise de seus antecedentes e propostas iniciais.

Pela dificuldade em analisar um objeto de pesquisa que se encontra em estágio inicial e em constante transformação, nossa análise documental não segue necessariamente uma linearidade cronológica e não intenta esgotar todo o assunto em termos conceituais, mas procura, a partir do material analisado, extrair elementos que possibilitem uma compreensão crítica pela qual são evidenciados aspectos que estão para além (ou, talvez, por trás) das intenções imediatamente declaradas. Isto é, não se trata de uma análise de discurso, mas de uma análise crítica que toma como base o material selecionado para então identificar os elementos que caracterizam a I 4.0, de que modo o fazem e com quais intenções.

Por fim, a partir de autores vinculados a campos críticos da análise das relações de produção vigentes, dos escritos marxianos e de trabalhos que investigam a IA na produção e as características das novas configurações de trabalho, como o trabalho digital, realizamos uma exposição conceitual e diálogo entre tais concepções como o objetivo de verificar as transformações que a IA ocasiona na organização do trabalho e quais as prospecções para a I 4.0 nesse sentido, pelo ponto de vista do campo de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e do materialismo histórico.

1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho está dividido em capítulos, seções e subseções.

No capítulo II identificamos alguns elementos presentes na formação da IA enquanto área do conhecimento e como aplicação na esfera produtiva, pois parte considerável das tecnologias propostas pela I 4.0 estão baseadas em técnicas de IA,

além das semelhanças nas estratégias de persuasão entre ambas que definimos no capítulo 3.

O capítulo III aborda a I 4.0 propriamente dita, iniciando pelos antecedentes das alterações na esfera produtiva que ocorrem desde o ocaso do modelo taylorista/fordista, a crise do capitalismo no final da década de 2000, os movimentos de reorganização do trabalho desde o fim do século XX e como a Alemanha, principal economia manufatureira europeia, projeta seu programa de digitalização da produção, ao qual dá o nome de *Industrie 4.0*, no original, em alemão. Analisamos a iniciativa do governo e de consórcios de empresas desse país em implementar esse plano, por meio de documentos e relatórios do programa PI4.0, a principal plataforma para o desenvolvimento da I 4.0 no país. Por fim, analisamos um estudo de caso que demonstra a dimensão que a I 4.0 assume no imaginário global e que o Fórum Econômico Mundial e seu fundador denominam de 4ªRI.

O capítulo IV consiste em analisar alguns elementos da I 4.0 em relação ao trabalho. Para isso lançamos mão de categorias e conceitos de matiz marxista como a subsunção do trabalho pelo capital, as formas de exploração de mais-valor, o sentido ontológico do trabalho (como proposto por György Lukács) e uma análise de fenômenos recentes advindos da transformação das relações de produção e de trabalho junto à inserção de novas tecnologias como mediadoras dessas formas de exploração (trabalho digital, microtrabalho, uberização e outros termos são analisados de modo introdutório).

O capítulo V é dedicado a reflexões, considerações finais e perspectivas para trabalhos futuros.

2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Neste capítulo descrevemos de forma breve as origens do campo da IA, sua popularização e algumas de suas estratégias que a disseminou no imaginário social. Ademais, fazemos uma sucinta caracterização dos tipos de IA, as chamadas IA fraca e IA forte, bem como uma explicação de técnicas que constituem o que se conhece por aprendizado de máquina (*machine learning*, em inglês, daqui em diante AM).

A apreensão de tais conceitos se faz necessária para que possamos compreender algumas das ramificações do amplo campo da IA, observando de que modo estas impactam na construção dos discursos dominantes e como moldam, em certa medida, o projeto da I 4.0 (do qual trataremos em seção posterior). Dedicamos ainda uma subseção à identificação de traços de determinismo tecnológico presentes nesses materiais, analisando-os criticamente sob a perspectiva dos estudos de CTS.

Por fim, indicamos nos documentos referentes à I 4.0 passagens que testificam a posição estratégica assumida pela IA na conformação desse projeto industrial. Será possível observar que parte considerável das estratégias das quais a I 4.0 lança mão apresenta semelhança com os discursos futuristas e redentores¹ da IA.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Por ser possível adotar distintas estratégias e perspectivas na caracterização histórica da IA, procuramos utilizar abordagens direcionadas à identificação e problematização de seus elementos constituintes, como é o caso dos trabalhos de Newell (1982) – pesquisador em ciência da computação e em psicologia cognitiva – e Buchanan (2006) – cientista da computação. O trabalho de Newell (1982) realiza um levantamento cronológico de questões intelectuais referentes à IA no século XX que manifestam alguns dos problemas de pesquisa nesse campo. O estudo de Buchanan (2006) aborda as principais correntes, suas dinâmicas e algumas indagações sobre a IA no mesmo período, elencando aspectos

¹ Redenção compreendida no sentido figurado, como algo que promove o livramento de uma situação difícil, uma salvação.

tocantes à filosofia, à ficção e à imaginação. Ressalte-se que nessa primeira introdução ao tema não serão incluídas questões como as determinações econômicas, políticas e militares da IA, o que, para uma análise completa do tema, deveria ser levado em conta. Expandiremos a abordagem sobre essas áreas no capítulo 3, utilizando de perspectivas como as de Dyer-Witthoford, Kjosen e Steinhoff (2019), que compreendem a IA em sua totalidade².

Desejos e fantasias a respeito de mecanismos que substituam ou mimetizem o ser humano estão presentes em escritos de Homero, com exemplos na literatura religiosa, em figuras medievais até o ser humano mecanizado dos séculos XVIII e XIX, sendo o século XX o momento de posta em prática de tais desejos (BUCHANAN, 2006). A IA passa a ser considerada uma disciplina do conhecimento na década de 1950 (NEWELL, 1982) – que será incorporada à ciência da computação – e, desde então, é pauta (e pauta) debates filosóficos, psicológicos, sociais, econômicos e políticos, sobretudo com a explosão da popularização que logo assume, mormente nos Estados Unidos.

Em seus anos iniciais, a IA foi influenciada por distintas áreas do conhecimento, tais como: engenharia, com o exemplo da cibernética de Norbert Wiener; biologia, como as redes neurais em organismos simples, com W. Ross Ashby, Warren McCulloch e Walter Pitts; teoria da comunicação; psicologia experimental; teoria dos jogos, com Jon Von Neumann; matemática e estatística; lógica e filosofia, com Alan Turing, Alonzo Church e Carl Hempel e linguística, como os trabalhos em gramática de Noam Chomsky (BUCHANAN, 2006). Essa abrangência de áreas relacionadas à constituição da IA, com objetivos e interesses próprios, contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a ampliação do conhecimento sobre o ser humano, suas possibilidades e limitações. Assim, a dimensão que a IA assume a partir dessa junção de interesses de áreas distintas a configura como um ramo com poder de induzir os demais, conforme

2 “A IA emergiu e se desenvolveu em uma ordem sócio-econômica que recompensa aqueles que possuem os meios para a automação do trabalho humano, acelerando vendas, elaborando especulação financeira e intensificando o controle militar-policia sobre populações potencialmente insubmissas.” Tradução livre nossa do original: “*AI emerged and developed within a socio-economic order that rewards those who own the means for automating human labour, accelerating sales, elaborating financial speculation and intensifying military-police control over potential restive populations*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 3).

aponta Buchanan (2006, p. 56)³: “mas, assimilando muito, a IA cresceu além deles e, por sua vez, ocasionalmente os influenciou”.

Nesse sentido, o momento inicial da IA é marcado por constantes viradas teóricas, modismos e tendências que se propunham a representar o funcionamento do pensamento humano. Além disso há a popularização de enredos de ficção científica em que a IA se fez presente por meio de robôs, como ocorreu na literatura, nos desenhos animados, no cinema e na imprensa. Configura-se, assim, um ambiente em que a comunidade científica estadunidense estava inserida e que foi favorável à proliferação de polêmicas futurísticas e utopias ou distopias tecnológicas que, em maior ou menor grau, atingiram os temas de pesquisa no século XX, conforme o trabalho de Newell (1982) busca demonstrar.

Newell (1982) situa a separação da mente e do corpo feita por Descartes como o ponto de partida das teorias de construção de artefatos que reproduzam o pensamento humano, pois permitiu a visualização do corpo como um mecanismo, contra as noções teleológicas religiosas hegemônicas até aquele momento. No século XIX, há a consolidação de alguns debates intelectuais acerca da concepção do ser humano: 1800-1920: biologia natural *versus* vitalismo, estabelecendo o corpo como máquina; 1870-atualidade: razão *versus* emoção e sentimento, estabelecendo a separação da máquina do homem. E, a partir do século XX, tem-se entre 1900-1945: lógica *versus* psicologia; 1940-1970: analógico *versus* digital, em que se dá a criação da ciência da computação. A partir de então, os demais debates encontram-se dentro da disciplina de ciência da computação, sendo os principais: 1955-1965: símbolos *versus* números, momento em que a IA é isolada no interior da ciência da computação; resolução de problemas *versus* reconhecimento; performance *versus* aprendizagem; serial *versus* paralelo; heurística *versus* algoritmos; e, na década de 1960, os debates mais acentuados são: busca *versus* conhecimento; memória *versus* processamento e sintaxe *versus* semântica. (NEWELL, 1982, p. 5).

Nesse momento, em que os estudos de IA consolidam sua incorporação à Ciência da Computação é que, de acordo com Pillay (2010), durante uma conferência sobre o uso de computadores para simular a inteligência humana, o termo “inteligência artificial” (*artificial intelligence*, em inglês) foi utilizado pela primeira vez, em 1956.

3 Tradução livre nossa do original: “*but having assimilated much, AI has grown beyond them and has, in turn, occasionally influenced them*” (BUCHANAN, 2006, p. 56).

A partir de então, a década de 1960 representou um momento de virada na consolidação da IA, quando surgiram dois grandes laboratórios de IA no *Massachusetts Institute of Technology* e na *Carnegie Mellon University*, que impulsionaram a criação de órgãos similares em todo o mundo (BUCHANAN, 2006).

Na atualidade, a disciplina de IA é onipresente nos cursos de graduação nas áreas de computação. E sua origem também remonta à década de 1960, já que nas recomendações curriculares para os cursos de Ciência da Computação de 1968, da *Association for Computing Machinery* (ACM), cujas diretrizes são adotadas hoje em boa parte dos cursos da área no mundo, já constava a disciplina de IA. A ementa do curso, inclusive, evidencia a visão à época sobre a IA como técnica para a reprodução do cérebro humano conforme tratamos até o momento. Na ementa do curso de IA estavam presentes, entre outros conteúdos: “descrição de processos cognitivos”, “simulação do comportamento cognitivo”, “o problema mente-cérebro e a natureza da inteligência”⁴(ATCHISON *et al.*, 1968, p. 10). Além disso, a seção de pré-requisitos para cursar a disciplina sugeria que “algum conhecimento de psicologia experimental e teórica seria útil”⁵(ATCHISON *et al.*, 1968, p. 10).

Em referência ao desenvolvimento da IA do fim da década de 1960 em diante, Buchanan (2006) identifica que avanços em pesquisas na área de sistemas inteligentes que operam com bases de conhecimento representaram uma mudança de paradigma, permitindo a introdução da IA nas áreas de auxílio à tomada de decisão, por exemplo. Apesar da pouca quantidade de dados utilizada nesses programas, o autor sustenta que “seu sucesso em fornecer assistência em nível especializado reforça o velho ditado de que o conhecimento é poder”⁶(BUCHANAN, 2006, p. 59). E, a partir dessa asserção de que conhecimento é poder, torna-se possível vislumbrar as potencialidades dos sistemas atuais que podem operar com quantidades muito maiores de dados que os da época, de modo mais estruturado e veloz. Na seção 4, no momento de analisarmos as novas formas de mediação que a tecnologia assume entre o ser humano e o trabalho, como nos chamados trabalho de plataforma e trabalho digital, voltaremos a abordar a relevância que os dados possuem, utilizando a perspectiva de Casilli (2018) e de Dyer-Witthford, Kjosen e

4 Tradução livre nossa do original: “*description of cognitive processes*”, “*simulation of cognitive behavior*”, “*the mind-brain problem and the nature of intelligence*” (ATCHISON *et al.*, 1968, p. 10).

5 Tradução livre nossa do original: “*some knowledge of experimental and theoretical psychology would also be useful*” (ATCHISON *et al.*, 1968, p. 10).

6 Tradução livre nossa do original: “*their success in providing expert-level assistance reinforces the old adage that knowledge is power*” (BUCHANAN, 2006, p. 59).

Steinhoff (2019), que analisam as relações entre IA, trabalho e produção. Estes autores abordam a IA lançando mão de críticas ao emprego da IA na exploração do trabalho humano e, até mesmo, questionando até que ponto algumas das técnicas que se apresentam como IA são de fato inteligentes e artificiais, isto é, até que nível prescindem da intervenção humana para apresentarem o comportamento inteligente que é propalado. Para tanto, os autores se utilizam de conceitos como IA fraca, IA forte e AM. Assim sendo e, posto que tais conceituações também fazem parte da história da IA, anteciparemos a exposição desses conceitos para a próxima subseção.

Em relação ao desenvolvimento da IA no decorrer do século XX e seu estado no século XXI, Buchanan (2006, p. 60) sintetiza que:

ainda há muito a ser aprendido. A representação e a inferência do conhecimento continuam sendo as duas principais categorias de questões que precisam ser abordadas, como eram nas primeiras demonstrações. Pesquisas em andamento sobre aprendizado, raciocínio com diagramas e integração de diversos métodos e sistemas provavelmente conduzirão a próxima geração de demonstrações⁷ (BUCHANAN, 2006, p. 60).

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, INDÚSTRIA 4.0 E OS MITOS TECNOLÓGICOS

Nesta seção passaremos à análise sobre como se dá a divulgação e a popularização da IA e como podem ser interpretadas de modo a criar interpretações fantasiosas e míticas a seu respeito. Isso se deve, em parte, pelas projeções no imaginário social de que certos avanços tecnológicos têm um potencial de influência e transformação na vida das pessoas que por vezes é superestimado, expressando o determinismo tecnológico dessas visões. Um elemento que contribui para tal é o uso de metáforas para a explicação da IA que fazem referência a características humanas. Conforme o estudo de Carbonell, Sánchez-Esguevillas e Carro (2016) aponta, o uso de metáforas na caracterização de tecnologias, sobretudo as inovadoras, é comum e por vezes necessário para sua popularização e aceitação, mas tem particular relevância no desenvolvimento da IA, como as alusões à evolução, à genética e ao pensamento. Ademais, “metáforas reinantes na sociedade

7 Tradução livre nossa do original: “*there is still much to be learned. Knowledge representation and inference remain the two major categories of issues that need to be addressed, as they were in the early demonstrations. Ongoing research on learning, reasoning with diagrams, and integration of diverse methods and systems will likely drive the next generation of demonstrations*” (BUCHANAN, 2006, p. 60).

moldam a evolução de tecnologias e a evolução das tecnologias moldam metáforas na sociedade em um processo de duas vias”⁸ (CARBONELL; SÁNCHEZ-ESGUEVILLAS; CARRO, 2016, p. 154). Isto é, no caso da IA, o uso das comparações com características humanas leva tanto a uma sensação diferenciada no imaginário popular quando comparada a outras tecnologias, quanto a moldar o próprio desenvolvimento da IA, conforme veremos.

Na percepção popular estadunidense a respeito dos computadores na década de 1960 – período de grande difusão do potencial desses artefatos na imprensa estadunidense – prevalecia a visão de que eram “máquinas pensantes maravilhosas”⁹, com entendimentos como: “elas podem pensar como um ser humano pensa”¹⁰, “elas fazem você sentir que máquinas podem ser mais expertas que pessoas”¹¹ e “algum dia no futuro, essas máquinas podem vir a manejar nossas vidas para nós”¹² (MARTIN, 1993, p. 122). Na década de 1970, com o aumento do uso dessas máquinas nos escritórios, os computadores deixam de ser identificados por parte do público como a máquina pensante maravilhosa e passam a ser vistos como uma ferramenta poderosa com a função principal de auxiliar o trabalho humano, o que diminuiu o senso geral de que computadores eram máquinas pensantes. Entretanto, devido à forma com a qual estas máquinas eram descritas na imprensa e na arte, por exemplo, ainda persistiu em certa parcela da população a crença de serem seres elevados, poderosos e imprevisíveis. Há relatos de que “algumas pessoas ficaram tão intimidadas pelos computadores que se demitiram de seus empregos ou tiveram problemas psicológicos severos devido a fobias ao computador”¹³ (MARTIN, 1993, p. 122).

Nesse sentido, a comunidade científica também foi afetada pelos discursos das máquinas pensantes, como é retratado no estudo de Natale e Ballatore (2017) no qual, a partir do levantamento de trabalhos publicados em duas das principais revistas de IA, *New Scientist* e *Scientific American*, entre os anos de 1950 e 1975,

8 Tradução livre nossa do original: “*metaphors reigning in society shape the evolution of technologies and the evolution of technologies shape metaphors in society in a two way process*” (CARBONELL; SÁNCHEZ-ESGUEVILLAS; CARRO, 2016, p. 154).

9 Tradução livre nossa do original: “*awesome thinking machines*” (MARTIN, 1993, p. 122)

10 Tradução livre nossa do original: “*They can think like a human beings thinks*” (MARTIN, 1993, p. 122)

11 Tradução livre nossa do original: “*They sort of make you feel that machines can be smarter than people.*” (MARTIN, 1993, p. 122)

12 Tradução livre nossa do original: “*Someday in the future, these machines may be running our lives for us.*” (MARTIN, 1993, p. 122)

13 Tradução livre nossa do original: “*Some people were so intimidated by computers that they quit their jobs or had severe psychological problems due to computer phobia*” (MARTIN, 1993, p. 122)

demonstrou-se que as pesquisas eram, em grande medida, pautadas pelas percepções futurísticas e pelo desejo de mimetizar o pensamento humano.

A partir dessa ampla, e talvez homogênea, concepção como seres inteligentes e poderosos, com capacidade de influenciar no direcionamento das próprias pesquisas para o desenvolvimento dos computadores, Martin (1993, p. 132) questiona se

uma visão menos empolgante teria instigado menos criatividade e mudanças revolucionárias nas tecnologias computacionais, ou teria permitido que o uso pessoal e empresarial de computadores se desenvolvesse mais rapidamente?¹⁴ (MARTIN, 1993, p. 132).

Nesse sentido, além dos possíveis entraves para o desenvolvimento técnico-científico desses artefatos, a autora sugere que a representação mítica dos computadores, simplificando e idealizando o que se mostra mais complexo na realidade, leva a frustrações quando as previsões hiperbólicas não se cumprem, e que uma abordagem mais realista dessas ferramentas acarretaria em facilitar sua aceitação. É, em parte, o que ocorreu na União Soviética que, em razão da ausência da influência da imprensa ocidental, tratava o surgimento dos computadores de modo diferente. De modo que, mesmo após seu colapso, a percepção da população russa era assim expressada: “computadores são principalmente para uso de especialistas”, e “[os russos] não veem computadores como máquinas pensantes maravilhosas”¹⁵ (MARTIN, 1993, p. 132).

Essa referência ao modo como os computadores e as técnicas inteligentes foram divulgadas e como isso impactou na recepção da sociedade estadunidense nos serve para que consideremos a relevância das estratégias de divulgação e persuasão na conformação de projetos tecnológicos que são tidos como promissores, como é o caso da I 4.0, da qual trataremos no capítulo 3.

Uma abordagem similar à de Martin (1993) em relação às expectativas projetadas nos grandes projetos tecnológicos é a de Natale e Ballatore (2017), que tratam dessa questão investigando a formação de mitos tecnológicos. Por sinal, uma possível maneira de descrever a I 4.0 é como um mito tecnológico cujos interesses

14 Tradução livre nossa do original: *"Would a less exciting vision have spurred less creativity and revolutionary changes in computer technology, or would it have enabled the application of computers for personal use and mundane business to have happened more rapidly?"* (MARTIN, 1993, p. 132).

15 Tradução livre nossa do original: *"believes that computers are mainly tools for experts, but they do not see computers as awesome thinking machines"* (MARTIN, 1993, p. 132).

não estão explicitamente postos e devem então ser desvelados. Para tanto é necessário descrever o que compreendemos por um mito tecnológico.

Natale e Ballatore (2017) resgatam as origens do conceito de mito tecnológico dos estudos sobre cultura e mídia na Europa, como nos de semiótica, do francês Roland Barthes, “que descreveram as ‘mitologias modernas’ como as ideologias culturais dominantes de nosso tempo, no centro de nosso relacionamento com a tecnologia”¹⁶ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4), no de Vincent Mosco (2004 *apud* NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4), que afirma que “mitos são histórias que animam indivíduos e sociedades, fornecendo caminhos para a transcendência que tiram as pessoas da banalidade da vida cotidiana”¹⁷ e no de Dourish e Bell (2011 *apud* NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4), que define “mitos tecnológicos como poderosas ‘visões organizadoras’ sobre como uma nova tecnologia se encaixará no mundo”¹⁸. A construção da I 4.0, por exemplo, apresenta aspectos dessas três definições, como veremos no capítulo 3.

Os mitos não representam o falseamento total da realidade por uma camada retórica que encobre algo que nada tem de concreto, isto é, uma ficção que se propõe real, uma mentira. Os mitos não são “verdadeiros ou falsos, mas vivos ou mortos”¹⁹ (MOSCO, 2004 *apud* NATALE; BELLATORE, 2017, p. 4) e, “nesse sentido, não é importante se uma crença corresponde ou não à realidade, mas o que ela revela sobre o contexto cultural de onde se originou”²⁰ (NATALE; BELLATORE, 2017, p. 4). Nesse sentido, sua

capacidade de se tornar influente [...] é estritamente relacionada à natureza dos tropos da narrativa que são repetidos e circulados incessantemente, e são utilizados em múltiplos contextos para representar o funcionamento, o impacto e as promessas da tecnologia²¹ (NATALE; BALLATORE, p. 5).

16 Tradução livre nossa do original: “*who described ‘modern mythologies’ as the dominant cultural ideologies of our time, at the core of our relationship to technology*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4).

17 Tradução livre nossa do original: “*myths are stories that animate individuals and societies by providing paths to transcendence that lift people out of the banality of everyday life*” (VINCENT MOSCO 2004 *apud* NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4).

18 Tradução livre nossa do original: “*technological myths as powerful “organising visions” on how a new technology will fit in the world*” (DOURISH; BELL, 2011 *apud* NATALE; BALLATORE, 2017, p. 4).

19 Tradução livre nossa do original: “*are not true or false, but living or dead*” (MOSCO, 2004 *apud* NATALE; BELLATORE, 2017, p. 4)

20 Tradução livre nossa do original: “*in this sense, it is not important if a belief corresponds or not to reality, but rather what it reveals about the cultural context from which it originated*” (NATALE; BELLATORE, 2017, p. 4).

21 Tradução livre nossa do original: “*capacity to become influential [...] is closely related to their nature of narrative tropes that are repeated and circulated over and over again, and are used in multiple contexts to represent the functioning, impact and promise of technology*” (NATALE; BALLATORE, p. 5)

É o

que vimos ocorrer nas narrativas de IA. No estudo de Natale e Ballatore (2017), os trabalhos analisados nas revistas possuíam três padrões que indicam a construção de mitos:

I. O *deslocamento discursivo*, em que analogias de outras áreas são empregadas para a descrição da IA. A dimensão com que tais analogias são utilizadas na IA apontam que algumas consequências nefastas podem daí surgir. Desde os primeiros artigos, como os de Allan Turing, o léxico já continha ideias biologizantes como processamento de linguagens naturais, AM e computação genética. Em outros trabalhos, as evidências dessa interseção se dá por termos como visão, linguagem, resolvidor de problemas, além das constantes analogias ao cérebro humano e a tentativa de reproduzi-lo. Elementos de humanidade como afetos e emoções também são frequentes, assim como as ambiguidades semânticas que agregam sensacionalismos. Um caso de particular interesse citado pelas autoras é o de trabalhos que faziam referências ao desenvolvimento cognitivo de crianças pela alusão à aprendizagem de computadores por experiências e tentativa e erro. Campos da ciência como a medicina, a psicologia do desenvolvimento e biologia são constantemente citados e apropriados pelos discursos da IA. Dessa maneira, concluem as autoras: “as analogias borraram a fronteira entre a mente humana e máquinas”²² (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 11).

II. A *construção de um futuro mítico*, em que as novas tecnologias são projetadas para um futuro próximo.

Discursos orientados ao futuro em ambientes técnico-científicos podem contribuir para deslocar a ênfase do estado presente da pesquisa em direção à uma prospecção imaginada na qual a tecnologia será implementada com sucesso²³ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 12).

Nesse sentido, podemos traçar um paralelo aos discursos da I 4.0 que, como veremos no capítulo 3, são carregados de determinismo tecnológico. Conforme Pardi *et al.* (2018), a partir de momento em que esse tipo de discurso ganha corpo e notoriedade e passa a convencer governos e empresas a investir e

22 Tradução livre nossa do original: “The analogies blurred the boundary between the human mind and machines” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 11).

23 Tradução livre nossa do original: “Future-oriented discourse in techno-scientific environment may contribute to shift the emphasis from the present state of research towards an imagined prospect in which the technology will be successfully implemented.” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 12).

destinar recursos para o desenvolvimento e implantação dessa tecnologia vindoura, ele pode ser entendido como um processo de “profecias autorealizáveis”²⁴. Esses discursos, como na I 4.0, são capazes de mobilizar atores sociais em prol de sua realização a partir de ideais de cunho determinista.

De mesmo modo, Natale e Ballatore (2017, p.12) afirmam que tais narrativas futuristas ainda passam a “contribuir para criar uma comunidade de pesquisadores, introduzindo um objetivo compartilhado que informe e organize o trabalho dos cientistas, tecnologistas e engenheiros envolvidos nessa comunidade”²⁵ São muitos os casos de previsão de desenvolvimento de tecnologias em um futuro próximo. As autoras citam, por exemplo, que desde 1952 o xadrez foi utilizado como campo de atuação de cientistas para experimentar técnicas de aproximação do cérebro humano, acreditando em pouco tempo ser possível vencer um humano, o que só ocorreu em 1996. Além da perspectiva de que a pesquisa em jogos abriria caminho para aplicações nas áreas militares e de negócios. Exemplos na área de urbanização, aviação, medicina eram muito comuns, com todos falhando em suas previsões. Deste modo,

os resultados da pesquisa em IA estão de fato movendo-se adiante do horizonte do presente para o horizonte do futuro [...] Resultados na pesquisa em IA foram movidos do exame do estado presente em direção à imaginação de horizontes e desenvolvimentos futuros²⁶ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 14).

Complementando esse assunto com a análise de Pardi *et al.* (2018), pode-se afirmar que o futuro não é mais compreendido e visto como produto das relações e a evolução do presente, mas o presente que é moldado/conformado por visões de um futuro mais ou menos distante baseado em promessas de tecnologias digitais.

III. A *presença de controvérsias* que estimulam e consolidam a construção dos mitos. Pelo impacto na opinião popular que o anúncio de maravilhosas máquinas pensantes – que logo se tornaram febre e discussões da moda – gerou, desde os anos 1960 as críticas e os ceticismos à IA se fizeram presentes, rejeitando o otimismo, as afirmações filosoficamente sem fundamentos e ingênuas e a ideia de

24 Tradução livre nossa do original: “*self-fulfilling prophecies*” (PARDI *et al.*, 2018, p. 76).

25 Tradução livre nossa do original: “*contributes to create a community of researchers, introducing a shared objective or endpoint that informs and organizes the work of scientists, technologists and engineers involved in such community*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p.12).

26 Tradução livre nossa do original: “*the results of AI research are in fact moved forward from the horizon of the present to the horizon of the future. [...] Results in AI research were moved from the examination of the present state towards the imagination of the future horizons and developments*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 14).

que a máquina poderia funcionar como a mente humana. Já surgiam também estudos que apontavam os perigosos impactos da IA no mundo do trabalho. Entretanto, como apontam as autoras, “o criticismo não era ou, ao menos, não era apenas uma consequência do modismo; era um elemento que adentrou e moldou o mito da IA desde seu início”²⁷ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 16). Afinal, as polêmicas e controvérsias podem produzir efeitos que ultrapassam o contraponto, criando condições para a existência, reprodução e disseminação das ideias criticadas. O desafio e o enfrentamento, nesse sentido, fortalecem e provêm ferramentas para essas teorias como no ambiente em que “o mito da IA emergiu e progrediu, baseado na incessante disputa entre seus oponentes e apoiadores”²⁸ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 18). A ocorrência de controvérsias é “uma parte integral e importante do mito da máquina pensante pois contribui para sua sobrevivência, para sua capacidade de atrair atenção e espaço em debates científicos e na arena pública”²⁹ (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 18).

Os dois primeiros padrões – o deslocamento discursivo e a construção de um futuro mítico – são encontrados em maior ou menor grau nos discursos da I 4.0, conforme veremos no capítulo 3. O último padrão na construção de mitos identificado pelas autoras – a presença de controvérsias – é central em nossa análise por indicar quais estratégias e caminhos devem ser seguidos em trabalhos que se proponham críticos à agenda da I 4.0, pois a análise crítica deve ser feita de modo a não contribuir para “moldar o mito desde seu início” ao fortalecer polêmicas e controvérsias vazias e despropositadas.

Nesse sentido, pode-se afirmar que o modo pelo qual as controvérsias se desenvolvem na formação dos mitos tecnológicos é similar à maneira com a qual a religião é abordada nas arenas discursivas: com polêmicas, negacionismos e visões paradisíacas. O comparativo dos discursos religiosos com os discursos tecnológicos, especialmente os de IA, possui um exemplar denominado “IA apocalíptica”, que expressa a fusão de discursos apocalípticos das tradições cristã e judaica com

27 Tradução livre nossa do original: “*criticism was not or, at least, not only a consequence of the hype; it was an element that entered into and shaped the AI myth since its very beginning*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 16).

28 Tradução livre nossa do original: “*the AI myth emerged and progressed, grounded in the incessant dispute between its opponents and its supporters*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 18).

29 Tradução livre nossa do original: “*an integral and important part of the myth of the thinking machine because they contribute to its liveliness, to its capacity of attracting attention and space in scientific debates and the public arena*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 18).

pesquisas científicas em IA, do qual faremos uma breve análise baseando-nos no estudo de Geraci (2008) e incorporando estudos paralelos.

Elementos iniciais que caracterizam o "apocaliptismo" judeu e cristão são a alienação ao mundo, o desejo por um mundo paradisíaco e a transformação de seres humanos em corpos purificados. A IA apocalíptica é encarada, assim, como um caminho científico para a imortalidade da mente pela substituição de corpos humanos por robôs. Tendo como principais representantes teóricos Hans Moravec e Ray Kurzweil, esse campo apresenta elementos da tradição apocalíptica como o dualismo da luta entre modos corretos e incorretos de pensar, viver e enxergar o mundo (GERACI, 2008). Essa tradição trabalha com a perspectiva de desenvolver uma "inteligência artificial geral" (IAG)³⁰, capaz de reproduzir o ser humano em todos seus aspectos e que, de acordo com seus pensadores,

pode emergir por meio de um processo de auto-aperfeiçoamento, no qual uma IA com acesso a seu próprio projeto e com a capacidade de atualizar-se cria uma versão melhorada ou totalmente nova de si mesma [...] que por sua vez se aprimora *ad infinitum*³¹ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 129).

Em momentos de turbulência social, essas concepções tendem a se potencializar, pois o "Apocalipse [...] é uma linguagem de crise"³² (RUSSEL, 1978, p. 6 *apud* GERACI, 2008, p. 142). A I 4.0 vai nessa direção pois tem como um de seus antecedentes a crise financeira de 2008 e em seu ambiente a crise da estabilidade do emprego, sobretudo nas indústrias (PARDI *et al.*, 2008).

Somado à crise, a alienação política como caldo social fortalece as teorias apocalípticas como "uma alternativa religiosa favorável à submissão cultural"³³ (GERACI, 2008, p. 143). Era o caso da dominação da Palestina por Roma, em que judeus e cristãos são retirados da esfera política, restando aguardar a chegada do Messias. Havia a espera pelo retorno imediato de Jesus, e a esperança de que um Deus reconstruiria o mundo livre de corrupção e arbítrios, indicando perspectivas de

30 É diferente, contudo, da IA introduzida e desenvolvida para o auxílio à produção e a tarefas, chamada de "IA fraca", a qual não tem, a princípio, entre seus objetivos a emulação do pensamento humano, mas avanços técnicos específicos, principalmente na agregação de valor às forças produtivas.

31 Tradução livre nossa do original: "*could emerge through a process of recursive self-improvement whereby an AI with access to its own design, and an ability to upgrade it, makes an improved or entirely new version of itself [...] which in turn improves itself again ad infinitum*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 129).

32 Tradução livre nossa do original: "*Apocalyptic [...] is a language of crisis*" (RUSSEL, 1978, p. 6 *apud* GERACI, 2008, p. 142).

33 Tradução livre nossa do original: "*a favorable religious alternative to cultural submission*" (GERACI, 2008, p. 143).

um futuro otimista dentro de um presente destruído. Esses apocalipses fariam dos mortos imortais, com corpos purificados, juntando-se aos anjos como a fala de Paulo citada pelo autor de que a humanidade não morrerá, mas será toda modificada. Em síntese, “esses corpos serão eternos, perfeitos e imortais, tal qual o mundo para onde irão”³⁴ (GERACI, 2008, p. 146).

A respeito do reino paradisíaco virtualizado, a IA apocalíptica auxilia em sua construção imagética, pois os pioneiros da IA defenderam, em maior ou menor grau, a divisão da história após a consolidação da IA. Um tempo em que a vida maquínica substituirá a biológica e a superação da limitação do corpo humano representará um passo em direção à eternidade. Recorre-se frequentemente às predições históricas sempre para os próximos 50 anos – ou cinco, dez, quinze anos, como nas projeções alemãs para a I 4.0 abordadas no capítulo 3 –, além de explorarem um traço puro e transcendental na IA, fruto de uma sensibilidade que surge no contexto das guerras violentas do século XX (GERACI, 2008).

Outros elementos que se interseccionam aos moldes discursivos da I 4.0 compõem-se, por exemplo, dos discursos que advogam pela inevitabilidade de mudanças, algo como “o apocalipse deve chegar pois a história evolutiva move-se inexoravelmente nessa direção”³⁵ (GERACI, 2008, p. 148). Há ainda as teorias da singularidade, descritas como um momento brusco, de ruptura, da passagem da vida humana para a mecânica. Como o autor descreve: “a singularidade é o ponto no gráfico do progresso em que o crescimento explosivo acontece em um piscar de olhos; é o fim da história e o começo do novo mundo e está mais próximo do que você imagina”³⁶ (GERACI, 2008, p. 149). É a crença em um cyberspaço, em que finalmente a humanidade terá uma “sociedade igualitária”, o “desaparecimento das necessidades”, a “felicidade” e “até uma melhor vida sexual”³⁷ (GERACI, 2008, p. 149). O papel humano seria o de construir a vida artificial que se encarregaria dos demais avanços.

34 Tradução livre nossa do original: *“these bodies will be eternal, perfect, and immortal just like the world to which they go”* (GERACI, 2008, p. 146).

35 Tradução livre nossa do original: *“the apolypse must come about because evolutionary history moves inexorably in that direction”* (GERACI, 2008, p. 148).

36 Tradução livre nossa do original: *“The singularity is the point in the graph of progress where explosive growth occurs in a blink of an eye; it is the end of history and the beginning of the new world and it is closer than you think”* (GERACI, 2008, p. 149).

37 Tradução livre nossa do original: *“egalitarian society”, “vanquishment of need”, “hapiness”, “even better sex lives”* (GERACI, 2008, p. 149).

Na esteira dessas concepções há também a noção do material como ruim e limitado, como Kurzweil concebe:

com robôs gerando riqueza, a humanidade perderá seu senso de necessidade material³⁸. Kurzweil enxerga um futuro em que necessidade é uma “ideia ultrapassada”. Ninguém trabalhará pelo pão de cada dia, mas terá, quase que literalmente, o pão caindo do céu³⁹ (GERACI, 2008, p. 150).

O mesmo se encontra nas seguintes passagens: “atividades reais e com sentido deixarão de existir no mundo físico, descolando-se para o *ciberespaço*” e outra:

felizmente para nós, não haverá espaço para para unir nossa criação mecânica enquanto ela espalha o Reino Virtual pelo cosmos. Assim como a velha carne não pode herdar o Reino de Deus, ela não pode herdar o Reino Virtual⁴⁰ (GERACI, 2008, p. 151 e 152).

Apesar de um período de baixa credibilidade dos mitos da IA na década de 1970, eles retomaram sua força recentemente, e esse próprio movimento de altos e baixos faz parte da construção da força desse campo (NATALE; BALLATORE, 2017). Sob a consigna de “essa vez será diferente” as mistificações continuam a existir e a mobilizar enorme força social e a construir imaginários que muitas vezes servem a interesses espúrios e escondidos.

Nas últimas décadas, com a disponibilidade de grandes quantidades de dados e do desenvolvimento de classificadores, AM, os mitos voltam a aparecer, exercendo influência para além de setores técnicos e científicos, prometendo melhorar a vida humana pelo avanço tecnológico. Novas previsões surgem, como um exemplo fornecido pelas autoras de um trabalho de Moravec (1988) que sugere que a vida humana será superada pelas máquinas inteligentes até 2040, ou como a teoria da singularidade que prevê que o entrelaçamento entre ser humano e máquina será tal que não será mais possível a distinção, tal qual os *cyborgs* de ficções científicas. No século XXI, a virada aponta ser a “IA em rede”⁴¹ (NATALE;

38 Essas concepções do ser humano distante da produção assemelham-se às teorias do trabalho imaterial, que trataremos no capítulo III.

39 Tradução livre nossa do original: “*With robots earning wealth, humanity will lose its sense of material need. Kurzweil envisions a future in which need is a 'quaint idea' (1999: 249). No one will work for his daily bread, but will quite literally have it fall from heaven*” (GERACI, 2008, p. 150)

40 Tradução livre nossa do original: “*Real, meaningful activity will cease to take place in the physical world, shifting instead to cyberspace*”, “*Fortunately for us, there will be no room to join our mechanical progeny as they spread their Virtual Kingdom throughout the cosmos. Just as the old flesh cannot inherit the Kingdom of God, however, it cannot inherit the Virtual Kingdom*” (GERACI, 2008, p. 151 e 152)

41 Tradução livre nossa do original: “*networking IA*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 20)

BALLATORE, 2017, p. 20), sendo a internet o estágio final da conectividade humana, transportando a inteligência humana a patamares sem precedentes. “A *web* é vista como um ‘cérebro global’ que pode levar os humanos a um novo patamar de consciência”⁴² (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 20).

2.3 TIPOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA pode ser dividida em duas grandes categorias: a IA forte e a IA fraca⁴³(DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

A IA forte é a relacionada às concepções de máquinas tão ou mais inteligentes que os seres humanos. Representa as teorias e iniciativas, como a IA apocalíptica e a teoria de singularidade, que almejam desenvolver técnicas que sobrepõem os humanos (CASILLI, 2018), fazer reais as ficções científicas, e que “acreditam que uma IA avançada possa se tornar consciente”⁴⁴ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 11). São, assim, IAs com forte componente especulativo.

A outra vertente, a IA fraca, é a “IA atualmente existente”⁴⁵ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 10), que também pode ser chamada de IA estreita (*narrow AI*, no inglês), pois “são projetadas principalmente para lidar com tarefas limitadas [ou estreitas]”⁴⁶ (JOHNSON et al., 2016, p.4246 *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 10). São as técnicas que estão presentes na grande maioria dos artefatos com sistemas inteligentes que realizam tarefas rotineiras. “esses sistemas têm pouca ou nenhuma capacidade de fazer algo

42 Tradução livre nossa do original: “*The web is seen as a 'global brain' which can bring humans to a new level of consciousness*” (NATALE; BALLATORE, p. 20).

43 Há outras divisões e ramificações. Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019) sugerem que IA forte pode ser dividida ainda entre IA geral e IA superinteligente, assim como a IA fraca pode ser ramificada para outras três, dos quais nos importará apenas o AM. No nosso caso, utilizaremos apenas a divisão entre IA forte e IA fraca.

44 Tradução livre nossa do original: “*believe that an advanced AI would be conscious*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 11).

45 Tradução livre nossa do original: “*“actually-existing AI”*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 10).

46 Tradução livre nossa do original: “*are primary designed to address narrow tasks*” (JOHNSON et al., 2016, p.4246 *apud* DYER-WITHEFORD, KJØSEN E STEINHOFF , 2019, p. 10).

além de seu domínio particular de funcionalidade”⁴⁷ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 10).

Podemos considerar que essa divisão entre IA forte e IA fraca tem origem em duas concepções distintas de IA, a de Turing e a de Wittgenstein. Para Turing, “um ser humano calculando um número real pode ser comparado a uma máquina”⁴⁸ (TURING, 1937, p. 117 *apud* CASILLI, 2018, p. 47) de modo que são máquinas como outras quaisquer, enquanto para Wittgenstein, em oposição a essa noção, as máquinas são “seres humanos que calculam”⁴⁹ (WITTGENSTEIN, 1945 *apud* CASILLI, 2018, p. 48). Essa diferença sobre a natureza da IA vem a definir as correntes que acreditam na possibilidade da reprodução e superação do pensamento humano criando maquinismos que possam ser independentes e autônomos, a IA forte, e as que concebem a máquina como criação humana, existindo somente nesse contexto, a IA fraca. Em relação ao tratamento mítico da IA, Natale e Ballatore (2017, p. 8) afirmam que “enquanto as aplicações de IA fraca são ubíquas e em grande medida passam despercebidas, o mito da IA emergiu em torno da possibilidade da IA forte”⁵⁰.

Em contraposição ao misticismo na IA, Casilli (2018) sugere um aproximação para a IA como formada por funções atomizadas realizadas pela execução mecânica de suas instruções, como o algoritmo. O algoritmo é “uma articulação de subunidades que não contêm uma significação em si e cuja aplicação é puramente mecânica”⁵¹ (CASILLI, 2018, p. 49). De maneira que fica comprovada a artificialidade da IA que “reside justamente nisto: em que, ao mesmo tempo que não necessitam de nenhum discernimento, estas funções têm, por isso mesmo, como uma propriedade emergente, *um ar de inteligência*”⁵² (SANKER, 1987, p. 634 *apud* CASILLI, 2018, p. 49, *itálico nosso*).

47 Tradução livre nossa do original: “*these systems have none or very little ability to do anything beyond their particular domain of functionality*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 10).

48 Tradução livre nossa do original: “*un ser humano calculando un número real puede ser comparado con una máquina*” (TURING, 1937, p. 117 *apud* CASILLI, 2018, p. 47).

49 Tradução livre nossa do original: “*seres humanos que calculan*” (WITTGENSTEIN, 1945 *apud* CASILLI, 2018, p. 48).

50 Tradução livre nossa do original: “*while weak AI applications are ubiquitous and go largely unnoticed, the AI myth emerged around the possibility of strong AI*” (NATALE; BALLATORE, 2017, p. 8).

51 Tradução livre nossa do original: “*una articulación de subunidades que no contienen una significación en sí e cuya aplicación es puramente mecánica*” (CASILLI, 2018, p. 49).

52 Tradução livre nossa do original: “*reside justamente en esto: en que, al mismo tiempo que no necesitan de ningún discernimiento, estas funciones tiene, por eso mismo, como una propiedad emergente, un aire de inteligencia*” (SANKER, 1987, p. 634 *apud* CASILLI, 2018, p. 49).

Em vista disso, em seu estudo sobre o caráter ontológico dos computadores, Kelly (1992) indica o que pode advir das teorias criadas com base nos pressupostos de Turing, como a IA forte:

equiparar máquinas e homens fornece um apoio sutil à crescente opressão do homem como uma coisa, como um bem de consumo, como um objeto a ser usado para ambição, ganância ou gratificação. Conforme humanizamos a máquina, *coisificamos* nossos próprios aspectos. Prejudicamos a base da moral e da cultura⁵³ (KELLY, 1992, p. 311-312, itálico no original).

Das subdivisões da IA fraca apontadas por Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019), interessa-nos o AM, que cresceu na década de 2010 com o barateamento do poder computacional e a proliferação da *big data* e é atualmente “a abordagem dominante da IA”⁵⁴ (DYER-WITHEFOR, 2019, p. 12).

Conforme explicam Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019, p.12), o AM cria seus próprios modelos de inferência por meio de “abordagens estatísticas de reconhecimento de padrões”⁵⁵, que pode ser resumido pela sequência de coleta de dados, treinamento de um modelo sobre esses dados e fazer previsões de novos dados com base no modelo treinado.

O AM pode ser subdividido em três tipos: supervisionado, não-supervisionado e por reforço. Em suma, a abordagem supervisionada tem a intervenção humana para rotular os dados previamente para que o sistema aprenda e possa reproduzir em novos dados. Casilli (2018, p. 68-69) sintetiza o AM supervisionado:

as máquinas aprendem a interpretar informações e a executar ações por meio de interações humanas. Os últimos [os humanos] incorporam modelos que os sistemas inteligentes aprendem a reproduzir. É um momento de formação e treinamento de programas ainda torpes. Os seres humanos fornecem importantes retificações aos erros e vieses que as máquinas podem ter e, assim, participam no aperfeiçoamento e aprimoramento deles.⁵⁶

53 Tradução livre nossa: “*equating machines and man lends subtle support to the creeping oppression of man as a thing, as a consumer good, as an object to be used for ambition, or greed or gratification. As we humanise machine we thingify ourselves. We undermine basis for morals and culture*” (KELLY, 1992, p. 311-312, itálico no original).

54 Tradução livre nossa do original: “*the dominant approach to AI*” (DYER-WITHEFOR, 2019, p. 12).

55 Tradução livre nossa do original: “*statistical pattern-recognition approach*” (DYER-WITHEFOR; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p.12)

56 Tradução livre nossa do original: “*las máquinas aprende a interpretar informaciones y a realizar acciones a través de las interacciones con humanos. Estos últimos encarnan modelos que los sistemas inteligentes aprende a reproducir. Es un momento de formación y de entrenamiento de programas todavía torpes. Los humanos proporcionan rectificaciones importantes a los errores y a los sesgos que las máquinas pueden tener y, así, participan perfeccionándolas y mejorándolas*” (CASILLI, 2018, p. 68-69).

O modo não-supervisionado prescinde desse tipo de trabalho humano ao realizar uma classificação dos dados em classes de acordo com algum modelo estatístico, sem a intervenção humana. Através de representação numérica e vetorização, define proximidades entre os objetos analisados e assim os classifica por “conta própria”. Já o método por reforço é uma mescla dos dois, em que resultados parciais da técnica não-supervisionada são analisados por humanos para direcionar a corretude da técnica (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

Essa breve introdução de conceitos da IA servirá para, no capítulo 4, analisarmos aspectos do trabalho humano por trás do desenvolvimento de bons resultados dessas técnicas de IA. Nesse sentido, o uso intenso de seres humanos evidencia que "o fantasma da 'IA forte' (aquela que sobrepasa a dos humanos) progressivamente cede passo à única inteligência artificial possível: limitada, em geral, ineficaz sem a intervenção humana"⁵⁷ (CASILLI, 2018, p. 69).

2.4 ASPECTOS DO DETERMINISMO TECNOLÓGICO NAS IDEIAS DE AUTOMAÇÃO E DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Um elemento presente nas ideias de divulgação de novas tecnologias é a noção de que seu poderio técnico tem o potencial de alterar substancialmente as relações sociais, dominando-as e determinando-as. A isso chamamos de determinismo tecnológico, o conceito que expressa o entendimento de que a técnica e seus produtos – as tecnologias – impulsionam, moldam e definem as relações sociais em seus variados aspectos culturais, econômicos ou políticos.

Em uma abordagem inicial, é evidente, direta e fácil a constatação da presença do determinismo tecnológico em materiais de propaganda de novos produtos, em obras de ficção científica, e até mesmo em pesquisas acadêmicas – conforme vimos em seção anterior. Essa constatação imediata assim se dá pois a mensagem do domínio da tecnologia sobre o humano nesses casos é clara: o desenvolvimento da ciência e da IA até as últimas consequências resolverá todos os problemas da humanidade; ou, ao contrário, a IA desenvolvida e autônoma atingirá

⁵⁷ Tradução livre nossa do original: *"el fantasma de la 'IA fuerte' (aquella que sobrepasa la de los humanos) progresivamente le cede paso a la única inteligencia artificial posible: limitada, en general, ineficaz sin la intervención humana"* (CASILLI, 2018, p. 69).

um grau em que irá submeter ou extinguir a humanidade. Não há margem para dúvidas: nesses casos o determinismo tecnológico é explícito.

Há, entretanto, casos menos extremados de concepções deterministas que se fazem presentes no cotidiano e que hegemonizam certos entendimentos acerca da tecnologia. São percepções como “o celular domina nossas vidas”, “a televisão alterou nosso mundo no século XX”, “a internet controla a tudo e a todos”, “a vida conectada em rede é o futuro da humanidade” que circulam pelo imaginário social⁵⁸. A problemática nesses casos está na sutileza de tais ideias, pois possuem, em uma primeira análise, coerência. Afinal, o celular, por exemplo, de fato está presente em cada vez mais momentos da vida social e medeia cada vez mais ações do ser humano, tais quais a comunicação interpessoal, as relações de trabalho e momentos culturais e de lazer. Ademais, o ritmo acelerado com o qual novos produtos são lançados, com cada vez maior complexidade técnica e difícil compreensão para a maioria das pessoas, favorece a percepção de que, análogo ao surgimento da IA nos EUA – conforme seção anterior – essas tecnologias são poderosas e podem nos dominar. No caso do celular, há ainda o reforço de reportagens e estudos demonstrando que empresas e instituições governamentais e policiais tem técnicas para nos espionar a qualquer momento e em qualquer lugar. Desse modo, retornando à percepção do determinismo tecnológico no exemplo do celular, questionamos: implicam esses elementos em uma determinação da forma da vida humana pelo uso de celular? Ou, pelo contrário: pode-se afirmar que as tecnologias não exercem forte influência no ritmo de vida, nas relações interpessoais, na linguagem, na cultura, e em outras esferas sociais? Nossa resposta inicial a ambas as questões é não, a qual justificaremos ao longo das próximas seções.

Desse modo, cabe compreender, para além da constatação do determinismo tecnológico, o que mobiliza, quais os interesses movem esse tipo de propalação de ideias. Assim, nesta seção abordaremos o determinismo tecnológico presente no desenvolvimento da IA e em projetos tecnológicos similares, como nas teorias que pregam a automação total, o que servirá de base para a análise do determinismo tecnológico nas prescrições da I 4.0, no capítulo 3. Utilizaremos a perspectiva de CTS e do pensador Álvaro Vieira Pinto para realizar uma abordagem crítica ao tema.

⁵⁸ Não se tratam de citações diretas, mas apenas de alusões a frases hipotéticas que popularmente são difundidas no cotidiano.

Bazzo, Linsingen e Pereira (2000) reflexionam a respeito da importância dos estudos em CTS, os quais – colocando-se do ponto de vista do engenheiro (que podemos estender para a figura do desenvolvedor de técnicas e tecnologias: programador, designer, arquiteto etc.) –, para além da interdisciplinaridade, devem servir para aprofundar a

aposta na busca de análises críticas mais contundentes e aprofundadas sobre as repercussões que nossas criações técnicas – grande parte delas, no Brasil, nascidas nas escolas de engenharia – podem trazer para a sociedade (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2000, p. 1).

Procura-se com isso dirimir a postura desinteressada que os desenvolvedores de tecnologias costumeiramente assumem em relação a questões políticas, econômicas, filosóficas e culturais relacionadas ao produto de seu próprio trabalho, a tecnologia. Os estudos CTS auxiliam na superação desse “sonambulismo tecnológico” dominante nos cursos de formação de áreas em que há maior resistência a debates críticos e reflexões sobre a filosofia da técnica e tecnologia e discussões semelhantes (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2000, p. 1).

No caso das concepções da IA, uma vertente que possui importância – e que se assemelha à IA apocalíptica – é a dos cientistas que projetam a realização da IA como um “destino manifesto da informática”, a “fronteira final”, e que as novas gerações de cientistas devem “inspirar-se nas metas e desafios dessa grande busca” (FEIGENBAUM, 2003, p. 39 *apud* CASILLI, 2018, p. 73-74). Para Casilli (2018, p. 74), essas concepções estão repletas de noções que colocam a tecnologia, no caso a IA, como solução:

Declarar que pesquisas estão sendo conduzidas para simular a inteligência humana é, antes de tudo, uma maneira de os produtores de tecnologia estarem em paz com sua própria identidade no trabalho, para se representarem não como uma classe vetorial cuja função é gerenciar o tráfego planetário de cliques ou do estabelecimento de cadeias de subcontratação que acabam em algum lugar das fábricas digitais precárias nas áreas periurbanas dos países em desenvolvimento, mas como uma elite de tecnocratas que contribui para o progresso social e econômico da humanidade, produzindo inovações de ponta.⁵⁹

59 Tradução livre nossa do original: “*Declarar que se está efectuando búsquedas para simular la inteligencia humana es, ante todo, una forma que tienen los productores de tecnología de estar en paz con su propia identidad en el trabajo, de representarse no como una clase vectorialista cuya función es gestionar un tráfico planetario de clics o de establecer cadenas de subcontratación que terminen en algún lugar de los swetshops digitales en áreas periurbanas de países en vías de desarrollo, pero como una élite de tecnócratas que contribuye al progreso social y económico de la humanidad produciendo innovación de punta*” (CASILLI, 2018, p. 74).

2.4.1 CONCEPÇÕES DA TECNOLOGIA

Andrew Feenberg (2003) apresenta quatro principais vertentes da filosofia da tecnologia contemporânea (Quadro 1) – instrumentalismo, determinismo, substantivismo e teoria crítica – e o modo como concebem a tecnologia a partir de dois eixos: a posição em relação a valores nas tecnologias e a posição em relação ao controle da tecnologia pelo ser humano.

Quadro 1: Correntes da filosofia da tecnologia contemporânea.

A Tecnologia é:	Autônoma	Humanamente Controlada
Neutra (separação completa entre meios e fins)	<i>Determinismo</i> (por exemplo: a teoria da modernização)	<i>Instrumentalismo</i> (fé liberal no progresso)
Carregada de Valores (meios formam um modo de vida que inclui fins)	<i>Substantivismo</i> (meios e fins ligados em sistemas)	<i>Teoria Crítica</i> (escolha de sistemas de meios-fins alternativos)

Fonte: Feenberg (2003, p. 6).

Descreveremos na sequência, as quatro posições da filosofia da tecnologia contemporânea, sempre de acordo com Feenberg (2003).

O *instrumentalismo* é a perspectiva da tecnologia que a considera como um mero instrumento cujo objetivo é satisfazer as necessidades humanas. A tecnologia é totalmente controlada pelo ser humano e não possui valores. É, assim, instrumental e neutra e acredita que, quanto mais desenvolvidas as técnicas, maior o controle do ser humano sobre a natureza e, conseqüentemente, maior o progresso.

O *determinismo* é a vertente que acredita que a tecnologia controla os humanos e assim deve ser, pois, pelo seu caráter otimista, o desenvolvimento tecnológico serviria apenas para o progresso humano. Aqui, assemelha-se ao instrumentalismo na visão de progresso. Na visão determinista, contudo, a tecnologia não deve servir ao ser humano e a suas imperfeições: “não depende de nós adaptar a tecnologia a nossos caprichos, mas, pelo contrário, nós devemos adaptarmo-nos à tecnologia como expressão mais significativa de nossa

humanidade.” (FEENBERG, 2003, p. 7). Feenberg inclui Marx como um teórico desta posição, pois, segundo Feenberg (2003, p. 6), para os deterministas “a força motriz da história é o avanço tecnológico”⁶⁰.

O *substantivismo* é a posição que afirma que a tecnologia possui valores substantivos, em oposição à neutralidade do determinismo e do instrumentalismo. Esses valores definem limitações no uso da tecnologia pois, se, pelo instrumentalismo o resultado do uso de certa tecnologia será definido pelos propósitos, intenções e métodos de quem a usa, pela perspectiva substantivista a tecnologia possui valores intrínsecos e, sua utilização, mesmo que em diferentes contextos e propósitos, não está livre de seus condicionantes de valor. Feenberg (2003) traça um paralelo dessa concepção com a religião, no sentido que independente de qual religião uma pessoa siga, será sempre uma religião, com características próprias. Assim, o substantivismo possui certa intersecção com o determinismo, pois entende que “a autonomia da tecnologia é ameaçadora e malévola. Uma vez libertada, a tecnologia fica cada vez mais imperialista, tomando domínios sucessivos da vida social” (FEENBERG, 2003, p. 8).

Por fim, a *teoria crítica*, para qual “o problema não está na tecnologia como tal, senão em nosso fracasso até agora em inventar instituições apropriadas para exercer o controle humano dela” (FEENBERG, 2003, p. 9). Essa vertente concorda com aspectos do instrumentalismo e do substantivismo no sentido de que a tecnologia pode ser controlada pelo ser humano mas que ainda assim carrega valores. O equilíbrio deve estar entre escolher e controlar tecnologias com valores corretos. Um exemplo está na polêmica a respeito da liberação de armas para a população que, para Feenberg (2003, p. 10), é um caso em que o valor da tecnologia em si influencia, e o problema, como é tratado na abordagem instrumentalista, não se reduz à frase “armas não matam as pessoas, mas as pessoas matam as pessoas”. Nesse caso a tecnologia em si carrega valores tidos como problemáticos pelo autor, para quem, “na teoria crítica, as tecnologias não são

60 Aqui há divergência do autor deste trabalho em relação a Feenberg pois, para Marx, o motor da história não é o avanço tecnológico, mas, sim, a luta de classes. Mais adiante no texto, Feenberg (2003, p. 8) faz a seguinte colocação: “Entretanto, a posição que caracterizei como determinismo é usualmente otimista e progressiva. Marx e os teóricos da modernização do período de pós-guerra acreditaram que a tecnologia era o servo neutro das necessidades humanas básicas”. Esse excerto parece contradizer o dito anterior de Feenberg, pois permite uma interpretação de Marx como instrumentalista.

vistas como ferramentas, mas como estruturas para estilos de vida” (FEENBERG, 2003, p. 10).

Por fim, o autor, que se coloca como pertencente à teoria crítica, exprime qual caminho defende na utilização das tecnologias: “nós não temos que esperar por um deus para nos salvar, [...] mas podemos esperar salvarmo-nos através da intervenção democrática na tecnologia” (FEENBERG, 2003, p. 11).

Essas definições não são estanques e podem entremear-se entre si, conforme vimos, e servem para fornecer um panorama geral dessas concepções. Alguns autores analisados neste trabalho podem, pela classificação de Feenberg, ser enquadrados como deterministas ou instrumentalistas, o que não expressaria a totalidade de seu pensamento, como é o caso de Álvaro Vieira Pinto, que defende, em certo ponto, a neutralidade da técnica enquanto mediação do ser humano com a natureza em seu processo de hominização.

Vieira Pinto (2013a, 2013b), inclusive, dedica parte considerável de sua obra a criticar concepções classificadas por Feenberg como instrumentalistas, deterministas. Um exemplo dessa crítica é a análise que faz do que chama de superstição tecnológica. Vieira Pinto (2013a, 2013b) identifica nessa mentalidade duas concepções principais: a autonomia da técnica e a noção de que a tecnologia domina o ser humano. A primeira é a que crê na “autopropulsão da técnica, a qual se engendraria a si mesma e traria em si, imitando a mônada leibniziana, a lei do seu desenvolvimento” (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 350), que implica em que “o homem figura no papel de agente subsidiário do progresso, cuja lógica não está na cabeça dele, mas no simples curso dos fatos, cabendo-lhe colher os frutos de tão maravilhosa situação”, e que “a lógica dessa conclusão apresenta-se simples e irresponsável: em última análise, o homem não é o autor da técnica e nada impede a técnica de ser a autora do homem” (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 351). E essa conclusão implica ainda em outro resultado sobre a concepção da autonomia da técnica, que

assim mal interpretada, retira do homem o atributo, que lhe é consubstancial, de produtor de sua existência, e por conseguinte de tudo quanto contribui para ela, principalmente o mundo povoado de artefatos, concretização de suas ideias, para deixá-lo na condição de produzido pela técnica, atualmente não reconhecendo outro produtor senão ela mesma (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 351).

A segunda concepção, de que a tecnologia domina o ser humano, levada a cabo por um otimismo redentor a respeito do domínio da tecnologia,

oculta o verdadeiro papel do homem na criação tecnológica, e, mais que qualquer coisa, serve para exercer um influxo ideológico, que, sendo bem conhecidos os setores interessados de onde provém, representa sério perigo, impossível de subestimar (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 352).

Ademais, essa perspectiva representaria “um equivalente do ‘humanismo’ do nosso tempo” que é “intencionalmente armado em ideologia”, pois “a transmutação da técnica, fato objetivo atual, em promessa permite dirigir as esperanças das massas no sentido desejado pelos financiadores dos órgãos de publicidade” (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 352).

Para o restante desta dissertação, seguindo a análise de Álvaro Vieira Pinto, entenderemos o determinismo tecnológico como a concepção de que a tecnologia domina o ser humano, em que as técnicas avançadas preponderam sobre as capacidades humanas, e que há a tendência de diminuição do poder de influência humana sobre o mundo.

Voltando à classificação de Feenberg, é possível sugerir uma categorização de alguns dos exemplos de IA vistos até o momento. A IA forte, representada pelas vertentes como a IA apocalíptica e outras cuja principal característica é a superação do ser humano pelas máquinas, tal qual a teoria da singularidade, possui fortes características do determinismo tecnológico, pois prevê que a transferência de afazeres humanos para a tecnologia é inevitável e incorre em avanços inquestionáveis. A IA fraca, por sua vez, cujos teóricos e desenvolvedores ambicionam a reprodutibilidade de aspectos humanos com vistas a melhorar e superar a capacidade de execução de algumas tarefas, pode ser enquadrada nas concepções instrumentalistas da tecnologia. Contudo, apesar de um viés mais pragmático e instrumental de seu tratamento da tecnologia do que a IA forte, apresenta elementos deterministas ao, por exemplo, ambicionar que algumas técnicas de AM se autonomizem. Em relação à concepção subjetivista da tecnologia, há aspectos da IA apocalíptica e da IA forte que permitem sua adesão a ela, por exemplo, pela perspectiva de um mundo pós-humano como isento de problemas morais, o que revela a carga de valores que é atribuída à tecnologia. Ainda em relação ao subjetivismo, Feenberg (2003) situa autores como Aldous Huxley, que concebe um mundo em que a tecnologia converte os seres humanos em servos

disciplinados e obedientes, uma distopia levada a cabo por tecnologias autônomas carregadas de valores.

2.4.2 DETERMINISMO TECNOLÓGICO E O PROGRESSO TÉCNICO

Isto posto, iniciamos nossa análise a partir da observação de que o determinismo tecnológico faz parte das concepções que defendem que o progresso técnico, por si, sem a consideração sobre as relações sociais de produção, implica no progresso social. Por essa visão, o progresso tecnológico seria a locomotiva de “um bonde em cima de trilhos previamente colocados por alguém, que segue um caminho próprio, onde todas as nações deveriam embarcar; umas antes (as avançadas) outras depois (retardatárias)” (NOVAES; DAGNINO, 2004, p. 192). Essa analogia ao bonde em trilhos retos bem definidos e com um ponto de chegada em comum pode servir à compreensão também dos programas de I 4.0, que projetam realizações futuras como ponto de chegada ao qual nações mais avançadas alcançarão primeiro, conforme analisaremos em detalhes no capítulo 3.

Podemos assim afirmar que o desenvolvimento técnico-científico dos meios de produção⁶¹ não é por si responsável por progressos sociais, nacionais e populares. Sem a análise das relações sociais nas quais as tecnologias estão inscritas e de que modo estas medeiam essas relações, o ideal de progresso técnico pode corresponder concretamente ao recrudescimento do poder material e ideológico da classe dominante. E, estendendo o raciocínio para a divisão internacional do trabalho, o progresso tecnológico obtido por meio de reestruturações na produção de uma nação não representa necessariamente o caminho para o desenvolvimento das demais, sobretudo no caso de países subdesenvolvidos que, geralmente, arcam com o ônus do processo.

2.4.3 AS DETERMINAÇÕES DA TECNOLOGIA

A partir desta abordagem inicial, em que apresentamos e situamos algumas maneiras de conceber a tecnologia em sua relação com o desenvolvimento social, aprofundaremos nesta seção a reflexão a respeito das determinações sociais da

⁶¹ Conceito que desenvolveremos no capítulo 4 e que é, em síntese, o conjunto de infraestruturas relacionadas à mediação entre o trabalho humano e a natureza.

tecnologia. Em relação aos questionamentos iniciais desta seção 2.3, podemos reformulá-los colocando a indagação da seguinte maneira: para se analisar os efeitos da tecnologia nas dinâmicas sociais, dever-se-ia partir do estudo da tecnologia em si, isto é, das potencialidades técnicas e instrumentais dos artefatos, como se tais fossem independentes e autônomas, ou, de outro modo, bastaria uma análise do ambiente social, econômico, político e cultural, desconsiderando as questões técnicas?

Nossa posição é de que a tecnologia é socialmente determinada. Isso não implica, contudo, que, para entender os efeitos sociais da tecnologia basta estudar as dinâmicas políticas, econômicas e culturais nas quais está inserida, ignorando as características particulares dos artefatos. Entendemos que tal abordagem é reducionista ao deixar de considerar os aspectos sociais que se manifestam nos artefatos tecnológicos que, por sua vez, são instrumentos que operam socialmente a partir de planejamentos e interesses políticos e econômicos. Para desenvolver essa posição, apoiaremos nossa argumentação nos estudos de três autores interessados nas relações entre tecnologia e sociedade: David Noble, Langdon Winner e Álvaro Vieira Pinto.

Em seu ensaio, Noble (1979) busca compreender de que modo as tecnologias refletem as relações sociais. Em contraponto ao determinismo tecnológico, aponta que a tecnologia é “o produto de um processo social, uma atividade historicamente específica levada a cabo por algumas pessoas, e não outras, por propósitos específicos” (NOBLE, 1979, p. 103). Contudo, uma análise anti-determinista deve ir além dessa constatação e, como faz Noble, investigar as escolhas de projeto das tecnologias, que refletem as intenções, posição social e relações entre as pessoas, pois a “a tecnologia carrega a ‘impressão’ social de seus autores”⁶² (NOBLE, 1979, p. 104).

Nesse sentido, pelas palavras de Vieira Pinto (2013a, p. 54), “na necessidade de projetar a máquina está a verdadeira origem dela”. Outro estudo que complementa essa questão é o de Winner (1986), no qual o autor investiga em que grau há a incorporação de elementos políticos nos artefatos tecnológicos, como as relações de poder e autoridade. Em sua análise, Winner (1986) afirma que a determinação social da tecnologia tem uma “sabedoria óbvia” (WINNER, 1986, p. 2)

62 Tradução livre nossa do original: “*technology bears the social ‘imprint’ of its authors*” (NOBLE, 1979, p. 104).

e que serve como um “antídoto” (WINNER, 1986, p. 2) contra as concepções deterministas. Esse autor sugere, entretanto, que essa perspectiva social e acertada incorre em equívocos ao considerar que “*coisas técnicas não importam em nada*”, ao argumentar que há “boas razões para se acreditar que a tecnologia é politicamente significativa por si própria” (WINNER, 1986, p. 2, *itálico no original*). Alguns exemplos são citados pelo autor como casos de tecnologias inerentemente políticas, dois quais dois são de especial atenção para o nosso trabalho, as pontes de Mose e as máquinas moldadoras a ar comprimido.

As pontes de Mose são um conjunto de pontes da cidade de Long Island, em Nova Iorque, Estados Unidos, que possuem uma altura mais baixa que as demais. Essas pontes foram construídas deliberadamente mais baixas por Robert Moses, em meados do século XX, para dar acesso ao parque da cidade de modo a evitar a entrada de ônibus, devido a sua altura. Ocorre que, no período, a posse de carros era restrita às camadas médias e altas, sendo o ônibus o meio de transporte da população pobre e negra. De tal modo que essa construção refletiu, de acordo com relatos biográficos de Moses, seus preconceitos raciais e classistas. Isto é, o caráter político da tecnologia não se manifestou no seu uso, mas já em seu projeto⁶³. De modo similar, há o relato das máquinas moldadoras a ar comprimido, que foram implantadas na fábrica de ceifeiras Cyrus McCormick, no século XIX, a custos elevados e ainda em fase de testes. Na época, o dono da fábrica estava envolvido em enfrentamentos com membros do sindicato local e para “se livrar dos maus elementos entre os homens” (WINNER, 1986, p. 4) acelerou a mecanização de parte da produção, demitindo parte dos trabalhadores envolvidos com o sindicato. Em termos econômicos, as novas máquinas produziram menos e com maior custo do que o método anterior e, como resultado, “após três anos de uso as máquinas foram abandonadas, mas a esse tempo elas já haviam cumprido seu propósito: a destruição do sindicato” (WINNER, 1986, p. 4).

Dessa maneira, podemos depreender que as determinações sociais da tecnologia devem ser investigadas admitindo-se que o estudo das técnicas é parte fundamental desse processo. Ademais, além de exprimir questões culturais, de

63 O relato das pontes de Moses feito por Winner (1986) foi contestado por outros autores, como em Joerges (1999). Este autor afirma que as pontes não impediam a passagem dos ônibus conforme afirmado por Winner (1986) e que dessa maneira o fato que determinou sua análise seria falso. Contudo, conforme apontam Woolgar e Cooper (1999), as pontes de Moses, independente da possibilidade de se confirmar se os ônibus por elas podiam transitar ou não, ainda assim constituem um importante caso para a análise das relações entre tecnologia e sociedade.

poder e de visões de mundo particulares, como no caso dos preconceitos de Moses, as tecnologias incorporam em si as relações sociais do modo de produção em que vigoram, e, nesse sentido, incorporam as contradições das relações entre as classes sociais, atuando na manutenção e até mesmo no reforço das formas de dominação. Dickson (1973), ao estudar o surgimento das fábricas de tecelagem como resultado da concentração de artesãos antes dispersos, afirma que os objetivos principais dessa nova forma de organização do trabalho foram controlar e comercializar a produção dos tecedores sem perdas; maximizar a produção; controlar toda a inovação técnica de modo que só pudesse ser utilizada na acumulação de capital; e organizar a produção de modo a garantir que o capitalista fosse indispensável. Nesse sentido, a introdução e a constante inovação do maquinário possui, além da busca por ganhos econômicos imediatos, o controle da organização do trabalho:

a introdução de máquinas foi tanto uma parte das táticas cotidianas da luta de classes entre trabalho e capital, como um componente da estratégia global. Essas táticas incluíram inevitavelmente a necessidade de aumentar o controle social por parte do capital, e as relações autoritárias que isso implicava foram cristalizando-se nas máquinas que foram introduzidas. (DICKSON, 1973, p. 63).

Portanto, as tecnologias que cristalizam relações sociais e que atuam de modo a consolidá-las devem ser investigadas levando em consideração tal imbricação. Podemos ilustrar com um caso atual encontrado nas formas de trabalho por plataformas e aplicativos, das quais a chamada uberização é a mais destacada. O pesquisador que se dedique a analisar apenas aspectos técnicos do aplicativo (como quais algoritmos são utilizados, que tipo de protocolos são aplicados, com quais linguagens o *software* é programado, detalhes do banco de dados e outros mais), possivelmente chegará a resultados limitados sobre aspectos das condições do trabalhador, do modelo de negócio da empresa, das dinâmicas políticas e jurídicas que envolvem esse tipo de trabalho ou o impacto no comércio regional, por exemplo. De modo análogo, o pesquisador que investiga dados econômicos da empresa e dos trabalhadores, políticas relacionadas a esse tipo de trabalho, ambiente cultural em que está inserido, mas não busca entender o funcionamento do aplicativo, pode incorrer em algumas incompletudes em seus resultados. Em suma,

se a nossa linguagem moral e política para avaliar tecnologias incluir apenas categorias relativas a ferramentas e usos, se ela não incluir atenção ao significado dos projetos e arranjos de nossos artefatos, então ficaremos

cegos a muito do que é intelectualmente e praticamente crucial (WINNER, 1986, p. 5).

Com isso em vista, procuraremos nos orientar para abranger os elementos abordados até o momento. Pois, neste trabalho, como o objetivo é o estudo da I 4.0, buscaremos, no capítulo 3, investigar interesses sociais, políticos e causas econômicas, bem como analisar algumas das técnicas propostas e empregadas para, a partir de então, traçar comentários e críticas a respeito dos projetos da I 4.0.

2.4.4 DETERMINAÇÕES PARA A AUTOMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Conforme a análise da seção anterior, é possível observar que a decisão de introduzir novos maquinários no ambiente fabril não está restrita ao aumento imediato da produtividade, como pode ser esperado em um primeiro momento. Nesse sentido, processos de inovação que se propõem puramente técnicos, com vistas a resolver gargalos na produção ou a aumentar sua intensidade podem omitir elementos de poder, autoridade e formas implícitas de maior controle sobre a organização do trabalho. A esse respeito, dedicaremos esta seção para compreender dois aspectos que motivam a introdução de técnicas inovadoras para a automação de tarefas no ambiente produtivo: o elemento de controle da organização e do gerenciamento do trabalho e aspectos ideológicos associados a crenças e ilusões e não tanto ao pragmatismo da eficiência. Analisaremos ainda como alguns conceitos a respeito das capacidades da sistemas autônomos são problemáticos e equivocados.

Noble (1979) traz um estudo de caso sobre o processo de implementação de uma nova tecnologia para o controle de máquinas mecânicas de fábricas metalúrgicas (como tornos e máquinas de moagem) nos Estados Unidos. Tradicionalmente, essas máquinas eram operadas por trabalhadores habilidosos que possuíam conhecimento de todo o processo e, portanto, o resultado da produção dependia desses operários qualificados. Com a introdução de inovações técnicas nessas fábricas no século XIX, algumas operações manuais deixaram de ser realizadas totalmente pelos trabalhadores, e operários menos qualificados passaram a ter condições de operar algumas dessas máquinas. Entretanto os mais qualificados ainda mantinham o controle sobre o processo de produção, pois eram

responsáveis pela configuração e ajustes finos das máquinas. Com a difusão de dispositivos marcadores tornou-se possível vislumbrar a automação total dessas máquinas. O primeiro passo nessa direção foi por meio de fitas que armazenavam as instruções e de controladores que as transmitiam para as máquinas. As instruções das fitas eram programadas pelos trabalhadores que conheciam as máquinas e sua sequência de funcionamento. Assim, apesar dessa tecnologia possibilitar a transferência de grande parte do processo do operário para o maquinismo, a definição das instruções era ainda dependente dos conhecimentos do trabalhador. O ponto de inflexão foi a introdução da máquina controlada por números (*numerical controlled machines*, em inglês, doravante NC), que “era baseada em uma filosofia de manufatura completamente diferente”⁶⁴ (NOBLE, 1986, p. 105). A principal característica da NC foi no novo formato das instruções que

primeiro são divididas em uma representação matemática da peça, depois em uma descrição matemática do caminho desejado da ferramenta de corte em até cinco eixos e, finalmente, em centenas ou milhares de instruções discretas, traduzidas por economia em um código numérico, que é lido e traduzido em sinais elétricos para os controles da máquina ⁶⁵(NOBLE, 1986, p. 105).

Desse modo, a necessidade de trabalhadores qualificados com conhecimentos do maquinário e dos processos é reduzida ainda mais, enquanto que o controle gerencial da produção passa para os domínios da esfera do capitalista, pois “a gerência inicialmente acreditou nas promessas dos promotores de NC e tentou remover todas as decisões do chão de fábrica e atribuir pessoas não qualificadas às máquinas de NC”⁶⁶ (NOBLE, 1986, p. 118).

Nesse sentido, a partir de questionamentos que Noble (1986) faz no início de seu ensaio, já é possível prospectar alguns direcionamentos e perguntas norteadoras para nossa abordagem da I 4.0:

é apenas uma coincidência que a tecnologia tenda a fortalecer a posição de mercado dessas empresas e aumentar a autoridade administrativa na fábrica? Por que essa nova tecnologia assumiu a forma que assumiu, uma

64 Tradução livre nossa do original: “*was based upon an entirely different philosophy of manufacturing*” (NOBLE, 1986, p. 105).

65 Tradução livre nossa do original: “*are first broken down into a mathematical representation of the part, then into a mathematical description of the desired path of the cutting tool along up to five axes, and finally into hundreds or thousands of discrete instructions, translated for economy into a numerical code, which is read and translated into electrical signals for the machine controls*” (NOBLE, 1986, p. 105).

66 Tradução nossa livre do original: “*management initially believed in the promises of NC promoters and attempted to remove all decision making from the floor and assign unskilled people to NC machines*” (NOBLE, 1986, p. 105).

forma que parece torná-la acessível apenas a algumas empresas e por que apenas essa tecnologia? Existe outra maneira de automatizar máquinas-ferramenta, uma tecnologia, por exemplo, que poderia utilizar menos controle gerencial?⁶⁷ (NOBLE, 1986, p. 105).

Entretanto, há outros elementos que serviram como motivações para a adoção do sistema NC e que não estão explícitos, mas que definiram algumas das características e sua apreciação nos serve para traçar orientações importantes no método de análise das propostas da I 4.0.

Para além dos elementos econômicos e gerenciais, que podem ser inferidos a partir de reflexões imediatas, Noble (1986, p. 106) chama a atenção para a necessidade de incorporar na investigação “um olhar mais atento ao contexto social” com o fim de compreender “por que a tecnologia tomou a forma que ela tomou”⁶⁸. Para tanto, no caso da implantação do NC, fez-se necessário examinar a natureza da indústria de máquinas mecânicas.

Em suma, essa indústria de bens de capital é sensível a flutuações do mercado, com seus bons e maus momentos, além de ser direcionada à produção de máquinas específicas, feitas sob demanda para o cliente, isto é, personalizadas. Com isso, explica-se em parte o preço alto das máquinas mecânicas, dado o alto custo com trabalhadores especializados e de materiais, de modo que, para ter lucros, precisa de pedidos robustos de maquinários alta performance personalizados. Um parceiro ideal nesse cenário são as empresas de aeronaves militares de alta velocidade. De acordo com Noble (1986), houve, entre 1949 e 1959, 62 milhões de dólares em investimentos dos militares para o desenvolvimento do NC, o *software* que automatiza e flexibiliza a produção de peças fundamentais para as aeronaves militares. Como o sistema era ainda recente, com poucos casos de uso – devido também ao alto custo de implantação –

a força aérea comprometeu-se a pagar pela compra, insaturação e manutenção de mais de 100 máquinas de NC em fábricas de subempreiteiros; os contratados, os fabricantes de aeronaves e os fornecedores também seriam pagos para aprender a usar a nova tecnologia.

67 Tradução nossa livre do original: “*It is just a coincidence that the technology tends to strengthen the market position of these firms and enhance managerial authority in the shop? Why did this new technology take the form that it did, a form which seems to have rendered it accessible only to some firms, and why only this technology? Is there another way to automate machine tools, a technology, for example, which could lend itself less managerial control?*” (NOBLE, 1986, p. 105).

68 Tradução livre nossa do original: “*a closer look to the social context*”, “*why the technology took the form that it did*” (NOBLE, 1986, p. 106).

*Em suma, a força aérea criou um mercado para o NC*⁶⁹ (NOBLE, 1986, p. 107, itálico nosso).

Assim, com a difusão das máquinas NC nessas empresas e o crescente interesse militar, o investimento em pesquisa e desenvolvimento desse nicho tecnológico cresceu oito vezes na década de 1950 e, conforme Noble (1986) aponta, institutos de pesquisa como o *Massachusetts Institute of Technology* iniciaram pesquisas para melhoramentos do sistema NC. É desse cenário que emerge o sistema *Automatically Programmed Tools* (APT) que facilitava a programação das NCs, tornando esse processo mais flexível de acordo com os requisitos do setor aeronáutico, mostrando-se, a princípio, um sistema que, além de flexível, permitia o intercâmbio entre as máquinas dentro da mesma planta, além de facilitar trocas entre usuários, fornecedores e contratantes⁷⁰.

Desse modo, com o sucesso inicial do APT, a força aérea impulsionou a padronização desse sistema com o objetivo de fazê-lo a regra dos processos industriais desse setor, o que foi alcançado. Por meio de pressões comerciais e imposições de diversos tipos, as normatizações do APT passaram a dominar as indústrias do setor metalúrgico e de máquinas mecânicas. Com isso, pequenas e médias empresas enfrentaram dificuldades de adaptação ao sistema que, apesar de flexível, era de difícil operação, requerendo programadores habilidosos e computadores mais potentes, incorrendo em aumento de custos. Como resultado, Noble (1986) apresenta relatos de que o APT comportava-se de modo errático, instável e incerto e tornou-se “uma grande dor de cabeça para a indústria de aeronaves por um longo período”⁷¹ (NOBLE, 1986, p. 109). Além disso, por sua exclusividade no mercado, o APT inibiu, por uma década, o surgimento de alternativas que pudessem corrigir as dificuldades de sua operação, assim como levou as indústrias que optaram pela implantação do NC à dependência dos desenvolvedores do APT.

69 Tradução livre nossa do original: “*the air force undertook to pay for the purchase, installation, and maintenance of over 100 NC machines in factories of prime subcontractors; the contractors, aircraft manufactures, and the suppliers would also be paid to learn to use the new technology. In short, the air force created a market for NC.*” (NOBLE, 1986, p. 107).

70 Flexibilidade e intercâmbio (ou interoperabilidade) também são conceitos centrais nas propostas de I 4.0, conforme veremos no capítulo 3.

71 Tradução livre nossa do original: “*a major headache for the aircraft industry for a long time*” (NOBLE, 1986, p. 109).

Em suma, “o ponto é que o que tornou possível o NC – suporte massivo da força aérea – também ajudou a determinar a forma que a tecnologia tomaria”⁷² (NOBLE, 1986, p. 107).

Ainda nesse caso, há um elemento adicional que influenciou na adoção dos sistemas NC como substituição às fitas programáveis, que é o fator ideológico na decisão em utilizar os novos sistemas. Noble (1986) aponta que para os projetistas e engenheiros dos grupos de pesquisa – distanciados da metalurgia – o NC era “um símbolo da era do computador, da elegância matemática, do poder, da ordem e da previsibilidade, do fluxo contínuo, do controle remoto, da *fábrica automática*”⁷³ (NOBLE, 1986, p. 111-112, *itálico nosso*)⁷⁴, em oposição às fitas que eram tidas como ultrapassadas, pois seu projeto ainda previa a necessidade de habilidades humanas tradicionais para seu funcionamento e, como ideia de futuro, eram obsoletas. Analogamente à I 4.0, em que, conforme abordaremos no capítulo 3, há uma série de elementos que se utilizam de estratégias de convencimento, como a de projeção de um ambiente controlado, fluído e automático e que consegue assim mobilizar investimentos e interesse de pesquisa que almejam eliminar o trabalho humano do processo produtivo, o que encobre as relações sociais de produção.

Nesse sentido, Noble (1986, p. 112, *itálicos nossos*) sumariza a questão:

*o impulso para a automação total que o NC representava, como o esforço para substituir o trabalho pelo capital, nem sempre é totalmente racional. Isso não quer dizer que a motivação para o lucro seja insignificante – dificilmente. Mas as explicações econômicas não são a história toda, especialmente nos casos em que um amplo financiamento governamental torna a minimização de custos menos imperativa. Aqui a ideologia do controle emerge mais claramente como uma força motivadora, uma ideologia na qual a desconfiança da agência humana é fundamental, na qual o julgamento humano é interpretado como "erro humano". Mas essa ideologia é em si um reflexo de algo a mais: a realidade do modo de produção capitalista. A desconfiança dos seres humanos pelos engenheiros é uma manifestação da desconfiança do capital em relação ao trabalho. A eliminação do erro humano e da incerteza é a expressão da engenharia da tentativa do capital de minimizar sua dependência do trabalho, aumentando seu controle sobre a produção. A ideologia do *enginireeing*, em resumo, reflete as relações sociais antagônicas da produção capitalista. Na medida em que o *design* de máquinas, como as máquinas-ferramentas, é informado por essa ideologia, reflete as relações sociais de produção.*⁷⁵

72 Tradução livre nossa do original: “*the point is that what made NC possible – massive air force support – also helped determine the shape the technology would take*” (NOBLE, 1986, p. 107).

73 Tradução livre nossa do original: “*a symbol of the computer age, of mathematical elegance, of power, order, and predictability, of continuous flow, of remote control, of the automatic factory*” (NOBLE, 1986, p. 111-112,).

74 Ordem, previsibilidade, fluxo contínuo, controle remoto e fábrica automática são todos elementos condutores das narrativas da I 4.0, conforme veremos no capítulo 3.

Essa preocupação de cientistas e engenheiros em eliminar traços do que consideram tecnologias atrasadas e que mantêm elementos de trabalho humano não é movida por legítimas preocupações de retirar do trabalhador a faina do trabalho manual e repetitivo, liberando-o para tarefas menos desgastantes e mais satisfatórias. Mas, representa um desejo de cumprir um projeto ideal de automação pela produção de um mundo determinado pela tecnologia.

Esses desejos escondem o que Vieira Pinto chama de “superstição tecnológica” (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 346) e que se desenvolve em uma “ideologia de dominação” (Id., Ibid., p. 352). Dentro dessas perspectivas ingênuas, o determinismo tecnológico é elemento central no processo de conformação de uma visão de mundo na qual é imperiosa a busca por uma civilização tecnológica. Esse sentimento cruzadista do qual se imbuem engenheiros e cientistas é manifestado por argumentos que se utilizam da técnica para justificar seus objetivos.

O seguinte trecho explicita as estratégias retóricas dos cruzadistas a que nos referimos acima:

a técnica, função imanente ao ser humano, é usada para justificar a apropriação privada do mais intransferível dos caracteres do homem, o seu trabalho. Não se trata de erro intelectual acidental ou inconsciente, mas ao contrário de erro programado para fazer dele uma ideologia de dominação. A finalidade última dessa construção consiste em proceder a uma transformação do regime de trabalho, que progressivamente vai passando de braçal ou intelectual inferior para se tornar automatizado, com o fim de prevenir as consequências negativas para o regime espoliativo que advêm da introdução da moderna tecnologia. As modificações impostas por esta última são profundas, e dada a estrutura de relações sociais vigentes e os interesses que ditam as transformações tecnológicas nas regiões subdesenvolvidas, dificilmente serão exortados os malefícios que afetarão grande parte da massa trabalhadora, despedida dos procedimentos antigos, sem dúvida penosos, menos rendosos e mais desumanos, porém aos quais, paradoxalmente, estava habituada e com os quais se conformava porque de qualquer forma deles tirava os escassos meios de subsistência (VIEIRA PINTO, 2013a, p. 353-354).

75 Tradução livre nossa do original: “*The drive for total automation which NC represented, like the drive to substitute capital for labor, is not always altogether rational. This is not to say that the profit motive is insignificant – hardly. But economic explanations are not the whole story, especially in cases where ample government financing renders cost-minimization less of an imperative. Here the ideology of control emerges most clearly as a motivating force, an ideology in which the distrust of the human agency is paramount, in which human judgment is construed as “human error”. But this ideology is itself a reflection of something else: the reality of the capitalist mode of production. The distrust of human beings by engineers is a manifestation of capital’s distrust of labor. The elimination of human error and uncertainty is the engineering expression of capital’s attempt to minimize its dependence upon labor by increasing its control over production. The ideology of engineering, in short, mirrors the antagonistic social relations of capitalist production. Insofar as the design of machinery, like machine tools, is informed by this ideology, it reflects the social relations of production.*” (NOBLE, 1986, p. 112).

A esse respeito, aludimos ao estudo de Pardi *et al.*, (2018)⁷⁶ que investiga o futuro do trabalho na indústria automotiva em meio a perspectivas da introdução de novas tecnologias de automação e digitalização dos processos produtivos⁷⁷. Para estes autores, ainda é cedo para realizar análises mais profundas sobre as dinâmicas e efeitos da I 4.0, pois não há nada de muito de concreto produzido. Entretanto, alguns elementos são notáveis e serão destrinchados no capítulo 3. Como Noble (1986, p. 117) aponta, a introdução das tecnologias que envolvem muito capital na produção, deve ser justificada “em termos de lucro”, mas isso omite outras causas. No caso da automação da produção, tal processo é “impulsionado, não apenas pelo lucro, mas pela própria ideologia da automação, que reflete as relações sociais da produção”⁷⁸(NOBLE, 1986, p. 117). Na documentação da I 4.0 é possível inferir – conforme veremos no capítulo 3 – que, nesse mesmo sentido, há elementos que escapam ao motivo direto da lucratividade, sendo o ideológico um deles, conforme Pardi *et al.* (2018, p. 83) afirmam: “o que está novamente presente e difundido pela *doxa* ‘Indústria 4.0’ é a automação por uma questão de automação”⁷⁹.

Em síntese, o estudo de Noble (1986) possui relevância central por apontar que a implantação da automação pode ser motivada pela necessidade de retirar do trabalhador a possibilidade de deter os conhecimentos sobre os processos de trabalho, algo que deve ser investigado no que tange às propostas da I 4.0. Por outro lado, o autor propõe direcionamentos metodológicos para a análise de tecnologias na produção que auxiliam a traçar caminhos para a investigação do objeto desta dissertação, uma vez que explora o fato de que a automação não é algo típico do século XX, mas um horizonte perseguido por teóricos do capitalismo industrial desde o século XIX, como Andrew Ure⁸⁰.

76 Esse estudo será explorado em maiores detalhes no capítulo 3.

77 Pesquisas sobre a indústria automotiva possuem particular relevância para este trabalho pois, como apontam Pardi *et al.* (2018), este setor é historicamente pioneiro na introdução de inovações na produção, além de concentrar a maior fatia dos empregos na indústria e de possuir o maior percentual deste capital.

78 Tradução livre nossa do original: “*in terms of making a profit*”, “*driven forward, not simply by the profit motive, but by the ideology of automation itself, which reflects the social relations of production*” (NOBLE, 1986, p. 117).

79 Tradução nossa livre do original: “*what is again present and diffused by the ‘Industry 4.0’ doxa is the drive for automation for the sake of automation*” (PARDI *et al.*, 2018, p. 83).

80 “A mais perfeita das fábricas, segundo o próprio Ure, pode obviar inteiramente o trabalho manual” (CASILLI, 2018, p. 53). Tradução livre nossa do original: “*La más perfecta de las fábricas, según el mismo Ure, puede obviar enteramente el trabajo manual*” (CASILLI, 2018, p. 53).

2.4.5 AUTOMAÇÃO E CIBERNÉTICA

Na seção anterior abordamos algumas das motivações para a implementação de mecanismos autônomos na produção. Dentre elas, além do imediato interesse econômico, observamos que há interesses como o de diminuir o controle do trabalhador do processo de produção e o desejo, que expressa um elemento ideológico, de introduzir máquinas e técnicas que simbolizam um futuro idealizado automatizado, isto é, a automação como dogma. Além disso, vimos como a análise da tecnologia e do contexto social em que foi projetada e implementada evidencia aspectos das relações sociais de produção – no caso, do sistema capitalista de produção – que nela estão corporificadas.

O uso da IA na produção está associado à criação de ambientes autônomos, que, com um grau avançado de independência que seria obtido por sistemas e máquinas inteligentes, obliterariam a função do trabalhador humano⁸¹ nos processos produtivos. Desse modo, antes de adentrarmos na análise da IA na produção – seção seguinte –, abordaremos, brevemente, algumas problemáticas em torno da automação como levantadas por Álvaro Vieira Pinto.

Resgatando o debate anterior a respeito das concepções de tecnologia e das vertentes da IA, observamos que, dentre as visões deterministas há as pessimistas e as otimistas. Aquelas idealizam um futuro material e moralmente superior com a dominação da tecnologia sobre o ser humano, e as que compreendem um cenário de submissão e até mesmo extinção do gênero humano pelo domínio das máquinas. Ambas carregam um componente de dominação ideológica que se reflete, por exemplo, nas perspectivas em relação ao trabalho. As otimistas, por exemplo, para Vieira Pinto (2013b, p. 527), projetam futuros esperançosos como forma de ilusão:

a crença no milênio, em que os homens estarão libertos da servidão ao trabalho, delineia um engodo do pensamento primário venenoso, que acena com essa impossível condição para criar no espírito do atual trabalhador explorado a esperança de um porvir radioso, no qual as máquinas quebrarão os grilhões que o prendem, livrando-os de qualquer esforço, até do ato de pensar.

81 Utilizamos o termo redundante “trabalhador humano” para reforçar a ideia de que o desejo por trás da autonomização é eliminar o componente humano da produção. A redundância se dá pelo fato de o trabalho ser exclusivamente humano, isto é, as máquinas não trabalham, como veremos em seções posteriores.

Nesse sentido, para o autor, às classes dominantes “arroga-se não somente o direito da direção atual da sociedade, mas ainda o da confecção de tempos vindouros”, pois é o que lhes resta: “prometer-lhe [ao oprimido] o futuro vindouro, já que nada lhe quer dar no presente”, e, para tal, “torna-se preciso fazer crer que os tempos distantes estão sendo desde agora preparados por eles, e sendo assim desde já lhes cabem de direito todas as benemerências” (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 527). Parte dessa crítica de Vieira Pinto é direcionada aos teóricos da cibernética que, “desenvolvida com o fundamento em preocupações sérias sobre os problemas da produção automatizada do nosso tempo”, e na qual “era prometido um futuro melhor às massas com fundamentos nas esperanças cultivadas por todos os explorados”, teve, em seus porta-vozes, uma alteração nas percepções, e que “atualmente [...] se arregimentam para criar a ideologia ‘científica’, que assegura ser uma situação inevitável o *dolce far niente*⁸²” (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 528). Com isso,

muito compreensivelmente, os iludidos sentem-se por antecipação já instalados na Idade de Ouro, e devendo essa felicidade ser geral, acreditam estar desde agora dissipadas as desigualdades sociais, o que faz prever a imediata conciliação de todos os homens na expectativa da próxima vinda do Messias, no caso a parúsia da automação cibernética total. (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 528).

Consideramos que a IA é umbilicalmente ligada à cibernética, sendo difícil até mesmo fazer uma clara diferenciação entre essas áreas do conhecimento humano. Pode-se dizer que a principal diferença está na antecedência pois, como apontou (BUCHANAN, 2006) (vide seção 2.1 desta dissertação), a cibernética foi um dos campos da ciência constituintes da IA e, conforme o autor, a IA adquiriu o poder de influência nesses campos que a constituíram, de modo que podemos inferir que cibernética absorve alguns dos elementos da IA, assim como a IA possui, geneticamente, um DNA na cibernética. Ou seja, ainda que seja possível, em um nível maior de profundidade, uma diferenciação entre essas duas áreas, para os objetivos do presente trabalho tal tarefa não se faz necessária, para além da menção à ordem cronológica, tendo a cibernética adquirido maior notoriedade a partir da décadas de 1940 e a IA a partir das décadas de 1950 e 1960. Dadas as imbricações entre ambas e pelo fato de várias análises trazidas da obra de Álvaro Vieira Pinto para este trabalho estarem no contexto de críticas ao pensamento cibernético – como as abordagens futuristas e ideologizadas da automação trazidas

82 Locução italiana que exprime o ideal de ociosidade despreocupada.

anteriormente – faz-se necessário um aparte para uma descrição, ainda que sucinta, das discordâncias do pensador brasileiro em relação a algumas teorizações da cibernética.

A difusão dos estudos da cibernética no século XX (em momento contemporâneo ao da emergência da IA), principalmente pelos escritos de Norbert Wiener, associa-se à concepção de ser humano como máquina. Cibernética deriva de *Kubernetes* – piloto, controle – e tem como propósito “desenvolver uma linguagem e técnicas que nos capacitem, de fato, a haver-nos com o problema do controle e da comunicação em geral” (WIENER, 1993, p. 17). Sob a perspectiva do controle e do fluxo de informações, a cibernética enxerga o ser humano como uma máquina que possui mecanismos de retroalimentação – “capacidade de poder ajustar a conduta futura em função do desempenho pretérito” (WIENER, 1993, p. 33) –, com entrada, saída e memória, um “organismo comunicativo” (WIENER, 1993, p. 48). Por essa vertente, a reprodução do pensamento humano é possível pela analogia entre o sistema nervoso e máquinas digitais, sendo o ser humano um tipo de máquina, já que “em certo sentido, todos os sistemas de comunicação terminam por máquinas, mas os sistemas comuns de linguagem terminam por um tipo especial de máquinas conhecido como ser humano” (WIENER, 1993, p. 77). Como aponta Vieira Pinto (2013b, p. 587): “os defensores da inteligência cibernética fundam-se principalmente na esperança de os atos reveladores do poder criador do espírito virem a ser desempenhados pelas máquinas processadoras de dados”.

Segundo Vieira Pinto (2013b, p. 160),

as definições de cibernética encontradas nos principais especialistas, e principalmente na obra dos fundadores da ciência, diferem bastante umas das outras, [...] mas coincidem por englobar em sentido formal as duas classes de seres [ser humano e máquina].

Vieira Pinto credita alguns problemas no desenvolvimento das teorias da cibernética, como o “rumo formalista tomado pelo pensamento cibernético”, à perspectiva filosófica equivocada de seus pensadores.

Desde Wiener que os cibernéticos não pretendem penetrar na essência dos objetos dos quais se ocupam. Retiram delas noções que deveriam ser aproveitadas nos desenvolvimentos teóricos subsequentes, mas aspiram apenas a construir “modelos” espelhados em representações matemáticas suficientemente amplas para incorporar o maior número de aspectos formais dos seres estudados, de modo a verificar se a sucessão dos comportamentos segue etapas entre as quais seja possível estabelecer relações biunívocas (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 161).

Em relação aos fundadores do campo, Vieira Pinto (2013b, p. 161) crítica a “obsessão, caracteristicamente positivista ou behaviorista, de somente ater-se às aparências dos fenômenos” , já que “quando os autores mencionam assuntos de ordem social [...] não o fazem com a menor compreensão do conteúdo humano desses problemas mas os tratam com a mesma indiferença à evolução histórica em geral” (Id., Ibid., p. 163). E, como defende a revisão e refundação da cibernética para um possível desenvolvimento técnico mais humanista, pontua que

devemos dizer, com efeito, que se trata de tirar a cibernética dos impróprios e incorretos alicerces onde foi plantada para transportá-la para outra base, a que será fornecida pela lógica dialética (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 160).

A respeito das perspectivas histórico-sociais da suposta “era da automação” que estava no horizonte com os avanços dos dispositivos eletrônicos e a cibernética da época, Wiener (1983, p. 158, *itálico nosso*) parte de um análise otimista pelo fim do trabalho fabril.

Que podemos esperar de suas consequências econômicas e sociais? Em primeiro lugar, podemos esperar cessação definitiva e abrupta da necessidade de mão-de-obra fabril do tipo que executa tarefas puramente repetitivas. Ao fim e ao cabo, a natureza extremamente desinteressante da tarefa repetitiva poderá fazer dela algo de bom e fonte do ócio necessário para o pleno desenvolvimento cultural do Homem.

A percepção otimista prevê um interregno turbulento até a estabilização do cenário:

recordemos que a máquina automática, qualquer que seja nosso pensamento acerca dos sentimentos que possa ou não ter, é o *exato equivalente econômico do trabalho escravo*. Qualquer mão-de-obra que concorra com o trabalho escravo deve aceitar-lhe as condições econômicas. Está claro que isso suscitará uma situação de desemprego, comparada à qual a atual recessão, e mesmo a depressão de trinta parecerá uma brincadeira. Tal depressão arruinará muitas indústrias — possivelmente até mesmo as indústrias que se aproveitaram das novas potencialidades. Contudo, nada existe na tradição industrial que proíba a um industrial obter lucro certo e rápido e safar-se antes que o colapso financeiro o atinja pessoalmente (WIENER, 1983, p. 159, *itálico nosso*)

Nosso destaque no excerto acima expõe uma diferença substancial na concepção de máquina entre a cibernética de Norbert Wiener e a visão de Álvaro Vieira Pinto, pois, para este a máquina não trabalha e, além disso, a tecnologia medeia as relações de produção humanas.

Pelo fato da automação ser um conceito chave na análise de Vieira Pinto sobre o processo de hominização do ser humano por meio da técnicas, e compôr um tema central nesta dissertação (porquanto a automação é recorrente no projeto

de I 4.0), permitir-nos-emos o uso de alguns trechos mais extensos da obra desse autor com vistas a preservar o desenvolvimento de suas argumentações.

Para Álvaro, a automação faz parte do desenvolvimento histórico da técnica – por conseguinte, da humanidade –, em oposição aos cibernéticos que “com frequência cometem o ingênuo engano de acreditar que a automação começou com a obra da ciência recém-surgida” (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 619). Desse modo, para Vieira Pinto (2013b, p. 619), “a automação aparece como um processo social permanente”. Abaixo, o autor traça um breve histórico desse processo social.

Em princípio, faz-se mister acentuar que o homem, por um aspecto peculiar ao seu processo evolutivo, agora transcorrendo no campo intelectual, sempre cultivou o projeto racional de transferir para outros agentes a parte mais espinhosa dos encargos da produção social. Não nos deparamos aqui com qualquer espécie de “tendência” psicológica, expressão patognomônica de explicação errônea, de uma “vontade” de se libertar do trabalho, ou com outras formulações especulativas igualmente fantasiosas. O homem foi forçado a transferir para outros agentes, de início os animais ou os seus próprios semelhantes quando equiparados a estes, em virtude do domínio de uma minoria social, e depois para as máquinas, a parte penosa do trabalho porque este, feito exclusivamente por indivíduos humanos, se manifesta sempre menos rentável em comparação com o volume de exigências sociais a que deve atender. Daí a necessidade de associar à sua força física pessoal a de outros operadores, num processo que remonta às origens do sistema produtivo definitivamente constituído com caráter social. Se foi longa a fase da “automação” pela domesticação de fortes animais de trabalho, entre os quais se contavam os mesmos homens, em regime de produção escravista, isso se deve ao precário equilíbrio que a exclusão das grandes massas trabalhadoras do âmbito dos consumidores propiciava às minorias que os punham, juntamente com os irracionais, ao seu serviço. Tal foi a prolongada fase pré-industrial, em que não surgira ainda, com o caráter de reclamo social urgente, o aumento da produção, para atender a um consumo que os proprietários dos meios de fabricação desejavam constantemente incentivar, por ser a condição de sustentação e incremento de seus lucros. Esgotada a força animal, era preciso dominar outras forças naturais e fazê-las servir à produção social. O capitalismo nascente incentivou por todos os meios o progresso das ciências físicas na procura de forças motrizes naturais e desdobrou as técnicas de aproveitamento das energias capazes de ser extraídas de processos e fenômenos não pertencentes ao campo da vida. A automatização passou a ser feita pelas máquinas gradativamente inventadas, substituindo a forma feudal do trabalho artesanal, à medida que progredia o conhecimento dos fenômenos da natureza e das fontes de energia oferecidas pela matéria (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 618-619).

Para o autor, a produção automatizada não define uma nova espécie de formação social, já que “dialeticamente, a análise revela-nos não haver mudança efetiva no modo de produção” (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 497), pois

a mudança de fase histórica não se define pela variação do tipo de máquinas operatrizes ou, em geral, pela alteração dos meios operatórios que executam as transformações da natureza nos processamentos de fabricação de bens materiais, mas pela substituição do sistema de relações sociais que utiliza as máquinas (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 497-498).

A respeito do papel que a tecnologia cumpre no desenvolvimento das forças produtivas e de que modo isso altera o sistema de relações sociais, abordaremos no capítulo 4 em maiores detalhes. Antecipamos aqui algumas considerações de Vieira Pinto (2013b, p. 498) a esse respeito:

enquanto o desenvolvimento das contradições do processo produtivo não conduz ao amortecimento, estagnação e paralisia do regime social de produção predominante em uma comunidade humana, obrigando-a a passar de uma forma de convivência, de um regime de relações de trabalho a outro, não houve mutação histórica essencial, não foi virada uma página do livro onde se registram os eventos da humanidade. A produção automática não cria nenhuma espécie de formação social e a prova nos é dada pelo fato de, em sentido geral, ser adotada, e achar-se em plena expansão, em países de regimes sociais e políticos diferentes⁸³.

Ainda nesse sentido, a respeito de como se dá a influência das tecnologias no modo de produção e sobre seu papel histórico, o autor exprime que

uma invenção técnica, a realização de algum novo maquinismo para substituir o trabalho humano, ou fazê-lo mais perfeito, estabelece um dado positivo no avanço do processo histórico, não porém por influência direta pela ação, como causa em si, o que a converteria em motor da história, mas pelo papel indireto e secundário de contribuir para transformar a mediação exercida nas relações entre os homens. *A criação tecnológica não atua como fator autônomo no curso da história*, dela não decorre imediatamente uma nova situação, mas representa apenas *a substituição de um tipo de mediação por outro*, o que portanto não lhe retira jamais o valor de mediação, não a promove ao *status* de causa. *São os homens que engendram as transformações históricas* pela forma como passam de um a outro modo de organizar as relações entre si, lançando mão para isso dos instrumentos e técnicas produtivas de bens necessários à existência, que encontram ao alcance, adquirem ou inventam (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 498, itálico nosso).

Observa-se que há, por vezes, alternância no emprego das expressões “automação” e “automatização”. A respeito desta distinção, que para os teóricos da cibernética ocupa espaço relevante, Álvaro considera que suas diferenças são mais de forma que de conteúdo, apontando que: “a distinção entre automatização e automação, aceitável desde que reduzida à completa inexpressividade, não passa de uma sutileza de menor importância” (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 618), pois

o que há de grave na desnecessária diferenciação [entre automação e automatização] está em *fazer perder de vista a base social da criação da máquina automatizada*, representada pelas exigências atuais de substituição da atividade humana pelo funcionamento de sistemas artificiais (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 617, itálico nosso).

83 Aqui o autor refere-se ao campo socialista da época, representados, principalmente, por União Soviética e China. A consideração do avanços das forças produtivas em regimes socialistas é complexa e não cabe no escopo desse trabalho.

Nesse sentido, reforça que

a formulação formal do conceito de automação revela-se não somente insuficiente, mas comprova ser sobretudo ideológica. Está a serviço de uma concepção da sociedade que visa a diminuir o papel do homem, o verdadeiro trabalhador, transferindo as honras da produtividade superior para as máquinas (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 620).

A respeito das ideias de que há, na automação, a transferência da produtividade para as máquinas, como no excerto acima, o autor evidencia o componente ideológico de tal concepção:

desnecessário será dizer que a expressão “transferir as honras para as máquinas” de fato quer dizer transferi-las para a classe dominante, a classe proprietária das matérias-primas, parques, fábricas, serviços, força de decisão nas regulamentações governamentais e demais instrumentos e fatores de produção. *Qualquer tentativa de ocultamento do papel do homem em geral, e do operário em particular, no processo de produção, necessariamente sempre social, obedece ao um intuito nitidamente ideológico e moralmente desumanizador. Tende a quebrar a força do argumento de que as massas obreiras dispõem, quando afirmam, com razão, serem elas a classe verdadeiramente trabalhadora e produtora* (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 620, itálico nosso).

O trecho destacado acima antecipa parte da discussão a respeito da IA na produção – tema da próxima seção – pois o que se observa no contexto atual é que muitas das estratégias de propagação e da difusão de técnicas de IA nos novos cenários de produção e das relações de trabalho omitem e invisibilizam o trabalho humano que possibilita o funcionamento desses sistemas e maquinismos tidos como inteligentes (CASILLI, 2018).

A esse respeito, e como visto em Noble (1986), a introdução de inovações automáticas no ambiente fabril tem como um de seus objetivos o aumento da distância entre o trabalhador e o conhecimento sobre os processos. Em consonância, Vieira Pinto argumenta que

se o homem continua sendo sempre o verdadeiro agente de toda produção social, o afastamento das massas trabalhadoras significa realmente o rebaixamento delas à condição de cooperadoras cada vez mais longínquas do centro fabricante, onde imperam as máquinas. Tal afastamento [...] dá pretexto a que os exploradores do trabalho [...] encontrem falsas razões para alegar a desnecessidade de sustentar a atuação de consideráveis contingentes obreiros. *Assim, o industrial considera a automação um triunfo da técnica exatamente porque tem por principal efeito dispensar o trabalho, sempre irregular e imperfeito, das mãos e até dos olhos humanos* (VIEIRA PINTO, 2013, p. 626, itálico nosso).

Contudo, Álvaro não se filia às escolas pessimistas e negacionistas em relação à técnica e, no caso, à automação. A respeito das consequências da

automação sobre o trabalho, Vieira Pinto (2013b, p. 620-621, *italico nosso*) reflete que

tem sido comprovado que nas sociedades do tipo das nossas causa desemprego e rebaixa o valor da mão-de-obra. Contudo, este não constitui um resultado obrigatório da automação em si mesma, que *igual a qualquer outro progresso técnico, é por natureza benéfica*. Se mais homens deixam de trabalhar nas formas penosas, haverá maior disponibilidade de indivíduos que, devidamente educados, ingressarão no setor criador da sociedade, nos mais diversos campos da cultura, da pesquisa, do conhecimento, da arte e do próprio desenvolvimento da automação.

Conforme apontamos anteriormente, o pensador brasileiro não se opõe à cibernética e à automação de forma incondicional, mas sim às suas abordagens formalistas, a-históricas e dissociadas de análises das relações sociais de produção.

Noble (1986) observou que a tecnologia, além de refletir aspectos das relações sociais de produção, também funciona com um mecanismo de propagação e reforço dessas relações. Há um outro aspecto sobre a automação no qual Vieira Pinto vislumbra um potencial libertador. Ressalta-se que, distanciado de concepções ingênuas ou vinculadas à dominação de classe, essa perspectiva libertadora não está vinculada à capacidade técnica ou a uma superioridade moral dos artefatos tecnológicos, como para os deterministas, mas pelas consequências que processos acelerados de automação podem ter na consciência dos trabalhadores. Para Vieira Pinto (2013b, p. 626), as novas técnicas não podem acontecer “sem repercussões na consciência do operário, sem afetar a compreensão de si e da sociedade implicada por toda modalidade de transformação da realidade”. Pois a automação

aumenta a diferencial entre o estado do trabalhador qualificado para serviços especializados, para o manejo das máquinas cibernéticas, e capaz de repará-las, de um lado, e o dos que, por insuficiente aprendizado cultural, serão votados ao regime da rotina subalterna das fábricas pobres, os setores marginais e desvalorizados das empresas, escritórios, comércio e repartições públicas, ou ao labor pesado, braçal, de meros carregadores de material. Os últimos cada vez mais se convertem em máquinas humanas para trabalhos grosseiros. *Nesse sentido, a automação pode colaborar no processo geral como fator revolucionário* (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 625, *italico nosso*).

A esse respeito, a introdução da automação, nas condições em que Álvaro Vieira Pinto analisa,

determina um número maior de trabalhadores primários a ficarem submetidos às máquinas, exatamente sob a forma contraditória de não poderem operar com elas. Dependem mais estreitamente dos maquinismos não porque recebam diretamente a influência, julgada nefasta, dos engenhos, mas justamente pela ação oposta, porque o desenvolvimento destes, passando a realizar-se em outro plano da produção social, vem

piorará suas condições de vida, condenando-os ao imediato afastamento, à perda de qualquer esperança de ascensão humana na atual condição, uma vez que os requisitos para tanto vão se tornando cada vez mais inacessíveis a eles.

Com o aumento do desnível social do trabalho, os raros qualificados conseguem prosseguir o aperfeiçoamento, capacitando-se a operar com máquinas automatizadas do último tipo, ao passo que as multidões de desqualificados anônimos [...] veem baixar relativamente a situação onde vegetam, porque são obrigados a disputar posições cada vez mais inferiores (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 628)

Com tais elementos de acirramento da exploração das massas de trabalhadores, surge uma possibilidade da utilização humanizadora e libertadora pelos trabalhadores das técnicas que servem à sua exploração:

eliminados os aspectos alegóricos de vituperações delirantes, a compreensão sóbria deseja exprimir a noção de que o progresso na produção automatizada deve sempre ser julgado desejável e prosseguirá intensamente, mas ao mesmo tempo esse progresso condicionará tantas crises quanto necessárias para que as grandes massas trabalhadoras, nos centros e nas periferias, eliminem as opressões que ainda suportam. *A título de instrumento de ação da consciência esclarecida e convertida a se, terão de valer-se para isso da máquina, que, até certo ponto crítico da curva histórica, foi a arma da exploração, transformando-a em instrumento de libertação para toda a humanidade* (VIEIRA PINTO, 2013b, p. 629, itálico nosso).

Nessa seção expusemos alguns elementos das noções de automação, como no caso da cibernética, que podem ser classificados como deterministas. Procuramos realizar um contraponto a essas teorias por meio das críticas feitas pelo filósofo brasileiro Álvaro Vieira Pinto. Dedicamos ainda espaço para uma breve descrição da teoria cibernética de Norbert Wiener. Justificamos essa abordagem pois defendemos que para compreender os principais elementos do projeto da I 4.0 é preciso elencar ao máximo suas partes constitutivas para, como aponta Noble (1986), determinar quais os processos sociais a envolvem, a fim de desnudá-la para extrair os aspectos ideológicos e os interesses nela corporificados. Desse modo, como os três elementos abordados nesse capítulo – IA, automação e cibernética – são alicerces conceituais para a I 4.0, conforme observaremos no capítulo 3, é preciso trazê-los à tona, despindo-os de possíveis interpretações idealizadas e enganosas que podem conduzir a efeitos similares quando da análise da I 4.0.

Além disso, ressalta-se que, apesar de áreas diferentes, IA e cibernética possuem muitas intersecções e objetivos em comum e, por isso, consideramos que muitas das análises críticas a respeito das teorias da cibernética são, em grande parte, transferíveis para as teorias da IA, sobretudo as de cunho determinista.

Contudo, mesmo se desconsiderarmos a íntima relação entre a IA e a cibernética, a análise crítica desta ainda se faz relevante para este trabalho, visto que a principal tecnologia considerada como habilitadora da I 4.0 são os assim chamados sistemas cyber-físicos, sendo que a palavra *cyber* vem de *cybernetics*, o termo em inglês para cibernética.

2.5 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesta seção abordamos algumas manifestações da IA na esfera produtiva. Iniciamos apresentando o estudo de Casilli (2018), que propõe uma atualização da abordagem sobre automação, incluindo a IA e o trabalho digital em sua análise. Em seguida descrevemos aplicações corriqueiras e identificadas imediatamente com técnicas da IA. Após isso, analisamos algumas dessas aplicações, almejando identificar aspectos invisíveis que se manifestam nessas aplicações, permitindo inferir que, por vezes, carecem de inteligência – com todas as problemáticas que o termo admite – e de artificialidade, pelo componente humano sempre presente.

2.5.1 AUTOMAÇÃO E TRABALHO DIGITAL

Há muitas convergências entre as críticas que Casilli (2018) realiza às concepções de automação e as que fez Álvaro Vieira Pinto, de modo que seu estudo possui especial importância para este trabalho.

Para Casilli (2018), o foco dos estudos sobre automação deve deslocar-se da perspectiva da substituição dos trabalhadores por máquinas para a perspectiva da digitalização das tarefas em larga escala. Essa nova forma de automação do trabalho possui um modo de padronização das tarefas que se assemelha ao estabelecimento de padrões e tempos de execução das tarefas subdivididas do taylorismo do século XIX.

Casilli (2018) aponta que os teóricos da questão industrial e da automação, até o século XIX, compreendiam as tecnologias na produção como solução para a substituição de trabalhadores nas fábricas por máquinas, com vistas à redução dos custos com trabalho. No século XX, o desenvolvimento de novas técnicas levou a que autores como Daniel Bell, Manuel Castells e Dominique Meda defendessem, em diferentes aspectos, uma ideia geral de que as metamorfoses no trabalho pela

automação e pelo desemprego tecnológico, junto ao surgimento de profissões fora do âmbito da produção material, predominantemente no setor de serviços, como as comunicacionais e simbólicas, engendrariam fenômenos como o fim do trabalho, ou sua desagregação e finalmente perda de centralidade⁸⁴. O novo modelo estaria baseado na ideia de oposição crescente entre “profissões hiperespecializadas e indispensáveis e profissões 'débeis' e relegadas pela história”⁸⁵(CASILLI, 2018, p. 54).

Nesse sentido, podemos inserir no debate a IA e as formas de automação que enseja. A fronteira entre os conceitos de digitalização e automação de processos é confusa e por vezes inexistente na literatura e em materiais de marketing. Ainda nesse sentido, o termo IA é, por vezes, empregado como sinônimo dos dois primeiros e os significados originais passam a perder sentido. A digitalização não é mais enxergada restritamente como a transformação de processos analógicos em digitais. A digitalização do trabalho passa a ser associada a fenômenos mais amplos, que já englobam em si a noção de automação. E, ainda mais, a noção de que algoritmos e *softwares* permitem a execução de certas tarefas automatizadas de maneira mais inteligente que o humano. IA passa a ser sinônimo de tarefas digitais automatizadas de maneira eficiente e planejada. Queremos com isso apontar para o fato de que a IA não possui sentidos produzidos somente na academia – por mais volátil e instável que sejam, conforme vimos anteriormente – mas passa a compor um vocabulário gerencial próprio com uma semântica amplificada. Como um tipo de tática comercial, tecnologias passam a ser rotuladas de inteligentes sem apresentarem especificações que a “IA clássica” consideraria como tal. Um teclado virtual que completa palavras e sentenças de acordo com a frequência com que o usuário as utiliza, por exemplo, pode ser considerado um “teclado inteligente” pois “aprendeu” o perfil da escrita dessa pessoa. Agrega-se valor ao produto ou serviço se este se apresenta como inteligente.

O léxico da IA passa então a mobilizar o desenvolvimento de tecnologias que possam ser identificadas como inteligentes ao mesmo tempo em que o significado de inteligência se amplia, permitindo que mais tecnologias sejam vistas

84 Faremos comentários a respeito das teorias do fim do trabalho e do trabalho imaterial no capítulo 4.

85 Tradução livre nossa do original: “*profesiones hiperespecializadas e indispensables y profesiones 'débeis' y rezagadas por la historia.*” (CASILLI, 2018, p. 54).

como tal bastando, muitas vezes, um componente virtual e automatizado, mesmo que rusticamente.

Desde o sistema de vendas a IA se faz presente nas promessas de eficácia. São sistemas com objetivos de, dentre outros, gerar perfis de compradores, traçar suas preferências, identificar produtos similares de possível interesse, favorecendo o marketing direcionado. Exemplo são os *softwares* de *Custom Management Relationship* (CRM) que têm o propósito de organizar, automatizar e sincronizar tarefas de vendas através de *softwares* de dados e ferramenta de prospecção de vendas. O CRM opera por meio da coleta e análise dados, relacionando-os para segmentação de clientes, previsão de vendas e análise de performance e pode atuar na venda, no marketing e no suporte. Além de permitir o monitoramento da performance dos funcionários:

um bom sistema CRM permite analisar o KPI⁸⁶s de performance destas duas áreas, tais como números de *leads* enviados de marketing para vendas, reuniões agendadas, número de conversas significativas, cumprimento de metas e muitos outros (CORDOVEZ, 2017).

Com objetivos similares, há o *Enterprise Resource Planning* (ERP), amplamente utilizado nos níveis gerenciais. O ERP é voltado ao gerenciamento dos negócios e, de modo similar ao CRM, tem como objetivo automatizar e organizar tarefas como a gestão de recursos, estoques, dados financeiros, gastos, pessoal e todo o ciclo de vida da empresa. Em 2000, mais de 60% das empresas multinacionais já o utilizavam em larga escala (HITT; WU; ZHOW, 2002). Ele tem como objetivos, entre outros, poupar tempo de tarefas rotineiras, diminuir o tempo de entrega do produto, aumentar a capacidade da produção, reduzir o estoque e reduzir o número de erros nas vendas (ELRAGAL; AL-SERAFI, 2011).

Nesses sistemas, o uso da IA se apresenta, principalmente, por métodos de AM e pelo processamento de linguagem natural (PLN). O AM seria responsável pela análise estatística de grande quantidade de dados e predição de resultados, enquanto o PLN identifica diversos padrões, como textos, entradas dos clientes e demais informações. A associação entre o ERP e a IA propõe que o primeiro passo de um sistema auxiliar de IA nesse cenário é assumir a função de tomar as melhores decisões.

⁸⁶ *Key Performance Indicator*, indicador-chave de desempenho.

Sistemas como esses são tidos como o futuro da automação de tarefas das áreas de gerenciamento e planejamento. Para que operem com certo grau de confiabilidade, esses sistemas precisam ser alimentados por grandes quantidades de dados, adquiridos de documentos de clientes, de relatórios de consumo, produção e distribuição, de sensores, câmeras, microfones, entre outros. Essa extração de dados avança perspectivas para a IA no ambiente de trabalho em diferentes áreas.

Propagandistas da IA nas empresas advogam que seu uso tende a aumentar a produtividade em diferentes setores. Na automação das vendas, passaria a identificar quais conteúdos, respostas e produtos induziriam o comportamento do consumidor. Na logística, redução de pessoal nos galpões de estoque pela presença de *drones* que contabilizam os produtos mais rapidamente (BOSE, 2016) e intensificação do trabalho pelo monitoramento da produtividade de trabalhadores (HANLY, 2019). Na área de recursos humanos, há previsões de aumento no monitoramento e controle nos processos de seleção:

softwares de recrutamento de talentos podem escanear, ler e avaliar os aplicantes e rapidamente eliminar 75% deles do processo de recrutamento. [...] Ao determinar afinidades individuais e revelar quem pode estar insatisfeito com o balanço vida-trabalho, sistemas de IA podem ser proativos e resolver o problema da rotatividade de funcionários antes que aconteça⁸⁷ (RICHTER, 2018).

Demais exemplos podem ser oferecidos em distintas áreas demonstrando como técnicas relacionadas à IA penetram na esfera produtiva, como veículos autônomos para transporte e entrega (LEE, 2019), que, como veremos no terceiro capítulo, dependem de trabalho humano invisível por trás que auxilia a treinar seus algoritmos (SCHMIDT, 2019).

No chão de fábrica, há a inserção de sensores e novas máquinas capazes de transmitir dados em tempo real que contam com avanços nas redes de comunicação, como a Internet Industrial das Coisas (IIoT, de *Industrial Internet of Things*), e a configuração de ecossistemas maleáveis e dinâmicos para comportar maior flexibilidade e interoperabilidade entre seus componentes. O objetivo maior

⁸⁷ Tradução livre nossa do original: “Talent acquisition software can scan, read, and evaluate applicants and quickly eliminate 75% of them from the recruiting process. [...] By determining individual affinities and revealing who should get a raise or who might be dissatisfied with the life-work balance, AI systems can be proactive and solve the problem of employee churn before it happens” (RICHTER, 2018).

nesses casos é o de reduzir as bolhas improdutivas, intensificar a produção e economizar em gastos com a manutenção, pela previsão de falhas, por exemplo.

Esse modelo idealizado, quando levado às últimas consequências, poderia ser assim resumido por um exemplo: o consumidor compra um celular por meio de uma plataforma digital que localiza o produto no estoque mais próximo ao comprador, sendo entregue por um *drone* ou um carro autônomo. A retirada da mercadoria do estoque é feita por prateleiras robotizadas que localizam o produto e o colocam em um transporte interno, também autônomo, que por sua vez o submete ao *drone* ou ao carro para a entrega. Após a entrega do produto, o sistema todo se reordena de modo a registrar a baixa do produto, contabilizar perdas e requerer novas produções. Nenhum trabalho humano ocorreu nesse circuito, a princípio.

Esse quadro torna-se mais interessante se agregamos algumas tecnologias preditivas. Com base nas informações sócio-econômicas do comprador, seu histórico de compras, suas preferências políticas, religiosas, culturais, seus relacionamentos familiares, amorosos, seu modo de utilizar o computador, celular, suas pesquisas, aplicativos, conteúdos de e-mails, trocas de mensagens, ligações telefônicas e outras informações, traça-se um perfil com razoável acurácia. Com um perfil em mãos, é possível avaliar a reação da pessoa a diferentes anúncios publicitários de diferentes tipos, adaptando-os para melhorar o percentual de acertos e influência. Obtendo e tratando essas informações, comparando-as com grandes bases de dados de perfis similares, é possível inferir os próximos produtos que serão comprados, quando e em que quantidade, possibilitando que o fabrico seja imediato, evitando a produção antecipada e os custos com armazenamento. Ao finalizar o pagamento do pedido, o consumidor já teria em sua porta o produto.

Agregue-se a esse cenário a possibilidade de personalização dessa mercadoria. No caso do celular a escolha da cor, da disposição das câmeras, o tamanho da tela, a quantidade de memória, o processador, os aplicativos instalados e assim por diante.

Essas demandas personalizadas seriam, dentro desse cenário hipotético, supridas imediatamente por uma fábrica inteligente capaz de produzir e montar um celular personalizado e em seguida uma motocicleta, seguida de um relógio, sem que haja intervenção humana para ajustar a posição e os parâmetros do maquinário. A fábrica é inteligente e flexível ao ponto em que não há tempo sem produção, nada

é perdido, os robôs adaptam-se e comunicam-se entre si em tempo real, por meio de algoritmos de AM que tratam a grande quantidade de dados imediatamente.

Acrescente-se a tal cenário uma comunicação ainda mais intensa que a atual entre fábricas e locais de produção distantes geograficamente, que, por grandes *backbones* próprios, podem se comunicar instantaneamente, de modo que o suprimento de matéria-prima também seja imediato e na quantidade correta. Ainda, pode-se agregar tecnologias de reconhecimento de imagens, impressoras 3D, nanomateriais, entre outras tecnologias altissonantes.

Esse cenário corresponde ao projeto idealizado de uma indústria inteligente, a I 4.0, que leva o emprego da IA na produção a um estado de total integração com a automação, de autonomia, flexibilidade, integração e interoperabilidade.

A relevância conferida à IA como técnica habilitadora para a construção da I 4.0 e de sua influência em outras esferas econômicas é expressada nos documentos dos grupos de trabalho da PI4.0, que busca implementar a I 4.0 na Alemanha, como responsável por novas características produtivas, que vão além da escala industrial.⁸⁸

2.6 CONCLUSÃO

Procuramos demonstrar que o processo de inserção de IA no ambiente produtivo se dá de distintas maneiras e não está necessariamente ligado ao projeto de uma 4ªRI ou da I 4.0. Ou seja, indica que o desenvolvimento de técnicas disruptivas e inovadoras não é exclusividade do projeto da I 4.0. Veja-se, por

88 No próximo capítulo abordaremos em maiores detalhes a relação entre IA e I 4.0. Cabe, por ora, um breve comentário a respeito da importância que é conferida à IA no programa alemão, em que é tida como uma agregadora de valor e habilitadora para a flexibilidade da I 4.0, conforme trecho a seguir: "em adição à esfera dos processos da Indústria 4.0, a IA mostra grande potencial para valor agregado na indústria de manufatura e serviços. [...] No futuro, cadeias de produção e de valor rígidas serão transformadas em sistemas ecológicos dinâmicos e altamente flexíveis de serviços e manufatura. Facilitarão a produção totalmente individualizada sob uma base de pedido-por-pedido. Com pedidos personalizados dos clientes como o ponto de partida, sistemas de produção serão autonomamente organizados e estratégias de produção e logística otimizarão a si mesmas com a ajuda da IA" (PLATTFORM, 2019a, p. 4). Tradução livre nossa do original: "*In addition to the sphere of Industrie 4.0 processes, AI shows a great deal of potential for added value in the manufacturing and service industries. [...] In the future, rigidly defined chains of production and value will be transformed into flexible and highly dynamic ecological manufacturing and service systems. They will facilitate fully individualised production on an order-by-order basis. With customised customer requirements as the starting point, production systems are to become autonomously organised and production and logistic strategies are to optimise themselves with the help of AI*" (PLATTFORM, 2019a, p. 4).

exemplo, a importância que é conferida à IA como uma agregadora de valor e habilitadora para a flexibilidade da I 4.0 no programa alemão:

em adição à esfera dos processos da Indústria 4.0, a IA mostra grande potencial para valor agregado na indústria de manufatura e serviços. [...] No futuro, cadeias de produção e de valor rígidas serão transformadas em sistemas ecológicos dinâmicos e altamente flexíveis de serviços e manufatura. Facilitarão a produção totalmente individualizada sob uma base de pedido-por-pedido. Com pedidos personalizados dos clientes como o ponto de partida, sistemas de produção serão autonomamente organizados e estratégias de produção e logística otimizarão a si mesmas com a ajuda da IA (PLATTFORM, 2019a, p. 4).

Esse assunto será retomado no capítulo seguinte.

Neste capítulo identificamos algumas características da IA com um breve histórico e a construção do imaginário social ao seu redor. Expusemos também alguns exemplos de aplicação na produção de técnicas consideradas pertencentes à IA e a tendência do crescimento de seu uso. A partir daí é possível considerar sua difusão no imaginário social de duas maneiras. Por um lado, como um campo da ciência e da tecnologia que tem a capacidade de mobilizar o imaginário social ao prever um futuro mágico, maquínico e redentor. E esse tipo de discurso, para além de ideias fantásticas, tem o poder de mobilizar diversos atores e setores da sociedade ao redor desse tipo mitológico. Por outro lado, tem um caráter instrumental cuja consigna é o aumento da produtividade e o controle da produção por técnicas racionais com maior capacidade que o ser humano. Em outras palavras, a IA compõe o elemento imagético que conforma tanto um cenário de avanço tecnológico inédito e imparável de um novo mundo evoluído, quanto um catálogo de técnicas apresentadas ao capitalista que podem ser acopladas à sua produção para a melhoria da produtividade e agregar valor aos produtos e serviços pelo rótulo de “inteligente”. E é nesse contexto que a ideia de uma nova revolução industrial toma corpo, sobretudo pelo projeto de uma I 4.0.

A respeito do poder das concepções que podem ser classificadas como ingênuas, como nos casos expostos de cientistas pautados por modelos fictícios de sociedades distópicas, que Vieira Pinto (2013) alcunha de futurologia, tal ideia esconde camadas mais profundas da análise, como a dominação de classe e a detenção dos meios de produção de forma concentrada como propriedade privada por um grupo social.

Seja uma fábrica inteligente totalmente robotizada e automatizada que subordina ao máximo o trabalho humano com o objetivo de extingui-lo ou por

aplicativos com algoritmos programados a extrair ao máximo o mais-valor gerado por grandes massas de trabalhadores extremamente precarizados. Vieira Pinto (2013), ao analisar, em meados do século XX, os autores do campo da cibernética e da automação, observa que as retóricas, tanto detratoras quanto entusiastas das supostas explosões tecnológicas tidas como redentoras, omitem os determinantes exercidos pelas relações sociais de produção no desenvolvimento tecnológico. Os novos artefatos com capacidade maior de controle – que podemos estender para as tecnologias analisadas no escopo da I 4.0 – estariam todos “envolvidos em última instância pelo grande circuito auto-regulador e controlador que é a produção social”, e, nesse sentido, a máquina “torna-se uma peça da economia social, que a criou e domina”, o que “define um caso particular do condicionamento, sempre submetido às condições históricas do momento” (VIEIRA PINTO, 2013, p. 612-613).

Ou seja, para além de uma possível ingenuidade de comunidades científicas no tratamento da questão da capacidade técnica de reprodução do pensamento humano, torna-se possível tratar dos interesses – que não estão implícitos – em manter o debate ao nível da superficialidade, dado que o deslocamento das discussões para o pensar de um futuro maquínico – paradisíaco ou apocalíptico – evita que as mazelas do presente sejam postas com a seriedade necessária para expor suas raízes.

3 INDÚSTRIA 4.0

Após a caracterização do ideário que permeia a IA, passaremos a identificar como ele se desenvolve na I 4.0, que possui grande similitude àquele. E, como o que se compreende por I 4.0 não é um fenômeno isolado, produto de mentes brilhantes e visionárias, analisaremos seus antecedentes sociais e econômicos para identificar quais as continuidades e quais as rupturas presentes nesse projeto.

Neste capítulo, portanto, descreveremos a I 4.0 por meio de seus antecedentes sociais econômicos, como a reestruturação produtiva no fim do século XX e a crise do final da década de 2000. Por meio dos documentos produzidos pela plataforma alemã PI4.0, o programa alemão da I 4.0, realizaremos uma análise de seus componentes, observando sua forma de divulgação e propagação, que se transformam em recomendações para países e empresas, e as quais entendemos serem prescrições (um conceito central para este trabalho e que encontramos nos objetivos da I 4.0).

3.1 ANTECEDENTES

O ocaso do modelo de produção taylorista/fordista e a difusão do modelo toyotista e suas variações levou a transformações profundas na organização do trabalho no século XX e na virada para o século XXI (PINTO, 2007). O processo de reorganização do capital junto à intensificação do uso de tecnologias digitais no ambiente industrial ocasionou metamorfoses no mundo do trabalho que se manifestam pela intensificação dos processos de trabalho, alterações na forma de contratação, com maior informalidade e difusão de contratos temporários, redução do número de trabalhadores dentro da indústria e maior grau de fragmentação pela internacionalização da produção (ANTUNES, 2018).

Esses fenômenos auxiliaram na desestabilização de estruturas tradicionais de organização e resistência da classe trabalhadora, dado o enfraquecimento do poder de barganha dos sindicatos (ANTUNES, 2018). Somado a esse contexto, adveio um maior grau de financeirização da economia, culminando numa crise global que explodiu nos Estados Unidos em 2007 e contaminou severamente toda a economia mundial desde 2008, provocando estagnação do crescimento e

impulsionando respostas drásticas de determinados países centrais na tentativa de reabilitar ou assumir o papel de vanguarda na produção industrial (PARDI *et al.*, 2018).

Desse modo, e junto com os impactos que o acelerado desenvolvimento de tecnologias digitais têm nas diversas esferas da vida social, iniciou-se a construção de um ideal que visa anunciar uma nova etapa do capitalismo global, em que o domínio dessas técnicas inovadoras assume papel central. Anuncia-se assim que uma sociedade do conhecimento, ultraconectada e automatizada conforma um processo inexorável e torna-se a grande meta a se perseguir nos rumos do desenvolvimento global. Novas indústrias totalmente integradas, automatizadas e autônomas, orientadas à demanda e à personalização dos produtos, compostas de técnicas de IA de alto grau de sofisticação (que prometem eliminar o trabalho humano repetitivo dando espaço ao criativo), conformam o projeto de uma manufatura avançada que se propõem disruptivas, cujas consequências transbordariam o ambiente industrial (EUROPEAN, 2017; KAGERMANN *et al.*, 2013; PLATTFORM, 2019a; SCHUH *et al.*, 2017; SCHWAB, 2016). Essa é uma possível descrição da I 4.0.

O intenso uso de terminologias técnicas de inovação constituintes de projeções de uma nova sociedade pode ser compreendido como uma manifestação do determinismo tecnológico como estratégia para impulsionar uma nova onda de automação na produção. A este propósito, Pardi *et al.* (2018) desenvolvem uma crítica às tentativas de se forjar projetos disruptivos em momentos históricos que não se demonstram propícios a seu desenvolvimento. Isto é, há uma performance discursiva que pretende induzir a que alterações políticas e econômicas tomem lugar para atender a um projeto por vezes descolado de um realidade material possível e próxima. Tal análise aproxima-se das estratégias vistas em relação à IA, vistas no capítulo anterior.

As propostas da I 4.0 de integrar e automatizar toda a cadeia de produção de modo a deixá-la ao máximo possível independente do trabalho humano estão inseridas em um movimento histórico muito mais longo, de retirada (ou usurpação, se quisermos) pelo capital do poder de controle da classe trabalhadora sobre os processos de trabalho. Desde Taylor, que sistematizou as tarefas de modo que o operário precisasse apenas repeti-las de modo padronizado e de acordo com a

técnica que lhe foi passada pelas gerências, até à organização da produção chamada *lean manufacturing* (expressão que nomeou uma releitura ocidental do Sistema Toyota de Produção, difundido internacionalmente após os anos 1970) em que se busca retirar cada vez mais trabalhadores do processo, enxugando assim os custos com trabalho e passando ao maquinário (incluindo aqui os *softwares*) toda a racionalização e fluidez da produção, enfim, em todos esses momentos históricos encontra-se presente a ideia que, no presente, novamente se aventa com a propalação da I 4.0: a garantia de qualidade total na produção capitalista, expressão que, traduzida em termos mais simples, significa a redução do tempo improdutivo (aquele que não gera mais-valor nos processos de produção).

Desse modo, passaremos nesta seção a descrever como se deu esse histórico na organização do trabalho no ambiente fabril no século XX, a fim de fornecer elementos para a compreensão das pretensões da I 4.0.

3.1.1 O MODELO TAYLORISTA/FORDISTA

O modelo de organização da produção que se convencionou chamar taylorista/fordista é a composição de métodos de controle e intensificação do trabalho desenvolvidos por Frederick Taylor e da maneira sequencial com a qual os trabalhadores são dispostos frente a um mecanismo automático para execução de tarefas repetitivas e simples, como implementado nas fábricas de automóveis de Henry Ford. Outra característica constituinte desse binômio é a produção em massa pelo sistema *push* (produção empurrada), em que a produção é conduzida em ritmos pré-determinados, junto à estocagem de produtos para venda posterior. O consumo de massas tem relação com esse modelo produtivo e com as inovações introduzidas por Ford, como a linha de série e uma clara atenção ao desenvolvimento de um amplo mercado consumidor de massa, cuja contraparte estava na maior rigidez quanto à padronização dos produtos (PINTO, 2007).

A linha de montagem em série fordista possui dois elementos básicos: um mecanismo de transferência, com trilhos, esteiras e ganchos que deslocam o objeto por potencialmente todos os setores onde se encontram os trabalhadores até o final do processo; uma disposição uniforme e linear dos trabalhadores, com as

ferramentas próximas aos postos de operação, cujas tarefas são simples e ritmadas pela máquina (PINTO, 2007).

Assim, permite-se que as operações sejam controladas pela velocidade imposta pelo mecanismo de transferência, o que, junto à simplificação das tarefas (que se tornam ainda mais repetitivas que no taylorismo), possibilita o uso amplo de força de trabalho pouco qualificada, assimilada produtivamente de modo quase imediato à sua contratação. Esse cenário levou, ao menos até a década de 1960, a ótimos resultados de produtividade, e também permitiu certa flexibilidade na reposição da força de trabalho, possibilitando combater possíveis resistências dos trabalhadores⁸⁹.

3.1.2 O OCASO DO TAYLORISMO/FORDISMO E A CONSOLIDAÇÃO DO TOYOTISMO

O ocaso – ou a obsolescência do modelo taylorista/fordista – pode ser explicado por fatores econômicos e políticos. Dentre os econômicos, pode-se citar alterações no preço do petróleo e variações no dólar na década de 1970, que implicaram em oscilações nas taxas de câmbio e aumento da internacionalização do capital financeiro; recuo nos investimentos produtivos, concorrência de novas formas de consumo de massa (entretenimento, serviços), o que culminou com uma mudança de estratégias do capital: da padronização em larga escala para a personalização, uma maior agregação tecnológica e um aumento da qualidade dos produtos (PINTO, 2007). Essas alterações demandaram adaptações na organização da produção, entre as quais: alta flexibilidade e diversificação da produção; altos índices de qualidade dos produtos; redução nos preços finais, o que por sua vez demandou redução da ociosidade das fábricas e dos gastos em equipamentos e força de trabalho; e, por fim, sistema de entregas mais rápidas e precisas dos produtos (PINTO, 2007). Assim, a rigidez do taylorismo/fordismo evidenciou-se como um entrave para o atendimento dessas novas demandas.

Pardi *et al.* (2018), ao analisarem esse processo tendo por foco a indústria automotiva, apontam que, além das condições macroeconômicas desfavoráveis, o

⁸⁹ Como nesse relato de enfrentamento a grevistas: “Henry Ford simplesmente demitiu todos, anunciando na porta da fábrica, no dia seguinte (para desespero dos demitidos), um salário tremendamente elevado para a época, para qualquer trabalhador que aos cargos abertos se candidatassem” (PINTO, 2007, p. 40).

fator político de reformas neoliberais também influenciou na queda do modelo industrial anterior orientado à produção em massa. Em síntese, mercados saturados, produtividade estagnada e queda de lucro foram determinantes na limitação do modelo taylorista/fordista, o que engendrou uma reação por parte das empresas de peças para o fornecimento às montadoras de automóveis com três estratégias principais: a introdução da produção enxuta (que abordaremos adiante), a reorientação das vendas para classes mais altas no caso dos Estados Unidos, e, em escala global, a descentralização do fornecimento através de subcontratações em nível internacional por subsidiárias estrangeiras, o que aumentou a concorrência das empresas desse setor estabelecidas nos países desenvolvidos.

Esse contexto impulsionou a busca por modelos alternativos de organização da produção e do trabalho, e o Sistema Toyota de Produção (STP) mostrou-se o mais ousado e com melhores resultados.

O STP foi implementado nas fábricas da *Toyota Motor Company*, empresa japonesa de automóveis, no pós-1945, em um contexto de baixo crescimento econômico e de uma demanda por alta variedade de produtos, porém em pequenas quantidades (PINTO, 2007). Nas palavras de Taiichi Ohno, engenheiro da empresa e criador do sistema:

dada sua origem, esse sistema é particularmente bom na diversificação. Enquanto o sistema clássico de produção de massa planejado é relativamente refratário à mudança, o sistema Toyota, ao contrário, revela-se muito plástico; ele adapta-se bem às condições de diversificação mais difíceis. É porque ele foi concebido para isso (OHNO, 1978, p. 49 *apud* PINTO, 2007, p. 61-62).

Uma diferenciação inicial em relação ao modo de produção anterior foi a instauração de máquinas automáticas com certo grau de autonomia, que implica em mecanismos atrelados às máquinas que permitem a parada das mesmas ao detectar problemas no processo de fabricação. Esse conceito, que levou o nome de “autonomação”, possibilitava maior dispersão dos trabalhadores pois não era mais necessária supervisão direta de um funcionário por máquina. Desse modo um único trabalhador poderia monitorar e operar mais de uma máquina (PINTO, 2007).

Outro fato histórico obrigou à redução ainda maior do quadro de empregados concomitante à pressão por maiores rendimentos e produtividade. Conforme Pinto (2007) descreve, a Guerra da Coreia estourou no mesmo momento em que a empresa havia demitido cerca de 1600 trabalhadores, o que desencadeou

mudanças na organização da empresa para que, com menos trabalhadores, atendesse à particular demanda da guerra: grande variedade de produtos em pequenas quantidades.

Como resultado, acrescentou-se mais funções aos trabalhadores. Se era viável que o mesmo trabalhador supervisionasse distintas máquinas pela autonomia, o novo planejamento previu o acúmulo de funções dentro da hierarquia operacional, isto é, concentrar mais atividades em menos postos de trabalho. Surgem neste momento as denominações de trabalhadores “multifuncionais” e “polivalentes” que poderiam assumir responsabilidades de programação das máquinas, planejamento da produção e controle de qualidade (PINTO, 2007, p. 63). O contraponto ao taylorismo/fordismo encarnado no novo tipo de trabalhador polivalente leva ao surgimento de novas exigências e alterações nas qualificações do mesmo, o que acarretou, em localidades específicas e em cargos de liderança em países do capitalismo central, o aumento salarial e melhoria na condição de trabalho e de direitos trabalhistas. Entretanto, a valorização desses postos de trabalho “elitizados” em situações específicas e localizados, também é acompanhada de tendência de enxugamento de quadros das empresas.

Ainda com o propósito de redução de custos e otimização da produção, os engenheiros da Toyota adaptaram os métodos de reposição de prateleiras de mercados estadunidenses e de uma fábrica de aviação que o havia implementado. Essa adaptação consistia em inverter o fluxo de informação que, paralelo ao fluxo da produção, informava sobre a necessidade de abastecimento de peças para que a menor quantidade de material possível para realizar a tarefa fosse utilizada. A implementação através de cartazes para gerenciar as informações deu origem ao método conhecido como *kanban*, detalhado por Pinto (2007, p.65):

no âmbito interno das fábricas, esses fluxos de informação e de materiais foram possibilitados pela elaboração de um dispositivo mecânico que conduzia caixas no sentido inverso da produção (ou seja, dos postos posteriores aos anteriores), contendo cartazes (*kanban*, em japonês) com informações sobre a quantidade necessária de alimentação dos postos subsequentes, ao mesmo tempo em que outras caixas passaram a circular no sentido normal do fluxo produtivo (dos postos anteriores aos posteriores), carregadas das peças ou materiais encomendados por cada um desses postos. Tratava-se do sistema *kanban* (PINTO, 2007, p. 65).

Uma implicação direta desse método é que reduz a centralidade de atividades de planejamento e controle de materiais, pois as mesmas passam a fazer parte da dinâmica própria do processo, que se encarrega de gerenciar de modo

mais “orgânico” e descentralizado. A técnica do *kanban* inscreve-se na nova lógica de otimização do tempo, material e trabalho dentro das fábricas, o *just-in-time*, um “método de programação do trabalho” cuja essência é a redução de estoques (PINTO, 2011, p.19).

Esse deslocamento do modo de operar taylorista/fordista, cronometrado, regrado, rígido e simples, para o modo toyotista, multifuncional, em equipe e mais complexo, ocasionou, em alguns casos, resistência por parte dos trabalhadores que percebiam essa modificação como a intensificação e acúmulo de suas tarefas, mas que a ameaça do desemprego ou da falência da empresa deram conta de arrefecer (PINTO, 2007).

A respeito da tendência à maior precarização do trabalho pela introdução de arranjos flexíveis, aqueles que adotam o toyotismo ou versões adaptadas do mesmo, trataremos em capítulo à parte, com o foco nas possíveis alterações que possam surgir pela chamada indústria 4.0 – em que o enxugamento da fábrica é inerente à sua proposta. Todavia já nos é possível antecipar que algumas das consequências aos trabalhadores advindas dos modos de organização flexíveis tendem a se repetir e até mesmo se intensificar nas propostas de indústria 4.0.

Agrega-se ao *just-in-time* outros métodos, princípios e “filosofias”, a melhoria contínua e seu desdobramento, a qualidade total, o princípio que, “quando subtraído do discurso ideológico que o sustenta, caminha essencialmente na direção da eliminação dos poros da jornada e do trabalho vivo do processo produtivo” (ANTUNES, 2018, p. 145). Para alcançar as metas definidas por esse conceito, outros métodos, técnicas e princípios foram gestados além dos já mencionados, como a Participação nos Lucros e Resultados (PLR) – que serve à redução salarial e à competitividade entre os trabalhadores, e portanto a uma maior individualização do trabalho – e o *kaizen*, que é a expressão japonesa utilizada para designar os processos de melhoria contínua, isto é, um processo de participação e qualificação do trabalhador para o aumento da eficiência do seu trabalho, constituindo a gestão por metas (ANTUNES, 2018; PINTO, 2011). Ademais, outros resultados dessas transformações podem ser verificados com a “dessindicalização” que acompanha a implementação desses métodos, que pode ser explicada, em grande medida, pela

reorganização funcional dos postos de trabalho nas plantas, [pelas] alterações na legislação sindical e trabalhista, [pelo] desemprego e distanciamento reivindicativo entre os trabalhadores com contratos mais estáveis em face dos desempregados e dos contratados como temporários, terceirizados e demais tipos de contratos precários (PINTO, 2011, p. 21).

No que tange às estratégias de deslocamento das empresas para transferir seus parques produtivos a localidades que lhes permitam vantagens competitivas, ocorre um processo de internacionalização da produção. A esse respeito, com foco na indústria automotiva, Pardi *et al.* (2018) identificam duas tendências: a expansão ou realocação das operações das montadoras pela abertura de novos locais de produção em regiões de baixo custo e com baixos índices de sindicalização ou pela aquisição de fábricas em países da semi-periferia europeia. Essas novas subsidiárias permitiram a experimentação das técnicas de organização e gerenciamento de novas relações de trabalho, o que rompe com o *modus operandi* anterior, que era o de permitir que as relações com os trabalhadores nas subsidiárias seguissem os moldes das relações nas matrizes.

A segunda tendência seria o aumento da terceirização (subcontratação) de processos até então internos aos países de origem para fornecedores externos. Pinto (2011) expõe em seu estudo como as montadoras iniciaram espécies de leilões para o fornecimento de peças, o que pressionou as indústrias de autopeças a aumentar o controle de qualidade de sua produção, a reduzir seus custos e diversificar seus produtos. Este cenário é muito similar ao da Toyota no momento da implantação do STP, o que leva a que toda a cadeia da indústria automotiva acabe por implementar os métodos de produção flexível e redução salarial, que são repassados para as subsidiárias, que por sua vez podem repassar a uma outra subsidiária, e assim por diante. Ocorre que, quanto mais distantes dos primeiros níveis de fornecimento dessa cadeia, são mais baixos os níveis de garantias trabalhistas como a sindicalização e contratos formalizados, o que leva à informalidade e cargos com baixa demanda de qualificação e remuneração e à intensificação do trabalho. Percebe-se também, de acordo com Pinto (2011), uma tendência à maior polarização entre empregos. De um lado, os trabalhadores com mais direitos trabalhistas, salários maiores, e com o ritmo de trabalho menos acelerado que o outro polo, dos trabalhadores mais precarizados, ameaçados de demissões, obrigados a aceitar baixos salários, a informalidade. São categorias de trabalhadores do mesmo ramo mas que, por estarem empregados em outros níveis da cadeia produtiva, por vezes em países com menor proteção ao trabalho, acabam por constituir dois polos distanciados.

Pardi *et al.* (2018) trazem elementos sobre os ciclos de automação do século XX, junto a suas expectativas, realidades e em qual contexto estavam inseridos. Por exemplo, as etapas iniciais de montagem de automóveis (pintura, estampagem, etc.) foram quase que completamente automatizadas, enquanto que as etapas finais, de maior variedade e complexidade, eram ainda 60% manuais nas décadas de 1970 e 1980.

Algumas tentativas em automatizar os processos finais mais refinados e complexos foram levados a cabo em algumas empresas como a *General Motors* e a *Fiat*, que até conseguiram certo grau de automação. Isso, entretanto, acabou se tornando muito custoso em termos de investimento em equipamento, além da existência de muitos problemas técnicos envolvendo parada de máquinas e a consequente baixa flexibilidade conseguida em comparação ao toyotismo. Tais razões impactaram nos baixos graus de produtividade em comparação às empresas japonesas que, na mesma época, mantinham níveis menores de automação, mas com melhores resultados de produtividade, devido aos modos de organização e gerenciamento do trabalho (PARDI *et al.*, 2018). Ou seja, depreende-se que a automação por si não representa ganhos produtivos bem definidos e, fato relevante para o prosseguimento deste trabalho, a parte final do processo produtivo da indústria automotiva constitui-se em um gargalo para a completa automação da fábrica, o que pode ser um entrave para as propostas mais ousadas de indústria 4.0.

As montadoras japonesas, impulsionadas pelo sistema toyotista, mantinham o trabalho em equipe, adaptando a produção à demanda com técnicas próprias – como as mencionadas em seção anterior – de modo que quase não havia automação nas etapas finais. O fato de uma produção menos robotizada liderar a produção de automóveis por muitas décadas levou à implementação dessas metodologias em fábricas ocidentais.

Há tentativas da indústria ocidental em implantar os métodos enxutos na década de 1980, com bons resultados produtivos. No Japão, entretanto, na mesma época, houve movimentos de rejeição em termos de relações trabalhistas, dado o aumento da intensificação do trabalho, pressão por resultados e outros fatores que as novas gerações de trabalhadores não estavam de acordo, o que levou a uma transformação e a um novo movimento de automação e atualização do toyotismo, com um modelo que buscava ser mais motivador ao trabalhador, o que segue até hoje, reduzindo a pressão, segmentando algumas linhas (PARDI *et al.*, 2018).

Nos anos 2000 e 2010 observa-se uma estagnação e em alguns casos redução da automação da produção automotiva, com grandes estoques de robôs encostados na produção (PARDI *et al.*, 2018). Explica-se por alguns fatores: a abundância de mão de obra barata, principalmente pela queda da União Soviética e a entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC), liberando a entrada de indústrias em seu território através das áreas de livre comércio, com centenas de milhões de trabalhadores adicionados à força de trabalho disponível. Isso levou à uma mudança de local das indústrias, visando baixo custo produtivo, o que freou os impulsos por automação, como no México, nos típicos casos das empresas *maquilladoras* (PARDI *et al.*, 2018). Ainda segundo Pardi *et al.* (2018), houve aumento da variedade e complexidade dos modelos de automóveis, o que, como visto anteriormente, demanda maior flexibilidade na produção, algo que a automação, principalmente das etapas finais, não consegue responder com a eficiência desejada, além dos altos custos implicados em sua difusão. Um outro fator para a estagnação da automação relaciona-se ao surgimento de demanda para os carros com mais componentes elétricos e ecologicamente viáveis, o que acabou por desviar boa parte do capital de investimento de muitas montadoras para a pesquisa em novas tecnologias nesses campos recentes, secundarizando a automação das fábricas.

A partir dessas considerações, Pardi *et al.* (2018) questionam se há base material e necessidade empresarial suficiente para o grau de automação proposto, em níveis tais como que sugerem os documentos que apontam para transformações disruptivas na produção. O que pode estar ocorrendo, dado o que é propalado pelas entidades patronais mediante a ideia de pela uma I 4.0, é a propagação de dogmas do tipo “automação pela automação”⁹⁰ (PARDI *et al.*, 2018, p. 83) .

3.2 ORIGEM E DEFINIÇÕES

O mapeamento da I 4.0 pode ser realizado por distintas perspectivas. Pode-se adotar uma abordagem enciclopedista, pela qual são descritas as técnicas, os produtos e o vocabulário próprio em forma de glossário. Essa perspectiva – que aparenta ser neutra, pois estaria, a princípio, isenta de julgamentos e tomada de

90 Tradução livre nossa do original: “*automation for the sake of automation*” (PARDI *et al.*, 2018, p. 83).

posição ao distanciar-se de análises sociais, econômicas e políticas – pode ser encontrada sobretudo em trabalhos de revisões sistemáticas de literatura cujo propósito é descrever a I 4.0 através da ocorrência de termos e técnicas, conforme alguns exemplos (AHMI; ELBARDAN, 2019; LIAO *et al.*, 2017; MASKURIY *et al.*, 2019; NETO, 2018; SONY; NAIK, 2019; SREEDHARAN; UNNIKRISSHANNAN, 2017; TROTTA; GARENGO, 2018; WORTMANN, 2017). Próximo a estes estão os trabalhos de desenvolvimento, de proposição de modelos, de técnicas, que utilizam dos estudos descritivos para alinharem sua pesquisa aos termos propostos, como alguns exemplos estudados (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; LEE, BAGHERI; KAO, 2015; RÜB; BAHEMIA, 2019; WANG, 2016).

Essas abordagens descritivas da I 4.0 partem da assimilação dos conceitos sem contestação ou problematização de seus possíveis significados. O problema do apriorismo presente nesses casos, que não questiona os significados e a concretude dos termos apresentados, é o reforço dos conceitos pela propagação dos mesmos sem uma maior contextualização. Poderíamos nos referir a esses casos como uma absorção direta, imediata e ingênua dentro do modo com o qual a academia, cada vez mais compartimentada, fragmentada e especializada realiza suas pesquisas. Definições de internet das coisas (IoT) como a seguinte:

A IoT permite ‘coisas’ e ‘objetos’, como RFID⁹¹, sensores, acionadores, telefones móveis por esquemas de endereçamento único (...) interagirem entre si e cooperar com os componentes ‘inteligentes’ vizinhos para alcançar objetivos em comum⁹² (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016, p. 3929).

Assim como a dos sistemas cyber-físicos (CPS, sigla do inglês *cyber-physical systems*) como esta, demonstram a vagueza com a qual o esvaziamento de sentido lhes confere:

integração de computação e processos físicos. Computadores e redes incorporados monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com *loops* de *feedback* nos quais os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa⁹³ (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016, p. 3929).

91 Identificação por radiofrequência.

92 Tradução livre nossa do original: “*The IoT allows ‘things’ and ‘objects’, such as RFID, sensors, actuators, mobile phones, which, through unique addressing schemas, (...) interact with each other and cooperate with their neighboring ‘smart’ components, to reach common goals*” (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016, p. 3929).

93 Tradução livre nossa do original: “*integrations of computation and physical processes. Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa.*” (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016, p. 3929).

O que Bazzo, Linsingen e Pereira (2000, p. 1), em seu ao tratar da postura inerte de cientistas e engenheiros frente aos artefatos produzidos, denominam "sonambulismo tecnológico" é expressado nesse caso pela redução máxima da apreensão de um conceito de modo que seja utilizado em sua particularidade.

Neste trabalho procuramos utilizar, portanto, uma abordagem que se aproxima mais dos trabalhos de Breda (2018), Casilli (2018), Fuchs (2018), Pardi *et al.* (2018) e Tessarini (2018) por suas perspectivas críticas e históricas, ao mesmo tempo que utilizamos a literatura considerada técnica sobre o tema, como as revisões sistemáticas e relatórios descritivos apontados anteriormente. Um último espaço onde buscamos realizar nossa investigação foi nos próprios documentos oficiais e relatórios dos projetos de I 4.0 analisando e buscando evidenciar os objetivos e intenções por trás desses projetos. Almejamos, dessa forma, utilizar as perspectivas citadas para analisar e compreender o fenômeno da I 4.0 em sua totalidade – totalidade interpretada aqui não como o esgotamento das possibilidades de investigação, mas como uma de suas perspectivas políticas, sociais, econômicas e técnicas, seguindo os apontamentos de Noble (1979) e Wiener (1979), no capítulo anterior, sobre a necessidade de se investigar elementos sociais e políticos contidos nos artefatos.

Não há uma definição categórica e final de I 4.0. O documento que deu os primeiros traços à ideia de I 4.0 (KAGERMANN *et al.*, 2013), por exemplo, a descreve como um novo paradigma de industrialização, de tipo germânico, que tem como núcleo técnico os CPSs, a principal técnica habilitadora das chamadas fábricas inteligentes.

Essa estrutura facilitaria a personalização de pedidos dos clientes, tornando os modelos de negócio e os processos mais dinâmicos. Essa inovação chegaria ainda a otimizar o processo de tomada de decisão, além de gerar novas formas de criação de valor, contribuindo para resolver desafios globais como a falta de recursos, ineficiência energética e problemas ligados à produção urbana, como as mudanças demográficas (KAGERMANN *et al.*, 2013).

Definições menos ambiciosas e mais diretas da I 4.0 são propostas por outros autores, como

a combinação tecnológica de CPS na logística e na manufatura com o uso da internet de serviços e das coisas no processo industrial. Eles tem implicações em serviços *downstream*, criação de valores, organização do

trabalho e modelos de negócio⁹⁴ (ACATECH *apud* SREEDHARAN; UNNIKRISHNAN, 2017, p. 930).

Dentre essas definições para a I 4.0, evidencia-se o CPS como técnica central:

o fenômeno de digitalização e a crescente adoção de tecnologias inovadoras vêm favorecendo a transformação de organizações em Sistemas Cyber Físicos. A transição em direção a esse novo sistema organizacional é frequentemente rotulada como Indústria 4.0⁹⁵ (TROTТА; GARENGO, 2018, p. 1).

Há uma miríade de definições para a I 4.0 que têm a digitalização da manufatura e de processos e o uso de CPS como elementos principais. Há, entretanto, oscilações em sua amplitude. Por vezes restringe-se ao ambiente industrial "clássico" fabril da linha de produção, por outras extrapola e abrange demais setores desde o trato com o consumidor até os transportes. Neste caso, a I 4.0 permite definições que a equipararam a uma possível 4ªRI, que além de transformações substanciais na indústria, projeta uma nova sociedade a partir das novas técnicas, conforme veremos em seção posterior. Desse modo, encontramos na literatura associações entre I 4.0 e a 4ªRI.

Indústria 4.0 (conhecida também como a 4ª Indústria) é a tendência atual de automação e troca de dados nas tecnologias de manufatura após a mecanização (1ª Indústria), produção em massa (2ª Indústria), e computador e automação (3ª Indústria)⁹⁶ (AHMI; ELBARDAN, 2019, p. 1).

Assim como:

o termo Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial. É melhor compreendida como a última etapa do controle e organização sobre a cadeia de valor do ciclo de vida do produto, e é focada nos requisitos individuais do consumidor.⁹⁷ (PWC.DE *apud* SREEDHARAN; UNNIKRISHNAN, 2017, p. 930)

94 Tradução livre nossa do original: “[...] *the technological combination of CPS into logistics and manufacturing with the use of internet of services and things in the industry process. They have implications for downstream services, value creation, work organisation and business models*” (ACATECH *apud* SREEDHARAN; UNNIKRISHNAN, 2017, p. 930).

95 Tradução livre nossa do original: “*The digitalization phenomenon and the growing adoption of innovative technologies is favoring the transformation of organizations into Cyber Physical Systems. The transition towards this new organizational system is often labeled as Industry 4.0*” (TROTТА; GARENGO, 2018, p. 1).

96 Tradução livre nossa do original: “*Industry 4.0 (also known as the 4th Industry) is a current trend of automation and data exchange in manufacturing technologies after mechanization (1st Industry), mass production (2nd Industry), and computer and automation (3rd Industry)*” (AHMI; ELBARDAN, 2019, p. 1).

97 Tradução livre nossa do original: “*The term Industry 4.0 stands for the fourth industrial revolution. It is understood better as a latest level of control and organization over the value chain of the product lifecycle, it is focused on individual customer requirements.*” (PWC.DE *apud* SREEDHARAN; UNNIKRISHNAN, 2017, p. 930)

E em Pfeiffer (2017, p. 4):

o discurso crescente ao redor da Indústria 4.0 tornou-se muito diverso, complexo e direcionado a interesses à medida que a lista de opções técnicas associadas ao rótulo era reduzida diariamente. Para os iniciadores do debate, a Indústria 4.0 nada mais é do que a quarta revolução industrial.⁹⁸

Sreedharan e Unnikrishnan (2017, p. 930) apontam para a impossibilidade de uma única definição, mas esclarecem que há fatores comuns às descrições:

uma definição muito mais clara da Indústria 4.0 pode ser difícil de alcançar. A definição da indústria 4.0 ainda é complexa e enganosa. Algumas definições a tomarão como “tornando a indústria manufatureira totalmente informatizada”, e também pode ser dito como forma de “tornar virtualizada a produção industrial”. No entanto, há certa convergência de que pode ser vista como a “que integra canais horizontais e verticais”.⁹⁹

Considerando as definições de I 4.0 até agora apresentadas, podemos elencar alguns conceitos chave como CPS, digitalização, IoT, automação, troca de dados e virtualização. Em respeito à automação como conceito descritor da I 4.0, vale ressaltar que a noção da automatização de processos é intrínseca nas demais técnicas que constituem a I 4.0, como no CPS e na digitalização que, conforme Casilli (2018), se dá como uma nova forma de automação.

Para este trabalho, utilizaremos o termo I 4.0. O termo 4^aRI será empregado no sentido de um projeto mais amplo de sociedade do qual a I 4.0 é a principal agenciadora, e dedicaremos uma seção para abordar a construção e questões do conceito de 4^aRI.

Em síntese, o termo I 4.0, que surge como expressão da busca por inovações tecnológicas para a manufatura, transforma-se em “um debate em andamento e ainda se intensificando que está reverberando em cada vez mais esferas da sociedade”¹⁰⁰ (PFEIFFER, 2017, p. 1).

98 Tradução livre nossa do original: “*The evolving discourse around Industrie 4.0 became very diverse, complex, and interest-drive as the list of technical options associated with the label was legthened almos daily. For the initiators of the debate, Industrie 4.0 is nothing less than the fourth industrial revolution*” (PFEIFFER, 2017, p. 4).

99 Tradução livre nossa do original: “*A much clearer definition of Industry 4.0, can be difficult to achieve. The Industry 4.0 definition is still complex and misleading. A few definitions will declare it as ‘making the manufacturing industry fully computerized’ whereas, it can also be said as to ‘make industrial production virtualized’. However, on an agreement it can also be said as ‘that it integrates horizontal and vertical channels’*” (SREEDHARAN; UNNIKISHNAN, 2017, p. 930).

100 Tradução livre nossa do original: “*an ongoing and still-intensifyng debate that is reverberating through more and more spheres of society*” (PFEIFFER, 2017, p. 1).

3.3 UMA DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Para descrever inicialmente o projeto de I 4.0 utilizamos como método a análise de documentos da plataforma alemã para a construção da I 4.0, a *Plattform Industrie 4.0* (a qual já vínhamos indicando pelo acrônimo PI4.0), a primeira grande iniciativa no mundo nesse sentido. Para tal, utilizamos relatórios e documentos a seu respeito em outras instituições e autores, com fins de traçar um breve histórico. A peça central de nossa análise, contudo, advém da compilação de documentos disponíveis no próprio *website* da PI4.0, como materiais de divulgação de produtos e relatórios produzidos pelos grupos de estudo da plataforma. Dentre esses materiais, buscamos selecionar aqueles que melhor apresentassem o caráter da própria instituição, seja por trabalhos que se propusessem a tal – como páginas contando a história e objetivos da plataforma –, como de documentos que possuíssem conteúdo considerado relevante para nossa análise, que indique direcionamentos, intenções e objetivos, ocultos ou não.

Um dos fatores considerados na escolha do uso do *website* da PI4.0 como fonte de pesquisa foi a farta disponibilidade de tais materiais para consulta. Desde páginas de apresentação e descrição superficiais até relatórios técnicos com sugestões de implementação de modelos e arquiteturas para a I 4.0. Essa aparente transparência suscita alguns questionamentos, conforme trataremos mais adiante. Por ora, traçaremos um breve levantamento dessa plataforma a partir de trabalhos correlatos, assim como trabalhos dos atores alemães (governo e a plataforma) a respeito da I 4.0 e da função central da PI4.0.

Consideramos essa abordagem válida pois a separação do conceito de I 4.0 de suas tentativas de viabilização em programas industriais como o da PI4.0 pode incorrer em uma análise isolada de suas circunstâncias históricas e econômicas e, conforme, Noble (1979), encobrir aspectos das relações sociais de produção relevantes para este trabalho. Ademais, poderíamos nos inscrever em falsas polêmicas e discussões desprovidas de sentido ao examinar os conceitos disruptivos apresentados pela I 4.0 e pela 4ªRI unicamente conforme apresentados pelos seus criadores.

Afinal, o presente esforço de investigação não pretende questionar a capacidade técnica e científica para se desenvolver propostas como a I 4.0, mas sim

abordar o contexto em que a mesma está inserida e de que modo ela reflete as relações sociais de produção em vigência. Se procedêssemos do primeiro modo, incorreríamos nos mesmos equívocos que críticos à IA cometeram no momento de seu surgimento nos Estados Unidos, pois, ao alimentarem a discussão com negacionismos e críticas às possibilidades de mimetizar ou não o cérebro humano, acabaram por fortalecer a difusão dessas ideias, conforme expusemos no capítulo anterior.

Se a inserção no debate se dá nos moldes e nos termos propostos pelo mito, o resultado é, ao contrário do efeito esperado, o de encorpar suas ideias. Acreditamos portanto que os estudos a respeito da I 4.0 devem ir além da análise das técnicas e sua viabilidade, fugindo da argumentação ingênua e avançando no entendimento de suas raízes históricas, descortinando, assim, as suas intenções políticas e econômicas.

3.3.1 BREVE CRONOLOGIA

O primeiro uso do termo I 4.0 data de 2011 (ARBIX *et al.*, 2018; PFEIFFER, 2017) na feira de tecnologias digitais de Hannover. Sua popularização se dá a partir da divulgação do relatório de três engenheiros, Henry Kagermann (um dos fundadores da SAP¹⁰¹) Wolfgang Wahlster (professor de IA) e Wolf-Dieter Lukas (membro do Ministério de Educação e Pesquisa do governo alemão (PFEIFFER, 2017). Esse trabalho (KAGERMANN *et al.*, 2013) é um compilado de recomendações para a implementação de um projeto futurístico inovador e digitalizado tendo a I 4.0 como impulsionadora principal, no qual autores apresentam a I 4.0 como a realização do projeto da 4ªRI por meio da internet das coisas e de serviços e do uso dos CPSs como carro-chefe da produção.

Nesse cenário, a adoção oficial da I 4.0 pelo governo alemão ocorre em 2015, como resultado do dinamismo de distintos atores da sociedade civil como empresários, universidades, institutos de pesquisa e consórcios que conferiram movimentação ao projeto, conforme apontam Arbix *et al.* (2018, p. 155): "por conta dessa origem, seu desburocratizado sistema de governança transformou-se em um de seus pontos distintivos, precisamente por estimular o diálogo e contemplar a diversidade da sociedade civil."

101Multinacional alemã líder do mercado de *softwares* de vendas.

Sua concepção, entretanto, é anterior e remonta a interesses de empresas e do governo alemão. Por um lado, o argumento oficial é que sua germinação se deu no ventre de programas de desenvolvimento pela digitalização do parque industrial desse país com o objetivo de criar um pioneirismo nesse campo e de liderar esse setor mundialmente, mantendo e atualizando o status de líder manufatureira no globo, como uma forma de responder e se blindar aos efeitos da crise financeira de fins da década de 2000.

Por outro lado, Fuchs (2018) aponta o caráter peculiar da Alemanha que, ao contrário de outras potências ocidentais, continua com a manufatura como alta parcela no PIB, tendo uma economia menos financeirizada e mais industrial do que Estados Unidos e Inglaterra. A I 4.0 seria a estratégia de digitalizar seu parque manufatureiro além de produzir novas mercadorias a ponto de competir com as gigantes digitais como a Google.

O que se aventava no início da década de 1990 como uma tendência à dominância das Tecnologias de Informação e Comunicação (doravante TICs) na economia e da produção intangível não se confirmou. Na Alemanha, por exemplo, subiu de 3,5%, em 1991, para 4,7%, em 2015, o valor agregado dessa fatia da economia (FUCHS, 2018). Isso seria um demonstrativo de que a manufatura não perderia sua importância. O que, entretanto, ainda motiva alterações no parque industrial alemão é a relação entre custos com trabalho e o lucro na manufatura. O salário dos trabalhadores da manufatura correspondeu a 25% do total de salários no país em 2015 enquanto o percentual de lucro da manufatura foi de 19%, o que indicaria problemas com a lucratividade, mas não de produtividade já que, como aponta Fuchs (2018), a produtividade por trabalhador alemão é das mais altas do mundo. A estratégia seria então reduzir custos com salários pela automação e modernização das máquinas, “[...] de modo que lucros da fabricação, no futuro, representem uma parcela maior do valor monetário produzido por hora do que no momento”¹⁰² (FUCHS, 2018, p. 283). Um último argumento do autor é o de que o setor de TICs é muito mais produtivo do que a manufatura e a I 4.0 seria uma estratégia do capital alemão de transferir parte dessa produtividade para a manufatura.

¹⁰²Tradução livre nossa do original: *"will reduce labour costs so that manufacturing profits will in the future make up a higher share of monetary value produced per hour than they do at the moment"* (FUCHS, 2018, p. 283).

Pardi *et al.* (2018) consideram, politicamente, a I 4.0, como uma campanha com o objetivo de ressaltar as vantagens industriais alemãs e buscando aliar a um maior desenvolvimento de tecnologia da informação, objetivando assim conseguir financiamento público e investimento privado para seu desenvolvimento. O discurso propalado é o da digitalização da manufatura, mas que na prática o projeto vem a descrever uma miríade de possibilidades distintas do uso das tecnologias. Nessa perspectiva, a IoT assume papel central, configurando “redes de máquinas, materiais, componentes e trabalhadores comunicando-se entre si”¹⁰³ (PARDI *et al.*, 2018, p. 85). Os autores identificam ainda outros elementos previstos: a integração das estruturas de TI fragmentadas de empresas para coletar dados e oferecer análise de dados em tempo real; a introdução dos sistemas assistentes com a capacidade de prover informação aos trabalhadores e maior controle dos processos de trabalho; e novas tentativas de automação do trabalho manual.

Nos documentos do governo, os desafios “da nossa era”¹⁰⁴ (FEDERAL, 2014, p.3) identificados como urgentes são o desenvolvimento urbano sustentável, a energia ambientalmente sustentável, a medicina individualizada e sociedade digitais, que se expandem a seis tarefas: economia e sociedade digitais, economia e energia sustentável, ambiente de trabalho inovador, vida saudável, mobilidade inteligente e segurança civil (FEDERAL, 2014). A I 4.0 aparece como uma das áreas centrais de atuação na tarefa de desenvolver uma economia e sociedade digitais, de modo que o documento a posiciona “no limiar da quarta revolução industrial”¹⁰⁵(FEDERAL, 2014, p. 16), na qual a IoT cumpre função central ao possibilitar a convergência do mundo real com o virtual. O documento elenca ainda alguns fatores considerados chave na “produção industrial do futuro”¹⁰⁶ (FEDERAL, 2014, p. 16), como a individualização extensiva dos produtos dentro de ambientes de produção altamente flexibilizados, a integração de clientes e parceiros de negócio no projeto e no processo de criação de valor; e um hibridismo entre produtos e serviços, os “produtos híbridos”¹⁰⁷ (FEDERAL, 2014, p. 16). Em relação à tarefa prevista de criar ambientes de trabalho inovadores, o objetivo apresentado é o de criar boas

103Tradução livre nossa do original: “*network of machines, materials, components, and also workers communicating with each other*” (PARDI *et al.*, 2018, p. 85).

104Tradução livre nossa do original: “*of our time*” (FEDERAL, 2014, p.3).

105Tradução livre nossa do original: “*at the threshold of a fourth industrial revolution*” (FEDERAL, 2014, p. 16).

106Tradução livre nossa do original: “*industrial production of the future*” (FEDERAL, 2014, p. 16).

107Tradução livre nossa do original: “*Hybrid products*” (FEDERAL, 2014, p. 16).

condições de trabalho, remuneração justa, chamado de “bom trabalho”¹⁰⁸ (FEDERAL, 2014, p. 22):

hoje, mais do que nunca, ser inovador representa usar processos complexos que se sustentam em interações entre desenvolvimento tecnológico, desenvolvimento organizacional e desenvolvimento pessoal e de habilidades. “Bom trabalho” é, então, uma importante base para inovações econômicas¹⁰⁹.

O conceito de “bom trabalho” vinculado ao desenvolvimento pessoal e de habilidades associa-se ao que se denomina de *softskills*, que são características e habilidades propagadas como desejáveis para que o trabalhador consiga um bom desempenho nas tarefas. Um bom trabalhador, nesse caso, é o trabalhador com mais *softskills*. Trata-se de uma abordagem de teorias gerenciais carregadas de elementos ideológicos disfarçados sob consignas de autoconhecimento e desenvolvimento pessoal.

Nesse sentido, o termo I 4.0 pode ser entendido como um “estilo de *marketing*”¹¹⁰ (PFEIFFER, 2017, p. 1). Esse percurso de 2011 até 2016, quando neste mesmo ano torna-se o tema do Fórum Econômico Mundial (doravante FEM), e onde passa a ser divulgado como um conceito “visionário”¹¹¹ (PFEIFFER, 2017, p. 2), uma abordagem exploratória dos especialistas para sondar o que pode ser desenvolvido, somado à popularização do tema, padronização e criação de redes de contatos, o que se assemelha muito ao abordado anteriormente no caso da IA, como máquinas maravilhosas pensantes.

Ainda como comparativo à IA, nota-se na I 4.0 o desenho de um futuro mágico resolvidor: “E esse futuro, apesar de dirigido pela tecnologia, magicamente parece resolver uma série de problemas sociais que eram antes considerados insolúveis – não apenas na Alemanha mas em todo o mundo”¹¹² (PFEIFFER, 2017, p. 2). Essa perspectiva da I 4.0 como solucionadora das mazelas sociais pode ser classificada como um tipo de determinismo tecnológico otimista. Ademais, conforme as considerações de Vieira Pinto (2013), tais perspectivas otimistas carregam

108 Tradução livre nossa do original: “good work” (FEDERAL, 2014, p. 22).

109 Tradução livre nossa do original: “Today, more than ever, being innovative means using complex processes that rely on interactions between technological development, organisational development and personnel/skill development. “Good work” is thus an important basis for economic innovations.” (FEDERAL, 2014, p. 22).

110 Tradução livre nossa do original: “marketing-style” (PFEIFFER, 2017, p. 1).

111 Tradução livre nossa do original: “visioneering” (PFEIFFER, 2017, p. 2).

112 Tradução livre nossa do original: “And this future, although driven by technology, magically seems to solve a host of societal problems that were once thought to be insoluble – not only in Germany but across the world” (PFEIFFER, 2017, p. 2).

consigo elementos ideológicos de dominação de classe, pois prometem um futuro para se livrarem das dívidas do presente.

Pfeiffer (2017, p. 2) faz a seguinte observação a respeito do que, ao nosso entender, facilita desentendimentos a respeito das realidade e dos mitos da I 4.0 e da necessidade de certo conhecimento técnico para dissipar-se de visões equivocadas:

no entanto, devemos sempre diferenciar entre os efeitos reais e especulados da tecnologia, entre discurso sério e modismos midiáticos, entre inovação verdadeira e chapéu velho. Muitas vezes falta um domínio do conhecimento básico sobre sistemas de TI e tecnologia de processos de produção, embora certamente ajude na análise objetiva, assim como familiaridade com o estado da arte da organização do trabalho e com a intralogística da montagem da fábrica. Os conhecimentos técnicos deste tipo desmistificariam rapidamente grande parte do modismo atual¹¹³.

O elemento prático da adoção da I 4.0 em solos alemães é a PI4.0, instituição criada em 2013 pelos principais consórcios industriais e que, por razões organizacionais, passa a ser gerido, em 2015, pelos ministérios de assuntos econômicos e energia, e de educação e pesquisa, bem como por representantes da indústria. Essa iniciativa tem como propósito operar como “o moderador de um catalisador para trocas entre todos os atores sociais na fase pré-competitiva”¹¹⁴ (EUROPEAN, 2016), como uma espécie de grande rede incubadora de negócios que envolve a universidade, empresas e governo.

A plataforma possui como objetivos declarados tais quais “desenvolver conceitos e soluções pré-competitivos e colocá-los em prática”, assim como “fornecer suporte para empresas com recomendações para ação, informação e casos de uso para aplicação prática” e “alimentar suas ideias para o discurso internacional da I 4.0 e participar dos processos de padronização internacional”¹¹⁵ (PLATTFORM, 2019c).

Sua origem remonta ao programa *High-tech Strategy*, vinculado ao

113 Tradução livre nossa do original: “*Yet, we must always differentiate between the real and speculated effects of technology, between serious discourse and media hype, between true innovation and old hat. A command of basic knowledge about IT systems and production-process technology is often lacking, although it would surely aid objective analysis, as would familiarity with the state of the art of work organization and the intra-logistics of factory assembly. Technical expertise of this sort would quickly demystify much of the current hype*” (PFEIFFER, 2017, p. 2).

114 Tradução livre nossa do original: “*the moderator of and catalyst for the exchange amongst all societal actors in the pre-competitive phase*” (EUROPEAN, 2016).

115 Tradução livre nossa do original: “*developing pre-competitive concepts and solutions and putting them into practices*”, “*supporting companies with recommendations for action, information and use cases for practical application*”, “*feeding their ideas into the international Industrie 4.0 discourse and participating in international standardization processes*” (PLATTFORM, 2019c).

Ministério de Economia e Energia do governo alemão e que foi lançado em 2006, com versões atualizadas até 2013 (PARDI *et al.*, 2018). Em 2012, é lançada a *High-Tech Strategy 2020 Action Plans*, já prevendo o aporte de alguns bilhões de euros para I 4.0 (LIAO *et al.*, 2017) e, em 2014, há o lançamento do *New High-tech strategy Action Plans*, cujo relatório (FEDERAL, 2014) apresenta o modelo para a colocação da Alemanha na liderança da inovação mundial de produtos e serviços, fortalecendo o papel que o país exerce como “nação líder industrial e exportadora” (FEDERAL, 2014, p.3).¹¹⁶

O relatório Federal (2014) propõe ainda supostas facilidades para o trabalhador a partir de maior inserção de tecnologias digitais no trabalho, como a flexibilidade de tempo e espaço e maior harmonização entre família e trabalho, promessas que, conforme apontou Casilli (2018), escamoteiam realidades de trabalhadores precarizados e invisibilizados. Esse novo ambiente de trabalho demandará o desenvolvimento de novas habilidades que dinamicamente serão transformadas e, portanto, precisam de treinamento constante, assim como “conceitos holísticos para a organização do trabalho e estruturação de organizações”¹¹⁷ (FEDERAL, 2014, p. 22) necessitam ser testados e desenvolvidos. Nesse contexto, o texto ressalta a necessidade de o governo desenvolver “um sistema de monitoramento de competências estratégicas”¹¹⁸ (FEDERAL, 2014, p. 22), além da inclusão nas escolas de técnicas de ensino que desenvolvam esses requisitos de qualificação.

Além de inserida nos planos de ação da *High-Tech Strategy*, o desenvolvimento da I 4.0 foi adicionado ao documento de 2016, do mesmo ministério, *Digital Strategy 2025* (FEDERAL, 2016), sendo a PI4.0 seu elemento estruturante.

A PI4.0 é composta, além dos órgãos governamentais citados, pelas associações empresariais de mais de 6000 médias e grandes empresas, sobretudo *Bitkom* (*German Association for IT, Telecommunications and New Media*), *VDMA* (*German Engineering Federation*) and *ZVEI* (*German Electrical and Electronic Manufacturers' Association*). Composta por 350 *stakeholders* e 150 organizações,

116 Tradução livre nossa do original: “*leading industrial and exporting nation*” (FEDERAL, 2014, p.3).

117 Tradução livre nossa do original: “*holistic concepts for organising work and structuring organisations*” (FEDERAL, 2014, p. 22).

118 Tradução livre nossa do original: “*a system of strategic competency monitoring.*” (FEDERAL, 2014, p. 22).

a plataforma provê suporte para empresas alemãs na implementação da Indústria 4.0, em particular pela familiarização de empresas com exemplos de vida real da Indústria 4.0 já existentes. Ela também fornece às empresas um impulso significativo, oferecendo-lhes recomendações concretas de ação e encaminhando-as para serviços de suporte e ambientes de teste¹¹⁹ (PLATTFORM, 2019d, p. 42).

Possui um conselho de pesquisa formado por acadêmicos e industriais cujo “objetivo é preparar declarações sistemáticas e opiniões de especialistas nas quais a pesquisa acadêmica atual possa ser agregada para fins industriais”¹²⁰ (PLATTFORM, 2019d, p. 41), o que reforça a intenção de criar um dinamismo próprio.

Por sua dimensão, objetivos e inserção na indústria alemã, a PI4.0 é tida como "pioneira no esforço de criação e configuração de um novo paradigma industrial e, por isso mesmo, tornou-se referência para países avançados que procuram não perder seu espaço de atuação e sua competitividade" (ARBIX *et al.*, 2018, p. 154).

3.4 RESULTADOS, EXEMPLOS

Após a definição da I 4.0, seus antecedentes, seu projeto de implantação e as entidades envolvidas, chegamos ao momento de apresentar como a indústria tem apresentado seus produtos e que critérios utilizam para categorizá-los como produtos 4.0. Serão descritos alguns exemplos de catálogos e páginas de venda de empresas como a *Bosch*, *Siemens*, *Volkswagen* e outras.

Há iniciativas que buscam categorizar produtos como partícipes da I 4.0, elencando quais critérios devem ser seguidos para tal. Como exemplo o aglomerado ZVEI, integrante da PI4.0, apresenta um guia "oficial" que determina quais são os critérios atuais que devem ser cumpridos (figuras 1 e 2), além de projetar critérios futuros (figuras 3, 4 e 5) (PLATTFORM, 2019e). Além desses documentos que indicam uma possível certificação dos produtos, projetando o que pode vir a se tornar um "selo 4.0", há documentos que também procuram diagnosticar o grau de

119Tradução livre nossa do original: “*the platform supports German companies in implementing Industrie 4.0, in particular by familiarising companies with existing Industrie 4.0 real-life examples. It also provides companies with a significant boost by offering them concrete recommendations for action and referring them to support services and test environments.*” (PLATTFORM, 2019d, p. 42).

120Tradução livre nossa do original: “*aim is to prepare systematic statements and expert opinions in which current academic research can be amalgamated for industrial purposes*” (PLATTFORM, 2019d, p. 41).

maturidade de uma empresa para implementar essas soluções com recomendações dos caminhos a serem seguidos (SCHUH *et al.*, 2017).

Figura 1: Critérios para produtos da I 4.0

Criteria	Requirements	L	E	Product characteristics 2018
1. Identification	Cross-manufacturer identification of the asset with unique identifier (ID) attached to the product ⁶ , electronically readable. Identification in: 1) Development 2) Goods transport (logistics), production 3) Sales, service, marketing 4) Network	T	M	For 1) material number ⁴ (electronic) in accordance with ISO 29002-5 ⁵ or URI
		I	M	For 2) serial number or unique ID For 3) manufacturer + serial number or unique ID With 2) and 3) electronically readable, for physical products via 2D code or RFID For 4) participant identification via IP network
2. I4.0 communication	Transfer of product data and data files for interpretation or simulation, for example; product data in standardised form. Product ⁶ can be addressed via the network, supplies and accepts data, Plug & Produce via I4.0-compliant services.	T	M	Manufacturer makes data available/accessible online. The data should be relevant to customers and available/accessible with the assistance of identification/e.g. pdf via http(s) and URI
		I	M	Administration shell of the product ⁶ can be addressed (at any time) with the assistance of the identification online via TCP/UDP&IP with at least the information model from OPC-UA
3. I4.0 semantics	Standardized data with manufacturer-independent unique identification in the format of Properties with syntax for (as example): 1) Data related to business (Commercial data) 2) Catalog data 3) Technical data: Mechanics, Electric, Function, Location, Capabilities 4) Dynamic Data 5) Data describing the life cycle of the product instance.	T	M	For 2)-3) Catalog data and technical data sheet in an open standard online accessible.
		I	M	For 2)-3) Catalog data and technical data sheet in an open standard online accessible. Dynamic data via I4.0 communication online accessible.
		I	O	For 5) Data regarding the life cycle of the product instance online accessible

Fonte: Plattform (2019e, p. 10).

Figura 2: Critérios para produtos da I 4.0 (continuação)

Criteria	Requirements	L	E	Product characteristics 2018
4. Virtual Description	Virtual representation in I4.0-compliant semantic. Virtual representation for the complete life cycle. Important properties of the physical component, information regarding the relation between Properties, relations relevant for production and production process-relevant relationships between Industrie 4.0 components, formal description of relevant functions of the actual component and its processes.	T	M	Customer-relevant information can be retrieved digitally based on type-identification (Product description, catalog, picture, technical features, datasheet, security properties, etc.)
		I	M	Digital contact to service and to information regarding product support (including spare parts information) possible from the field.
5. I4.0- Services and States	Definition still open (service system) General interface for loadable services and report of states. Necessary base services, which have to be supported and provided by an I4.0-product.	T	O	Digital description of device interface available
		I	O	Information like states, error messages, warnings, etc. according to an industrial specification available via OPC-UA information model
6. Standard functions	Basic standardized functions, which can be executed manufacturer-independently and which provide same data in same functions. These basic functions serve as base for the functionality, on which every manufacturer can build their own extensions.	T	N	Functions described in Administration shell in format of I4.0 sub models.
		I	N	Functions implemented in Administration shell in format of I4.0 sub models.
7. Security	Minimum requirements for providing security functions.	T	M	A threat analysis has been executed. Appropriate security features were considered and publicly documented.
		I	M	Available security capabilities are documented. Appropriate secure identities are available.

Product characteristics for the criteria L: Lifecycle with T: Type and I: Instance
C: Coverage with M: Mandatory,
O: Optional, use-case-dependent, may be mandatory and N: Not relevant

Fonte: Plattform (2019e, p. 11).

Figura 3: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0

Criteria	Requirements	L	C	Medium term ≤ 5 years	C	Long term ≤ 10 years
1. Identifica-tion	Manufacturer-independent identification of the asset with unique identifier (ID) attached to the product ⁷ , electronically readable. Identification in: 1) Development 2) Supply chain (logistics), production 3) Sales, service, marketing 4) Network	T	M	As in 2019	M	As in 2019
		I	M	As in 2019, but also further wireless identification possible. More detailed identification data and de-referencing of further identifiers (e.g. GS1) possible.	M	As for medium term, but also indoor and outdoor localisation, pattern recognition, etc. possible.
2. I4.0-Com-munication	Transmission of product data and data files regarding the product, e.g. for planning or simulation, data regarding the product in standardised form. Product ³ accessible via network, provides and receives data, Plug & Produce based on I4.0-compliant services.	T	M	As in 2019, but administration shells and its data can be communicated digitally.	M	As for medium term and new technologies such as ledger technologies (blockchain).
		I	M	As in 2019, but administration shell of the product[3] can communicate via OPC-UA; basic services I4.0 also implemented.	O	As for medium term but communication can use communications standards (e.g. DDS, AMQP, Bluetooth etc.). Flexible network topologies.
		O		Additionally MQTT for above production line level. TSN and 5G are possible in communication stack.		
3. I4.0-Semantic	Standardized data with manufacturer-independent unique identification in the format of Properties with syntax for (as example): 1) Data related to business (Commercial data) 2) Catalog data 3) Technical data: Mechanics, Electric, Function, Location, Capabilities 4) Dynamic data 5) Data describing the life cycle of the product instance	T	M	As in 2019, but with I4.0-compliant self-description. 1-5) structured in manufacturer-independent sub-models with uniform minimum standards. 1-4) preferably ecl@ss, but also IEC CDD/W3C/ IEC 62832, IEC61360/ISO13584 and IEC61987-compliant data 2) BMEcat 2-3) Automation ML 2-4) Models for simulation and virtual commissioning	M	As for medium term 1-3) + other candidates + data in public catalog Also autonomous negotiation of business relationships.
		I	M	As in 2019. 3-5) preferably ecl@ss, but also IEC CDD/ W3C/ IEC 62832-compliant data.	M	3-5) + other candidates + data in public databases Also autonomous negotiation of business relationships.

Fonte: Plattform (2019e, p. 13).

Figura 4: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0 (continuação)

4. Virtual Description	Virtual representation in I4.0-compliant semantic. Virtual representation for the complete life cycle. Important properties of the physical component, information regarding the relation between Properties, relations relevant for production and production process-relevant relationships between Industrie 4.0 components, formal description of relevant functions of the actual component and its processes.	T	M	As in 2019, but further customer-relevant data are available in I4.0-compliant formats. Data on product types can also be transferred to public or private clouds (Administration shell via a type).	M	All data and descriptions available digitally in I4.0 semantics for cross-manufacturer exchange.
		I	M	Representation of all production and service documents as well as data present and available internally in a transparent manner.	M	All data and descriptions available digitally in I4.0 semantics for cross-manufacturer exchange.

Fonte: Plattform (2019e, p. 13).

Figura 5: Critérios previstos para produtos futuros da I 4.0 (continuação)

Criteria	Requirements	L	C	Medium term ≤ 5 years	C	Long term ≤ 10 years
5. I4.0- Services and States	Definition still open (service system)	T	M	As in 2019, but additional first services online loadable.	M	All I4.0 services required in the development process such as simulation services available online.
	General interface for loadable services and report of states. Necessary base services, which have to be supported and provided by an I40-product.	I	M	As in 2019, but also basic services I4.0 implemented (e.g. self-description, remote update capability, new loadable functions etc.).	M	As for medium term, but all I4.0 services for Plug&Produce.
6. Standard functions	Basic standardized functions, which can be executed manufacturer-independently and which provide same data in same functions. These basic functions serve as base for the functionality, on which every manufacturer can build their own extensions.	T	O	First mandatory Sub-models e.g. identification, name plate and simulation model for virtual commissioning available. Methods from machine learning and artificial intelligence.	M	All defined standard functions for development support are available. New methods from machine learning and artificial intelligence. Autonomous products in life cycle.
		I	O	For example, PLCopen for Motion functions, description and access to primary user functions of the asset, condition monitoring standard according to VDMA 24582, Methods from machine learning and artificial intelligence.	M	All defined standard functions for users are available and can be executed. New methods from machine learning and artificial intelligence. Autonomous products in life cycle.
7. Security	Minimum requirements for providing security functions	T	M	Security by design. Security capabilities are described at the respective level (Authentication of the identifiers, user and role management, secure communication, logging of the security-relevant changes).	M	Security by design. Additional (level of trust), Capabilities of the intended level of trust are described.
		I	M	Security capabilities are available digitally at the intended level (Authentication of the identifiers, user and role management, secure communication, logging of the security-relevant changes).	M	Also available digitally (level of trust), Capabilities of the intended level of trust are implemented.

Product characteristics for the criteria

L: Lifecycle with T: Type and I: Instance

C: Coverage with M: Mandatory, O: Optional, use-case-dependent, may be mandatory and N: Not relevant

Fonte: Plattform (2019e, p. 14).

O guia "oficial" da ZVEI (PLATTFORM, 2019e) apresenta ainda alguns produtos que já teriam atendido aos critérios e podem ser considerados como pertencentes à I 4.0, como o *LiDAR Sensor R2000*, da empresa *Pepperl+Fuchs*, um *scanner* de precisão em 360°. No *website* de divulgação do produto (PEPPERL+FUCHS, 2020), é dado como exemplo de uso a manutenção preventiva, em que o radar impede que máquinas automáticas coletoras de produtos em um galpão sofram acidentes que possam danificar sua estrutura, ao enviar em tempo real informações à máquina, que contém um sistema acoplado de comunicação com o *scanner* e que para ao receber mensagem de erro.

Na esteira da certificação 4.0, multinacionais alemãs iniciaram a divulgação de produtos que atendem a esses critérios. A *Bosch* contém um catálogo de mais de 100 páginas de produtos e serviços como soluções em *software*, logística e manufatura, equipamentos para chão de fábrica e prestação de serviços e consultoria (BOSCH, [2019?]), com uma indicação de 7 quesitos – pessoas como atores-chave, inteligência distribuída, integração rápida e configuração flexível, padrões abertos, representação virtual em tempo real, gerenciamento digital do ciclo de vida, rede segura de criação de valor – e quais produtos os cumprem em maior ou menor grau. A Siemens tem como carro-chefe de seus produtos da I 4.0 o *digital twin* (gêmeo digital), que se apresenta como a virtualização completa da produção, assim divulgada:

como representação virtual de um produto, processo de produção ou desempenho, permite que as etapas individuais do processo sejam perfeitamente vinculadas e cria uma melhoria consistente na eficiência, minimiza as taxas de falhas, reduz os ciclos de desenvolvimento e abre novos negócios oportunidades (SIEMENS, 2019).¹²¹

Esse serviço está baseado no monitoramento total da produção, em que a maior quantidade de dados é adquirida dos processos, do estado das máquinas, da qualidade do produto, entre outros, o que, no léxico da I 4.0, é nomeado de transparência produtiva. A partir da coleta de dados em tempo real é possível alimentar seu gêmeo virtual e, a partir dele, simular melhorias na cadeia de produção, prever manutenções, reduzir consumo de energia, entre outras. Característica marcante aqui é que o gêmeo digital é ofertado como uma prestação de serviço da empresa, que é contratada para instalar o que for necessário, ficando em suas posses todos os dados do processo produtivo.

O mesmo ocorre com o caminhão autônomo da Volvo – lançado no norte do estado do Paraná – que auxilia na colheita da cana e reduz em até 5% a perda de brotos por esmagamento da roda do caminhão ocasionada por motoristas humanos. Seu sistema de condução por *Global Position System* (GPS) é acoplado ao caminhão, praticamente eliminando a necessidade de motorista, mas não é vendido ao proprietário da terra, sendo apenas alugado. Com isso, os dados da terra (área de colheita, produtividade, entre outros), são gerados por um equipamento que

¹²¹Tradução livre nossa do original: “As a virtual representation of a product, production process, or performance, it enables the individual process stages to be seamlessly linked”, além de que “creates a consistent improvement in efficiency, minimizes failure rates, shortens development cycles, and opens up new business opportunities” (SIEMENS, 2019).

pertence à Volvo, como ocorre no caso da virtualização da produção da Siemens. (VOLVO ..., 2018; VOLVOTRUCKS; 2018) Podemos deduzir, assim, um outro modelo de negócios da I 4.0 que, para além do desenvolvimento de técnicas e tecnologias “disruptivas”, dá-se pela prestação de serviços que ainda adquire a farta gama de dados de diversas empresas e setores da economia e nos casos que envolvem grandes quantidades de dados pela sua extração.

3.5 PADRÕES DE ARQUITETURAS: ESTRATÉGIA COMERCIAL PARA A CONQUISTA DE MERCADOS

Inseridas em estratégias que, em nosso entendimento, podem vir a reforçar laços de dependência econômica entre países, estão as iniciativas de padronização de elementos centrais à I 4.0. Determinar, portanto, o formato dos dados, a sintaxe e a semântica de elementos do sistema, a interface e a disposição dos componentes, confere alto grau de poder a quem o faz. Um processo similar que ilustra isso é o modo com que a gigante Microsoft operou sua dominância de mercado pelo sistema operacional Windows, direta e indiretamente. Diretamente pela venda de seus produtos à grande parte do globo, chegando a dominar o uso em computadores domésticos. Indiretamente, pelo fato de que quem quisesse vender *softwares* executáveis no ambiente Windows, deveriam desenvolvê-los com base na arquitetura, semântica e sintaxe deste sistema, configurando um aprisionamento tecnológico.

Assim sendo, seria esperado que a criação dos padrões de arquitetura para a I 4.0 estivessem sob segredo industrial para que, uma vez que as soluções industriais iniciassem suas vendas, as produtoras oferecessem o serviço já instalado. Este seria o cenário ideal para o governo e empresas alemãs. Entretanto, fatores distintos não permitem que essa monopolização imediata das soluções 4.0 ocorra como se deu com a Microsoft, o que exige estratégias alternativas.

Um dos pontos, como abordado anteriormente, é a dependência da dinâmica de médias empresas para desenvolverem e testarem os padrões, e um

padrão único e fechado resultaria em “altos custos caso preferissem mudar para uma solução diferente”¹²² (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 7).

Kagermann *et al.* (2016, p. 8) resumem essa questão:

padrões fechados podem ser controlados com mais precisão à medida que a tecnologia continua a se desenvolver e a prometer retornos mais altos para os fornecedores de produtos de tecnologia. Os padrões abertos podem ser estabelecidos mais rápida e amplamente, embora seja mais difícil usá-los para se obter ganhos comerciais.¹²³

Ainda a respeito da construção dos padrões de forma aberta e com diversos atores empresariais de médio porte na Alemanha, podemos traçar um paralelo com os métodos de desenvolvimento de IA pelas grandes indústrias de tecnologia, pois de acordo com Dyer-Witthof, Kjosen e Steinhoff (2019, p. 54), “praticamente todos os projetos de IA atualmente baseiam-se em conjuntos de ferramentas de código aberto”¹²⁴. A indústria de IA, conforme abordamos no capítulo anterior, é formada majoritariamente por grandes empresas que tendem a monopolizar o mercado e adquirir pequenas empresas logo que desponhem. Logo, seria de se esperar que as técnicas fossem desenvolvidas em segredo comercial, com soluções proprietárias. Entretanto,

o setor de IA é caracterizado por uma grande e vigorosa comunidade de código-fonte aberto, na qual as ferramentas e modelos de criação de IA são distribuídos gratuitamente, os projetos são realizados por coletivos de programação on-line das cooperativas e os produtos são lançados gratuitamente para uso geral. Quase todos os gigantes da tecnologia têm código aberto em alguns de seus materiais relacionados à IA¹²⁵ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 53).

Essa participação de comunidades de soluções abertas e comunitárias serve para contribuir e testar o desenvolvimento de novas técnicas. Conforme Dyer-Witthof, Kjosen e Steinhoff (2019) sugerem, esse processo é similar à incorporação dos movimentos de *software* livre pelas grandes empresas como a Google, Apple e Microsoft, que antes vistos como subversivos passam a auxiliar,

122 Tradução livre nossa do original: “*high costs if they wished to switch to a different solution*” (KAGERMANN, 2016, p. 7).

123 Tradução livre nossa do original: “*Closed standards can be more precisely controlled as the technology continues to develop and promise higher returns for the suppliers of technology products. Open standards can be more rapidly and widely established, although it is harder to use them for commercial gain.*” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 8).

124 Tradução livre nossa do original: “*almost all AI projects today rely on such open-source toolkits*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 54).

125 Tradução livre nossa do original: “*the AI industry is characterized by a large and vigorous open-source community, in which tools and templates for making AI are freely distributed, projects are undertaken by cooperatives online programming collectives, and products are released gratis for general use. Nearly all of the techs giants have open-sourced some of their Ai-related materials*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 53).

indiretamente, no desenvolvimento das técnicas utilizadas comercialmente por essas multinacionais.

Ademais, outro aspecto similar é o uso das técnicas de padrões e códigos abertos para ganhar mercados e derrubar concorrentes. O caso do sistema operacional Android é o maior exemplo nessa direção. Foi introduzido pela Google para desafiar o domínio da Apple no mercado de *smartphones* e tornou-se, de fato, o sistema dominante. Uma vez alcançado esse patamar, foi possível utilizar o Android para fins particulares da Google:

embora de código ostensivamente aberto, na prática o Android opera em grande parte como um anexo das maiores operações de coleta de dados do Google, que, por sua vez, sustentam suas enormes receitas de publicidade e treinamento de seus sistemas de AM¹²⁶ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 55).

Assim, as soluções abertas, tidas como uma forma de compartilhamento de conhecimento e democratização tecnológica, passar a compor estratégias comerciais agressivas:

assim, grandes corporações produtoras de IA podem não apenas coexistir e, de fato, se beneficiar do desenvolvimento de IA de código aberto, mas podem na verdade transformá-los em armamento contra seus competidores¹²⁷ (VORHIES, 2016b *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 55).

Por se tratar a I 4.0 de um fenômeno concorrencial, de uma corrida contra o tempo para garantir a primazia do desenvolvimento e controle das técnicas – ao menos como exposto em seus materiais – a opção pela abertura dos padrões referenciais de arquitetura resulta ser a solução imediata mais propícia. Ademais, como um segundo ponto que favorece essa decisão, o caráter dinâmico e amplo desse projeto industrial permite múltiplas técnicas e padrões, conforme reconhecem Kagermann *et al.* (2016, p. 7): “por ser um campo tão complexo, não haverá um único padrão da Indústria 4.0. Em vez disso, os próximos anos verão o surgimento de vários padrões”¹²⁸. Por exemplo, há uma miríade de organizações que

126Tradução livre nossa do original: “*although ostensibly open-source, in practice Android largely operates as an annex of Google’s larger data-harvesting operations, which in turn sustains its massive advertising revenues and training of its ML systems*” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 55).

127Tradução livre nossa do original: “*large corporate AI producers can thus not only coexist with, and indeed, benefit from, open-source AI development, but can actually weaponize it against competitors*” (VORHIES, 2016b *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 55).

128Tradução livre nossa do original: “*because it is such a complex field there will not be one single Industrie 4.0 standard. Instead, the next few years will see the emergence of numerous standards*” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 7).

desenvolvem padrões para a IoT, conforme figura 6. Portanto, estar inserido nas discussões globais buscando liderar os espaços de criação e produção desses padrões é mais vantajoso que isolar-se com uma solução proprietária única. “Isso [a padronização] mostrou-se ser um instrumento indispensável para abrir mercados”¹²⁹ (PLATTFORM, 2016a, p. 2). E, explicitando a estratégia: “a corrida agora é no campo da I 4.0. Quem for o primeiro a definir padrões aceitos internacionalmente terá ganhado uma vantagem competitiva de longa duração”¹³⁰(KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

Outra evidência da centralidade que a definição de arquiteturas e padrões assume na estratégia comercial é a criação de um conselho específico para tratar desse tópico, o *Standardization Council 4.0* (SCI4.0), criado pelas principais associações industriais alemãs – *Bitkom*, *VDMA*, *ZVEI*, *DIN* e *DKE* – e atrelado à PI4.0: “até agora, essa abordagem combinada de padronização é única em todo o mundo e tem o potencial de servir de modelo para outros setores de tecnologia interindustrial”¹³¹ (PLATTFORM, 2016a, p. 3). E a divisão de tarefas e a dinâmica entre as instituições PI4.0, SCI4.0 e LNI4.0 pode ser assim descrita:

por meio de uma estreita parceria com o *Standardization Council Industrie 4.0* (SCI4.0), os resultados do *Plattform Industrie 4.0* são rapidamente colocados em organismos internacionais de padronização. A cooperação com o *Labs Network Industrie 4.0* (LNI4.0) garante que a experiência prática obtida em vários casos de uso inicial nos processos de padronização seja adequadamente levada em consideração¹³² (PLATTFORM, 2019f).

Modelos de referência de arquitetura são centrais para a operação de sistemas complexos com grande fluxo de dados e podem ser definidos como “modelos idealizados que fornecem o arcabouço para o desenvolvimento, integração e operação de sistemas técnicos relevantes”¹³³ (PLATTFORM, 2019f). São

129Tradução livre nossa do original: “*This has proven to be an indispensable instrument for opening up markets*” (PLATTFORM, 2016a, p. 2).

130Tradução livre nossa do original: “*The race is now on in the field of Industrie 4.0. Whoever is first to define internationally accepted standards will have gained a long-term competitive advantage.*” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

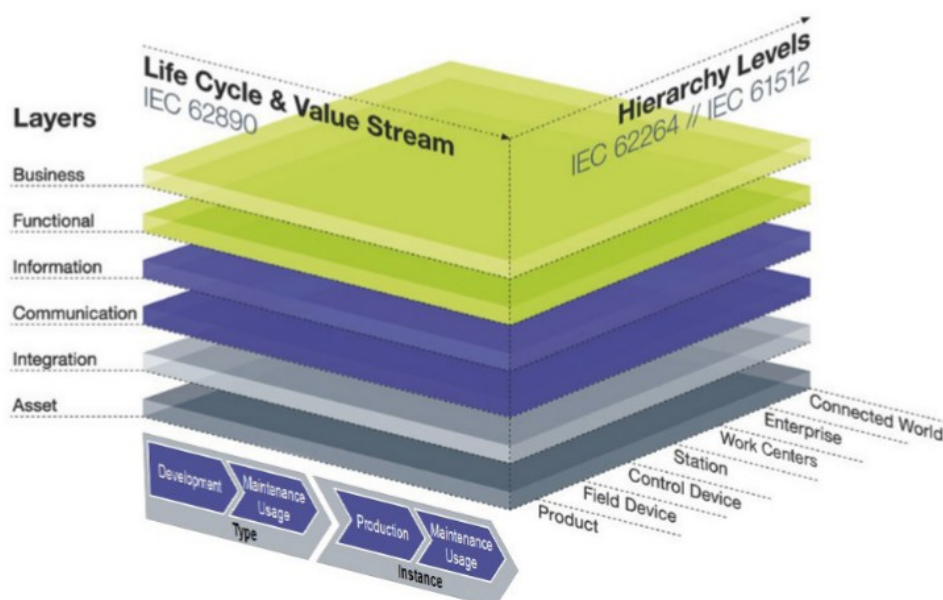
131Tradução livre nossa do original: “*This concerted standardization approach is so far unique worldwide, and has the potential to serve as a blueprint for other cross-industry technology sectors*” (PLATTFORM, 2016a, p. 3).

132Tradução livre nossa do original: “*Through a close partnership with the Standardization Council Industrie 4.0 (SCI4.0), the results of Plattform Industrie 4.0 are quickly placed in international standardization bodies. The cooperation with the Labs Network Industrie 4.0 (LNI4.0) ensures that the practical experience gained from numerous initial use cases in the standardization processes is adequately taken into account.*” (PLATTFORM, 2019f).

133Tradução livre nossa do original: “*idealised models which provide the framework for the development, integration and operation of the relevant technical systems*” (PLATTFORM, 2019g).

Figura 7: Modelo tridimensional do RAMI4.0

RAMI 4.0



Fonte: Standardization Council for Industrie 4.0 (2018a, p. 6)

A compreensão ainda que superficial desse modelo auxilia na compreensão do ideal da I 4.0 e de seus propósitos e perspectivas de transformação, tanto no chão de fábrica, quanto nas tomadas de decisão, e também na relação com o consumidor. As três dimensões propostas estão assim elencadas:

Primeira dimensão: o ciclo de vida do produto. Do seu planejamento às etapas de produção, vendas e prestação de serviços.

Segunda dimensão: o modelo de negócios.

Terceira dimensão: o modelo hierárquico, a transição de um modelo vertical para um modelo interconectado, interoperável e flexível, conforme figuras 8 e 9.

Do modelo tridimensional da figura 7 podemos observar que há lacunas que, talvez propositalmente, não esclarecem como se dá a divisão do trabalho na nova proposta de ciclo de vida da mercadoria e tampouco evidencia qual o papel humano e como está ligado a cada eixo desse modelo. Como veremos adiante, sobretudo no capítulo 4, a falta de clareza em tais representações auxiliam a corroborar a percepção de que os modos de organização e integração que esse tipo de automação propõe internalizam e refletem o modo de reprodução do capital.

Nesse sentido, é possível associar a tendência ao aumento da padronização de processos a um certo aumento na precarização do trabalho. Huws e Podro (2012), ao analisarem aspectos da subcontratação e da fragmentação dos empregos na Inglaterra, observam que a padronização de processos, sobretudo no setor de serviços, pelo uso de sistemas exige diferentes certificações de parte do trabalhador. Tal fato opera como um possibilitador das subcontratações e da fragmentação dos postos de trabalho. Como apontam Huws e Podro (2012, p. 3):

conforme os processos de produção tornaram-se mais complexos e as empresas maiores e mais internacionalizadas, as redes de fornecimento tornaram-se maiores. Houve um crescimento constante das subcontratações, incluindo subcontratações internacionais, nas indústrias desde pelo menos a década de 1960.¹³⁵

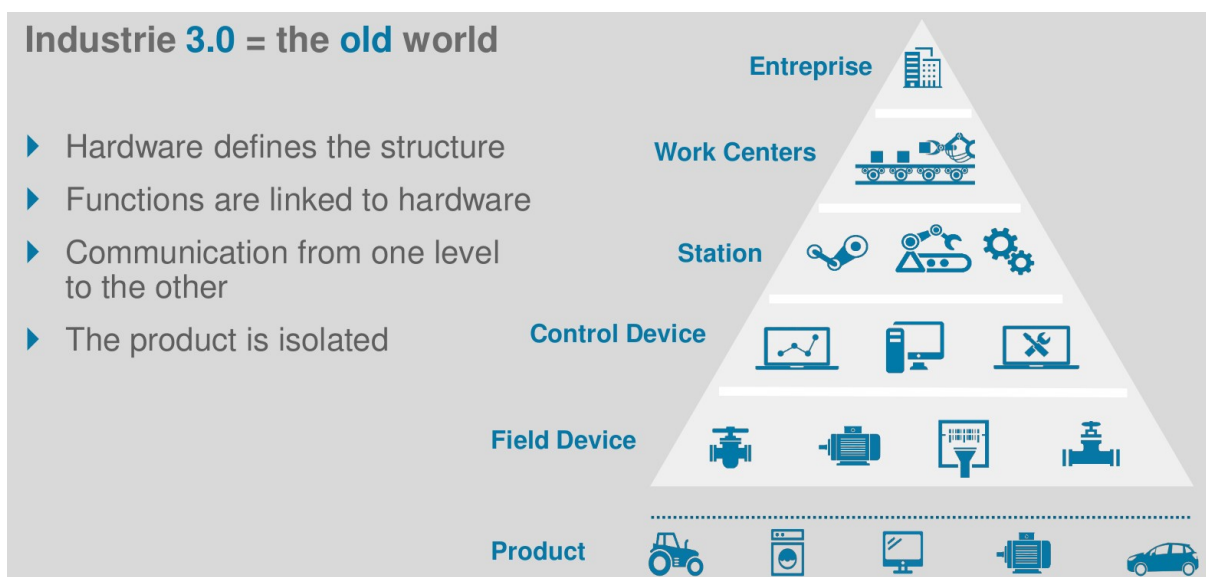
Neste sentido, nota-se que

outra dimensão da padronização é que em alguns setores há a tendência crescente a gerenciar os trabalhadores por resultados, por exemplo, por meio de requisitos para atender às metas de produtividade ou indicadores de desempenho ¹³⁶ (HUWS; PODRO, 2012, p. 13).

135Tradução livre nossa do original: "*as production processes have become more complex, and companies larger and more international, supply chains in manufacturing have got longer. There has been a steady growth in outsourcing, including international outsourcing, in production industries since at least the 1960s*" (HUWS; PODRO, 2012, p. 3).

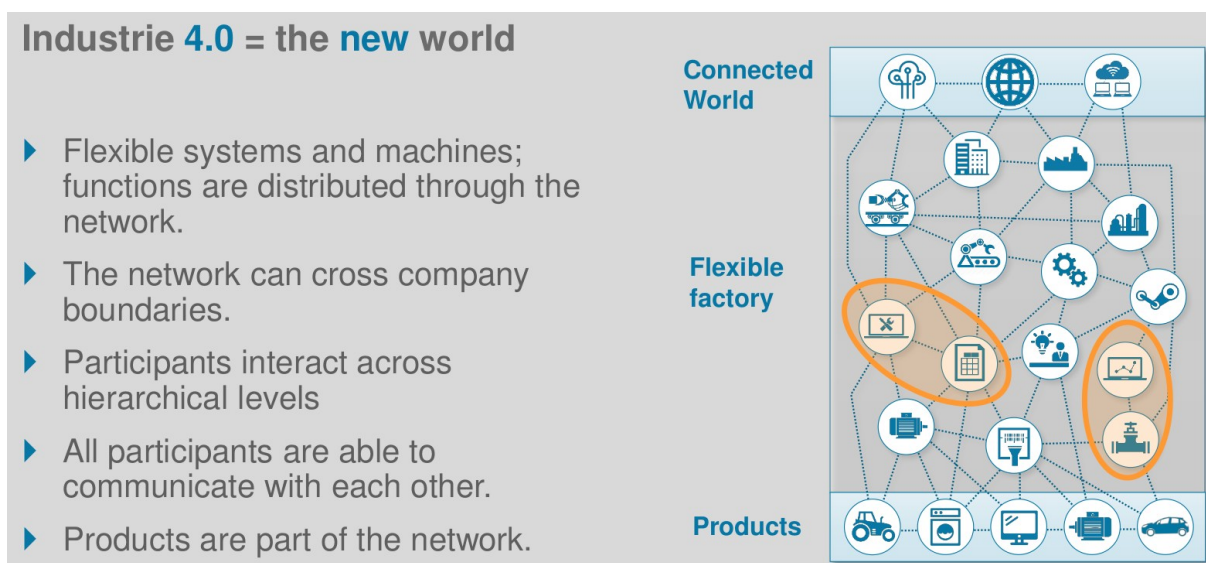
136Tradução livre nossa do original: "*Another dimension of standardisation in some sectors has been the increasing propensity to manage workers by results, for instance through requirements to meet productivity targets or performance indicators*" (HUWS; PODRO, 2012, p. 13).

Figura 8: O modelo anterior da indústria conforme a PI4.0



Fonte: Plattform (2018b, p. 23)

Figura 9: A nova hierarquia proposta para a I 4.0



Fonte: Plattform (2018b, p. 24)

Há documentos que detalham propostas para um arcabouço administrativo de um sistema da I 4.0, contendo os princípios, diagramas UML e até implementação de esquemas em XML e em JSON que especificam a comunicação entre pontos nessa rede de elementos descentralizada. (PLATTFORM, 2018c).

Uma última observação sobre esse aspecto é que em relatórios e documentos de teor mais técnico, como os mencionados acima, o componente humano desaparece das definições técnicas e padronizações. Se nas superfícies do discurso persuasivo e propagandístico a promessa é a de colocar “o ser humano no centro”¹³⁷ (PLATTFORM, 2019h, p. 6), nos documentos que definem critérios, técnicas, padrões e referenciais de implantação praticamente não há menção aos termos "*human*" ou "*worker*".

3.6 INDÚSTRIA 4.0 ®

As iniciativas preocupadas com a definição e exportação de padrões de arquitetura de processos e produtos da I 4.0 podem ensejar novas formas de domínio tecnológico e econômico, como trataremos nesta seção.

O grau de capilaridade que os conceitos de I 4.0 assumem nas esferas do desenvolvimento tecnológico influencia diretamente nos direcionamentos de pesquisas do ramo. De modo análogo ao que ocorreu e ocorre com as tendências da IA que criam modismos temáticos que são constantemente superados por novos objetivos e aspirações, a I 4.0 parece possuir um grau de influência similar no mundo científico pois, assim como a IA, sua definição é ampla e por vezes vaga.

O uso corrente de termos de diversos significados possíveis, como "flexível", "interoperável", "interconectado" e a associação a técnicas inovadoras como "*big data*", "virtualização" e outras permite que trabalhos de diferentes esferas rotulem-se como pertencentes à I 4.0, criando inclusive ramos especializados. Há uma miríade de trabalhos de distintas áreas do conhecimento que se definem como 4.0, também similar a trabalhos e produtos que se autodenominam IA, e que não necessariamente tenham tecnologias comumente associadas a este campo. São exemplos os trabalhos que definem um campo de petróleo e gás 4.0 (LU *et al.*, 137Tradução livre nossa do original: "*the human being at the centre*" (PLATTFORM, 2019h, p. 6).

2019), ou técnicas relacionadas à I 4.0 na saúde (THUEMMLER, 2017) e técnicas de propostas educacionais 4.0 (ANDRADE, 2018; RODRIGUES, 2018).

Se por um lado essa popularização dos termos exprime que há uma tendência à homogeneização da agenda 4.0 por distintos setores, o que favorece a consolidação dos ideais e facilita, portanto, a adesão a tais projetos, por outro lado expressa uma possível banalização das noções originais da I 4.0 como definidas nos programas alemães, o que pode ser danoso para seus objetivos comerciais. Afinal, se cada vez mais tecnologias desenvolvidas em qualquer lugar por qualquer cientista com qualquer aplicação pode fazer parte do bojo de produtos e tecnologias da I 4.0, perde-se assim a primazia sobre seus rumos. Dessa maneira, há movimentos da PI4.0 e de entidades associadas que buscam mitigar essa questão ao implementarem uma espécie de certificação 4.0.

Em 2019, a PI4.0 publicou um documento com as especificações dos critérios que produtos precisam cumprir para serem considerados da I 4.0 (PLATTFORM, 2019e). Esses critérios dividem-se nas características dos produtos, no grau de cumprimento e as fases do ciclo da vida da produção, baseados no modelo RAMI4.0. Os detalhes dos critérios que devem ser cumpridos são a forma de identificação do produto no ecossistema, o uso de comunicação e semântica na forma da I 4.0, sua descrição virtual, os estados e serviços da I 4.0 presentes no produto, as funções básicas que cumpre e a segurança.

A respeito da definição desses critérios, evidencia-se seu caráter monopolista, sendo “desenvolvidos nos comitês 'Modelos e normas ZVEI-SG' e no grupo de trabalho AG1 da *Plattform Industrie 4.0* sobre arquiteturas, normas e padrões de referência.”¹³⁸ (PLATTFORM, 2019e, p. 4), e a flexibilidade – conceito caro à I 4.0 – do cumprimento desses critérios resulta não ser assim tão factível: “os critérios estipulados para os produtos *Industrie 4.0* só podem ser alterados por esses dois comitês”¹³⁹ (PLATTFORM, 2019e, p. 4).

Uma vez cumpridos os requisitos, “A ZVEI recomenda rotular os produtos 'I4.0' ou 'Industrie4.0' e adicionar esses termos aos catálogos dos fabricantes, por

138Tradução livre nossa do original: “developed in the committees ‘ZVEI-SG models & standards’ and the *Plattform Industrie 4.0* working group AG1 on reference architecture, norms & standards.” (PLATTFORM, 2019e, p. 4).

139Tradução livre nossa do original: “The stipulated criteria for *Industrie 4.0* products can only be changed through (by) these two committees.” (PLATTFORM, 2019e, p. 4).

exemplo”¹⁴⁰ (PLATTFORM, 2019e, p. 5). Valoriza-se, assim, a marca I 4.0, suas formas de produção, controle e definição de futuro pela PI4.0, isto é, cria-se uma marca registrada da Indústria 4.0.

3.7 O EXEMPLO DA RELAÇÃO COM A CHINA

Conforme observamos, há um viés expansionista no projeto da I 4.0 alemão que se evidencia pelas estratégias que analisamos, como a definição e difusão de padrões que analisamos. Tal pretensão é explicitada ainda por passagens como a seguinte:

o objetivo amplo da *Plattform Industrie 4.0* é assegurar e expandir a posição de liderança internacional da Alemanha na indústria de manufatura¹⁴¹ (PLATTFORM, 2019b).

Não nos cabe nesta dissertação realizar uma profunda análise dos componentes imperialistas das propostas de progresso tecnológico advindas dos países do centro do capitalismo, tampouco investigar de que modo os países tidos como subdesenvolvidos acabam por orientar-se tendo tais projetos como horizonte. Todavia, julgamos necessário trazer uma breve citação de Vieira Pinto – quem se debruça sobre o tema da dominação ideológica como forma de dominação imperialista – a esse respeito:

a nação arvorada em cabeça de uma formação imperial tem necessidade de melhorar constantemente sua tecnologia de exploração da natureza e do trabalho dos povos vencidos, sob a pena de declinar e sucumbir. Nada de surpreendente, portanto, em que o florescimento da tecnologia tenha por sede a área historicamente dominante de cada época. Aí se acumulam as produções da ciência, para aí emigram os sábios do mundo inteiro e aí se acham os recursos de força de trabalho necessários para a produção mais qualificada e volumosa, possível em cada fase histórica. (VIEIRA PINTO, 2013, p. 259)

Com isso em vista, analisaremos agora algumas das estratégias comerciais da PI4.0 para com a China.

A importância da parceria das entidades alemãs de I 4.0 com a China é manifestada em distintos documentos que tratam a nação asiática como um

140Tradução livre nossa do original: "ZVEI recommends labelling the products 'I4.0' or 'Industrie 4.0' and adding these terms to the manufacturers' catalogues, for example" (PLATTFORM, 2019e, p. 5).

141Tradução livre nossa do original: "The overarching goal of the Plattform Industrie 4.0 is to secure and expand Germany's leading international position in the manufacturing industry." (PLATTFORM, 2019b)

mercado em potencial, uma parceira no desenvolvimento de tecnologias – principalmente nas definições de padrões – e como uma concorrente comercial (KAGERMANN *et al.*, 2016; STANDARIZATION, 2018a; FEDERAL, 2014; FEDERAL, 2016). O foco está no mercado chinês, apesar de outras nações serem também consideradas junto à China como possíveis mercados: “Coréia do Sul e China são mercados promissores para produtos alemães devido à sua alta demanda por tecnologia de fabricação”¹⁴² (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 9).

A China possui o seu programa de automação digital de sua produção, o *Made in China 2025*, que, conforme Arbix *et al.* (2018) observam, possui diretrizes semelhantes às do programa alemão, como a diminuição dos custos com trabalho, o aumento da capacidade e intensificação do trabalho e a liderança mundial, conforme discurso de seu presidente:

fazer da China um dos países mais inovadores do mundo em 2020, uma liderança maior em 2030 e, finalmente, tornar a China uma potência mundial em C&T no aniversário de cem anos da fundação da República Popular da China, 2049 (JINPING, 2016 *apud* ARBIX *et al.*, 2018, p. 147).

A China possui, porém, outra forma de desenvolvimento tecnológico que, por sua dimensão e estrutura governamental, permite-lhe delinear metas ambiciosas, como aportar 2,5% do PIB em pesquisa e desenvolvimento (P&D); elevar para 60% a participação das tecnologias avançadas no crescimento; limitar em 30% a dependência de tecnologias importadas; estar entre os cinco maiores países em número de patentes registradas; desenvolver tecnologias de manufatura extrema, as tecnologias da escala nanométrica e de alta precisão; desenvolver robôs inteligentes de serviço, que são equipamentos inteligentes e integrados e serviços de predição de tecnologia, como prototipagem e simulação de controle, confiabilidade e segurança. Estima ainda avançar no setor de semicondutores e sistemas integrados para produzir 70% dos robôs do mundo em 2020, o que podemos compreender como uma meta distante e ambiciosa. Porém, ao mesmo tempo, o país já possui o maior mercado consumidor de robôs do mundo, 25% (IRF, 2016 *apud* ARBIX *et al.*, 2018). Além desses fatores, há diferenças significativas no financiamento de projetos, que, por meio de definições dos planos quinquenais, quadruplicou o investimento em P&D de 2005 a 2014 (de U\$86 bi a U\$369 bi), ultrapassando Alemanha e outros, correspondendo a 20% do investimento global (ARBIX *et al.*,

¹⁴²Tradução livre nossa do original: “South Korea and China are both promising markets for German products owing to their high demand for manufacturing technology” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 9).

2018). Os autores apontam, contudo, que há ainda alguns degraus que separam o nível de tecnologias de ponta alemãs das chinesas.

Disso podemos inferir que os projetos alemães podem retirar alguma vantagem e a padronização da I 4.0 pode ser um passo nessa direção. Como o desenvolvimento tecnológico da China está baseado em grande parte no sistema *Going out, Bringing in*¹⁴³ como forma de transferência tecnológica, as empresas alemãs podem aproveitar esse momento para inserir-se no mercado chinês. Neste sentido, os seguintes excertos do relatório produzido em colaboração com um dos fundadores do projeto da I 4.0 parecem aproveitar-se dessa condição para propor uma *Blitzkrieg* comercial no mercado chinês:

abasteça a China com equipamentos de automação. A maioria das empresas na China ainda está muito longe dos padrões de fabricação predominantes nos países industrializados tradicionais. A estratégia Made in China 2025 do governo chinês visa acabar com essa lacuna, principalmente aumentando o nível de automação em todo o setor industrial. Isso abre oportunidades de vendas exclusivas para fornecedores alemães, por exemplo, no que diz respeito ao software, sensores e robótica da indústria. O objetivo deve ser o de posicionar a Alemanha como fornecedora de tecnologia de automação para o mercado chinês e garantir que a China se torne importadora de produtos de alta tecnologia alemães por muitos anos. Para que isso seja possível, será necessário que as [pequenas e médias empresas] PME alemãs adotem uma perspectiva mais internacional e que os laços econômicos com a China sejam fortalecidos. Por conseguinte, deve ser promovido o estabelecimento de redes politicamente coordenadas, como a Rede Hessen-China¹⁴⁴ (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

Use a China como um multiplicador para os padrões alemães: implemente os padrões beta alemães em iniciativas de cooperação sino-alemãs para aumentar suas chances de serem adotadas em todo o mundo. Forneça à China equipamentos de automação: Aproveite as oportunidades de vender soluções da Indústria 4.0 para o mercado chinês. Alcance e Pequim através das províncias: leve em consideração a alta diversidade regional e amplos poderes políticos dos governos provinciais e procure entrar no mercado chinês através de províncias selecionadas. Entre com parceiros fortes: as PMEs devem entrar no mercado em parceria com empresas estabelecidas e tirar proveito de sua infraestrutura local. Pesar os riscos de investimento: esteja ciente da estrutura reguladora frágil e garanta que as decisões de

143Estratégia comercial do governo chinês que consiste em fomentar que empresas e empresários nacionais participem de sociedades e parcerias com empresas em sua maioria ocidentais com alto grau de avanço tecnológico, para levar posteriormente o conhecimento técnico-científico adquirido para as empresas chinesas.

144Tradução livre nossa do original: “*Supply China with automation equipment. Most companies in China are still a long way short of the manufacturing standards prevalent in the traditional industrialised nations. The Chinese government’s Made in China 2025 strategy aims to eventually close this gap, primarily by increasing the level of automation throughout the industrial sector. This opens up unique sales opportunities for German suppliers e.g. with regard to industry software, sensors and robotics. The goal should be to position Germany as a supplier of automation technology to the Chinese market and ensure that China becomes an importer of German high-tech products for many years to come. For this to be possible, it will be necessary for German SMEs to adopt a more international outlook and for economic ties with China to be further strengthened. The establishment of politically coordinated networks such as the Hessen-China Network should therefore be promoted.*” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

investimento sejam acompanhadas por uma estratégia de saída.¹⁴⁵ (KAGERMANN *et al.*, 2016, p.10).

Em relação ao papel que a padronização de modelos da I 4.0 cumpre nessas estratégias expansionistas:

O primeiro passo é analisar o comportamento do sistema das atividades de padronização. As atividades que influenciam outras atividades particularmente fortes, mas são apenas fracamente influenciadas por outras atividades, são os impulsionadores da implementação da Indústria 4.0. Os padrões beta devem ser rapidamente migrados para esses atores na Alemanha. Esses padrões devem ser implementados em iniciativas de cooperação sino-alemãs, para que o mercado chinês possa ser usado para promover seu estabelecimento em todo o mundo. No entanto, isso não se aplica aos padrões em áreas críticas de segurança, onde a qualidade sempre vem antes da velocidade¹⁴⁶ (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

As parcerias sino-germânicas sugeridas no excerto acima vêm se concretizando em encontros entre as instituições responsáveis pela padronização e arquitetura dos dois países que almejam entrelaçar os padrões de arquitetura de ambos os países, o RAMI4.0, alemão e o *Intelligent Manufacturing System Architecture* (IMSA), chinês. Relatórios são produzidos apontando os consensos e dissensos entre as propostas (STANDARIZATION, 2018a).

3.8 POPULARIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 PELO FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL

Abordaremos nesta seção o caso mais notável da popularização da I 4.0 em sua forma prescritiva, que adota as estratégias do ideal apocalíptico, a projeção de um futuro maravilhoso, a inevitabilidade das transformações desse tipo e as

¹⁴⁵Tradução livre nossa do original: “Use China as a multiplier for German standards: Implement German beta standards in Sino-German cooperation initiatives in order to improve their chances of being adopted worldwide Supply China with automation equipment: Take advantage of the opportunities to sell Industrie 4.0 solutions to the Chinese market. Approach Beijing via the provinces: Take account of the high regional diversity and extensive political powers of the provincial governments and seek to enter the Chinese market via selected provinces. Enter with strong partners: SMEs should enter the market in partnership with established companies and take advantage of their local infrastructure. Weigh up the investment risks: Be aware of the fragile regulatory framework and ensure that investment decisions are accompanied by an exit strategy.” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p.10).

¹⁴⁶Tradução livre nossa do original: “The first step is to analyse the system behaviour of standardisation activities. Those activities that influence other activities particularly strongly but are themselves only weakly influenced by other activities are the drivers of Industrie 4.0 implementation. Beta standards must be rapidly agreed on for these drivers within Germany. These standards should then be implemented in Sino-German cooperation initiatives so that the Chinese market can be used to promote their establishment worldwide. However, this does not apply to standards in security-critical areas where quality always comes before speed” (KAGERMANN *et al.*, 2016, p. 43).

prescrições a empresas, governos e indivíduos. Trata-se do tratamento que o FEM dá à chamada 4ªRI, projeto que também é o título da obra *bestseller* do fundador e diretor do fórum, Klaus Schwab (2016).

O encontro anual do FEM de 2016, em Davos, Suíça, teve como tema central o debate sobre a atualidade e o futuro da chamada 4ªRI. O caráter de classe e multinacional do FEM, uma espécie de Internacional do capital, é explícito pela sua composição, que conta, entre outros, com atores das elites políticas e econômicas globais, chefes de Estado, líderes e diretores executivos das maiores empresas, bilionários, líderes de *think tanks* e chefes de órgãos de imprensa (VAN DER PIJL, 2005). Ainda em 2016, Klaus Martin Schwab publicou o *bestseller* *A Quarta Revolução Industrial* (SCHWAB, 2016), obra em que busca traçar os contornos do que entende pela 4ªRI e algumas diretrizes para empresários e líderes de governo se adaptarem e se atualizarem a respeito dessa nova era proposta pelo economista alemão. O espaço dedicado à 4ªRI no FEM de 2016 e o livro de Schwab podem ser compreendidos, dada a relevância e o alcance desses atores, como um marco simbólico de uma nova agenda industrial do capitalismo transnacional.

O material de divulgação do evento anual do FEM de 2016 anuncia os debates e discussões do evento e tem como tema central “Dominando a Quarta Revolução Industrial” (WORLD, 2016, p.1). O contexto anunciado é de que o mundo está caminhando para mudanças sem precedentes devido a instabilidades políticas nas nações mais poderosas, às crises migratórias, e à lentidão do crescimento da riqueza, em que o ritmo do aumento do PIB global, que era de 5% no início do século, passou a 3%, o que indica, segundo o material, uma redução na perspectiva de geração de riqueza implicando na diminuição da taxa de pessoas que podem sair da pobreza (WORLD, 2016). Observa-se já nesse ponto a desconsideração da tendência ao aumento concentração de renda como fator relevante na conformação da pobreza. A divulgação prossegue apontando que é nesse cenário de incertezas que emerge a 4ªRI, uma proposta que vai transformar sistemas inteiros de produção, distribuição e consumo, não se restringindo a uma indústria ou produto em particular (WORLD, 2016). Assim sendo, “dominar a Quarta Revolução Industrial torna-se, agora, um imperativo global” (WORLD, 2016, p.1), o que evidencia o cariz pretensioso e universalizante desse discurso, sugerindo assim a adequação às agendas neoliberais.

Ainda como chamada ao evento, uma reportagem do FEM afirma que 35% das habilidades para o trabalho consideradas importantes seriam transformadas até 2020 (GRAY, 2016), prevendo ainda que: “até 2020, a Quarta Revolução Industrial terá nos trazido robótica avançada e transporte autônomo, IA e AM, materiais avançados, biotecnologia e genômica” (GRAY, 2016), reforçando a necessidade de que mudanças na qualificação acompanhem as tecnológicas.

O livro de Klaus Schwab (fundador e coordenador do FEM), intitulado A Quarta Revolução Industrial, publicada em 2016, caracteriza-se como uma projeção do que o autor – apoiado nos relatórios do FEM de 2016 e em estudos paralelos – concebe como sendo tal “revolução”. Suas digressões nessa obra tendem a defender que uma época baseada totalmente no conhecimento e na informação está no horizonte e, para tanto, é preciso moldar as economias para atender a tal.

Huws (2011, p.25-26, *italico nosso*) aborda essa percepção de uma suposta nova economia - muitas vezes apresentada como imaterial - de modo crítico:

um consenso parece estar emergindo acerca de que alguma coisa inteiramente nova está ocorrendo – em economia como em outras áreas: o mundo, como o conhecemos, está se tornando bastante desmaterializado (ou, como Marx coloca, “tudo o que é sólido se desmancha no ar”) e que isto, de alguma forma, coloca em questão todos os modelos conceituais que têm sido desenvolvidos para dar significado ao velho mundo material. Temos um universo paradoxal a nossa disposição: geografia sem distância, história sem tempo, valor sem peso, transações sem dinheiro em espécie. Esta é uma economia que se coloca confortavelmente em uma estrutura filosófica baudrilardiana, na qual toda realidade se tornou um simulacro, e a diligência humana, até o ponto em que ela pode ser considerada como realmente existente, está reduzida à manipulação de abstrações. Mas esses livros não foram projetados como contribuições para a teoria cultural pós-modernista. (...) Estas não são indagações acadêmicas sobre a natureza do universo, são manuais práticos para gerentes e legisladores.

A partir dessa perspectiva analisaremos alguns excertos da obra de Schwab que expressam tanto seu caráter manualesco quanto uma forte carga de determinismo tecnológico dentro do quadro que o autor sugere. Essa análise, contudo, não pretende ser necessariamente descreditor da construção que Klaus Schwab faz da 4ªRI, pois a própria é um conceito ainda em desenvolvimento e ideias dessa estirpe participam desse processo. Assim sendo, para além de apontar as problemáticas que envolvem o tipo de propaganda e promessas da obra, essa seção também auxilia na própria caracterização do projeto da 4ªRI.

A estrutura da obra, como anunciadora de um futuro dominado e determinado pela tecnologia, processo irreversível e que será espalhado para todo o mundo, é explicitada na sua premissa:

a premissa deste livro é que a tecnologia e a digitalização irão revolucionar tudo, fazendo com que aquela frase tão gasta e maltratada se torne verdadeira: “desta vez será diferente”. Isto é, as principais inovações tecnológicas estão à beira de alimentar uma gigantesca mudança histórica em todo o mundo – inevitavelmente. (SCHWAB, 2016, p. 21).

O uso de elementos hiperbólicos é observado em praticamente toda a obra em que o autor reforça constantemente o caráter disruptivo da teoria que defende:

estamos no início de uma revolução que alterará profundamente a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, escopo e complexidade, a quarta revolução industrial é algo que considero diferente de tudo aquilo que já foi experimentado pela humanidade. (SCHWAB, 2016, p. 14).

A amplitude da revolução indicada pelo autor seria de bilhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis, sensores, informação em tempo real levando o acesso ao conhecimento em um patamar sem precedentes, o que seria possível graças à difusão massiva da “inteligência artificial, robótica, a internet das coisas, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica” o que, para o fundador do FEM “constroem e amplificam umas às outras, fundindo as tecnologias dos mundos físico, digital e biológico” (SCHWAB, 2016, p. 14), definindo assim o arcabouço tecnológico dessa possível revolução.

Em obra posterior, de 2018, o autor reforça a centralidade que a tecnologia assume em sua concepção de mundo:

as tecnologias são atores poderosos que moldam as perspectivas sociais e nossos valores. Elas exigem nossa atenção precisamente porque construímos nossas economias, sociedades e visões de mundo através delas. Elas moldam como interpretamos o mundo, como vemos os outros ao nosso redor e as possibilidades que vemos para o nosso futuro¹⁴⁷ (SCHWAB; DAVIS, 2018).

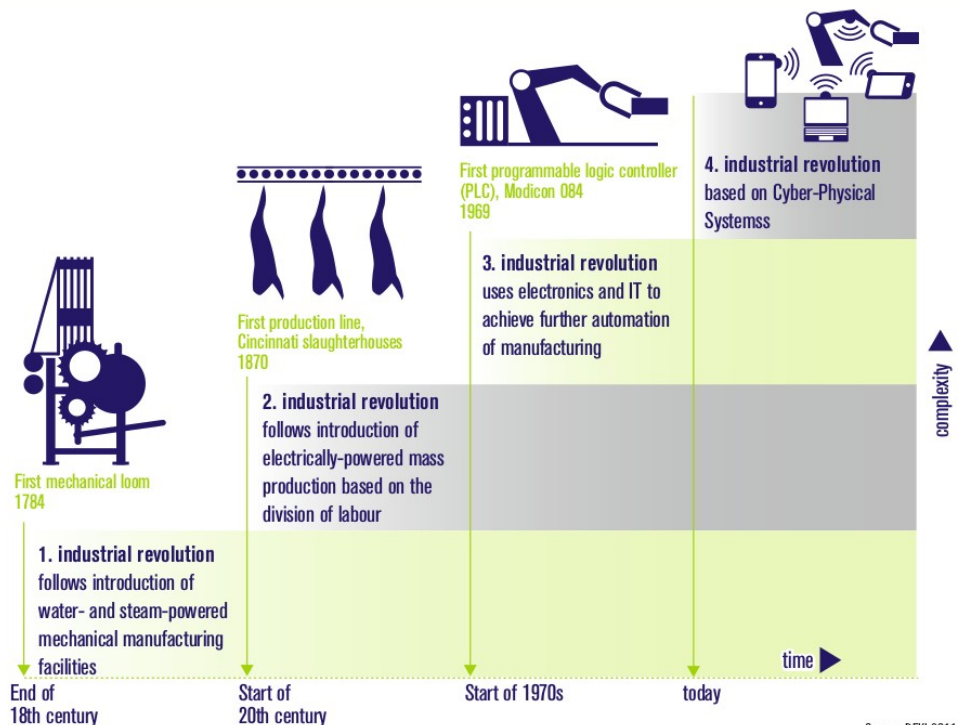
Quanto à problemática da enumeração em etapas revolucionárias discretizadas – 1ª, 2ª, 3ª e 4ª, teceremos comentários em seção posterior. Por ora, admitiremos essa divisão em etapas, para depois criticá-la. Desse modo, como é

¹⁴⁷Tradução livre nossa do original: “Technologies are powerful actors that shape social perspectives and our values. They require our attention precisely because we build our economies, societies and world views through them. They shape how we interpret the world, how we see others around us and the possibilities we see for our future” (SCHWAB; DAVIS, 2018).

praxe nessa categorização neste formato de literatura, o economista alemão discrimina as três primeiras revoluções da seguinte maneira: a primeira entre 1760 e 1840, tendo como indutores a construção de ferrovias, as máquinas a vapor e a produção mecânica. A segunda se inicia no final do século XIX pela disseminação da eletricidade, indo até meados do século XX pela difusão da linha de montagem e da produção em massa. A terceira, por fim, a revolução digital da década de 1960, através dos semicondutores em *mainframe*, o computador pessoal e a internet. Essa categorizações gráficas estão presentes em grande parte do material de divulgação da I 4.0, conforme as figuras 10, 11 e 12.

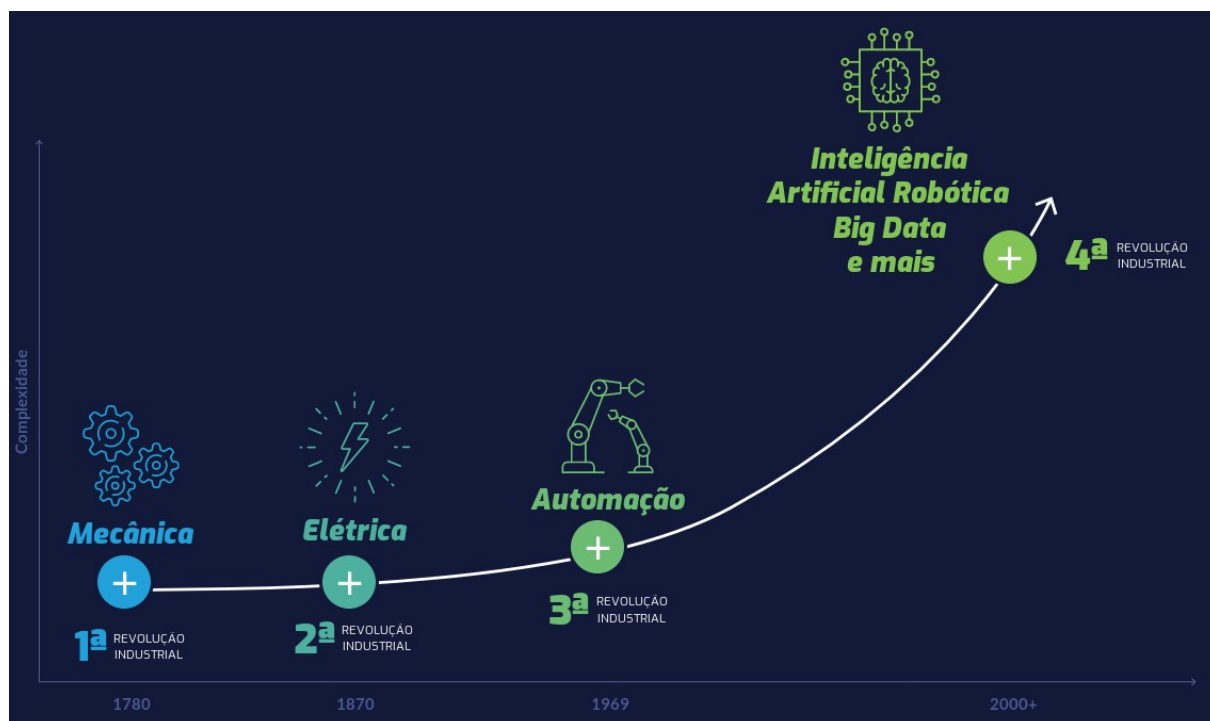
Figura 10: Representação I 4.0 sobre as transições entre as revoluções industriais

Figure 1:
The four stages of
the Industrial Revolution



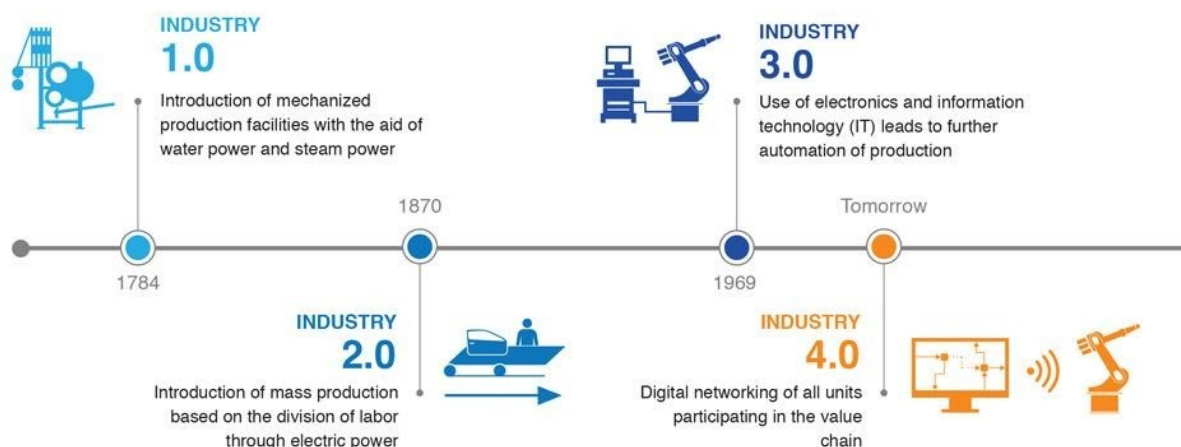
Fonte: DFKI (2011 apud KAGERMANN et al., 2013, p. 13).

Figura 11: Representação da transição das três revoluções industriais



Fonte: Associação Brasileira para o Desenvolvimento Industrial (2017).

Figura 12: Representação das transições entre as supostas quatro revoluções industriais.



Fonte: Labs Network Industrie 4.0 (2019).

Para justificar um salto à quarta revolução industrial, Klaus Schwab aponta três razões centrais que a diferenciam das três revoluções anteriores: a velocidade; a amplitude e profundidade; o impacto sistêmico.

A velocidade em “ritmo exponencial” (SCHWAB, 2016, p. 15) com que as tecnologias se desenvolvem e se superam é, para o autor, definidora de uma nova forma de se relacionar com a tecnologia. De mesmo modo haveria uma ampla “mudança de paradigma sem precedentes da economia, dos negócios, da sociedade e dos indivíduos” (SCHWAB, 2016, p. 15) que também tem a capacidade de modificar aspectos profundos da própria humanidade, modificando quem somos profundamente. Além disso, os impactos sofridos nas organizações, estruturas políticas e sociais representariam uma radical mudança de sistema, configurando um rompimento com os modos organizacionais vigentes (SCHWAB, 2016).

Cronologicamente, Schwab insere a 4ªRI na virada para o século XXI, fortemente baseada na revolução digital, a qual ele denomina de terceira revolução industrial, sendo um aprofundamento desta, caracterizada por uma internet ubíqua e móvel, sensores menores, IA e AM (SCHWAB, 2016).

O autor identifica possíveis barreiras ao projeto que defende citando, por exemplo, que as revoluções anteriores não foram ainda implementadas na totalidade do globo, sobretudo no que se refere ao uso da internet:

a segunda revolução industrial precisa ainda ser plenamente vivida por 17% da população mundial, pois quase 1,3 bilhão de pessoas ainda não tem acesso à eletricidade. Isso também é válido para a terceira revolução industrial, já que mais da metade da população mundial, 4 bilhões de pessoas, vive em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O tear mecanizado (a marca da primeira revolução industrial) levou quase 120 anos para se espalhar fora da Europa. Em contraste, a internet espalhou-se pelo globo em menos de uma década (SCHWAB, 2016, p. 20).

No segundo capítulo de seu livro, Schwab descreve o que entende serem as principais tecnologias impulsionadoras da 4ªRI, centradas no tripé de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Dentro do contexto físico, as “manifestações físicas das megatendências tecnológicas” (SCHWAB, 2016, p.26) mais relevantes são os veículos autônomos (com sua capacidade de executar múltiplas tarefas), a impressão em 3D e a fabricação aditiva (que permitem maior personalização dos produtos, a robótica avançada), os sensores avançados (que permitem uma maior colaboração entre humanos e máquinas) e os novos materiais (que possibilitam maior desempenho e eficiência na produção) (SCHWAB, 2016, p. 26-29).

Dentro da perspectiva digital da 4ªRI, as observações de Klaus Schwab estão focadas na ampliação do uso dos sensores e dispositivos como *smartphones*, a disseminação da tecnologia de *blockchain* para as operações financeiras e em

plataformas digitais de diversas matizes, como o aplicativo Uber e outros de sucesso comercial. A respeito do braço biológico da 4ªRI, Schwab descreve-o assentado na possibilidade de edição genética representada pela capacidade de rapidamente realizar o sequenciamento genético do ser humano. Tal tecnologia, a biologia sintética, possibilitaria “criar organismos personalizados, escrevendo o DNA deles” (SCHWAB, 2016, p. 32). Evidencia-se, assim, elementos cibernéticos compondo o ideário da 4ªRI.

Ainda sobre as perspectivas inovadoras e o otimismo presente neste sentido no texto, o autor cita pesquisa feita em 2015 dentro de grupos de estudos do FEM, com 800 executivos e especialistas do setor de TICs, em que se indicou 21 pontos de inflexão até 2025 rumo à 4ªRI e qual a porcentagem de entrevistados que esperam que tal inflexão ocorra. Alguns dos resultados interessantes apontados por Schwab: 91% dos entrevistados acreditam que 90% das pessoas possuirão armazenamento ilimitado e gratuito (financiado por propagandas publicitárias); 84,4% acreditam que 80% das pessoas terão presença na internet. Os resultados dessa pesquisa são expressivos pois dialogam com os elementos apontados por Noble (1979) no caso da implantação do NC, em que o componente ideológico da automação pela automação que foi observado na equipe de desenvolvimento e gerência teve certa importância na decisão de sua implantação.

Sobre os impactos da 4ªRI nas diversas esferas da sociedade, o autor posiciona-se entre como um “otimista pragmático” (SCHWAB, 2016, p. 39), que é definido como a crença no aumento da produtividade a partir da difusão dessas tecnologias, mas que, como afirma, não desconhece os possíveis perigos que rondam esse momento, “como alguns dos seus efeitos distributivos podem favorecer o capital sobre o trabalho e também espremer os salários (e, portanto, o consumo)” (SCHWAB, 2016, p. 39).

A respeito da lentidão do crescimento da economia, Schwab tece argumentos sobre duas razões que considera como principais: o envelhecimento e a produtividade. A respeito do envelhecimento, a argumentação orbita sobre melhoras na qualidade de vida e longevidade advindas dos resultados das revoluções industriais, sugerindo a revisão do tempo trabalhado: “teremos de repensar certas questões: idade ativa da população, aposentadoria e planejamento individual da vida” (SCHWAB, 2016, p. 41). Segue-se uma afirmação que revela um dos traços

gerenciais da obra: “a dificuldade que muitos países têm para discutir essas questões é apenas um novo sinal de que não estamos adequados e proativamente preparados para reconhecer as forças das mudanças” (SCHWAB, 2016, p. 41). Isto é, ao invés de considerar particularidades nacionais, a distribuição de renda, o desemprego, o autor sugere “adequação” e “proatividade” aos governantes como ingredientes para adentrarem à 4ªRI. Ainda nesse sentido, para Schwab (idem), o reconhecimento das mudanças deve advir com a melhora na formação de lideranças capazes de compreender a necessidade de sacrifícios para a adaptação ao novo paradigma proposto.

A respeito das alterações da automação no mundo do trabalho, Schwab (2016, p. 45) projeta um cenário otimista após um impacto inicial desastroso:

primeiro, há um efeito destrutivo que ocorre quando as rupturas alimentadas pela tecnologia e a automação substituem o trabalho por capital, forçando os trabalhadores a ficarem desempregados ou realocar suas habilidades em outros lugares. Em segundo lugar, o efeito destrutivo vem acompanhado por um efeito capitalizador, em que a demanda por novos bens e serviços aumenta e leva à criação de novas profissões, empresas e até mesmo indústrias.

Reconhece, contudo, que a 4ªRI “parece estar criando menos postos de trabalho nas novas indústrias do que as revoluções anteriores” (SCHWAB, 2016, p. 47) e cita o exemplo de um recente censo nos Estados Unidos que mostra que

as inovações em tecnologias da informação e em outras tecnologias descontinuadoras tendem a elevar a produtividade por meio da substituição dos trabalhadores existentes; mas não por intermédio da criação de novos produtos que necessitam de mais trabalho para serem produzidos (SCHWAB, 2016, p. 47).

Entretanto, o autor segue defendendo que as tecnologias servirão “para aumentar o trabalho e a cognição humana” (SCHWAB, 2016, p. 48) e para tanto “os líderes precisam preparar a força de trabalho e desenvolver modelos de formação acadêmica para trabalhar com (e em colaboração) máquinas cada vez mais capazes, conectadas e inteligentes”. Na defesa dessa alteração abrupta e repentina no emprego de bilhões de trabalhadores, Schwab (2016, p. 45) afirma: “os seres humanos possuem uma incrível capacidade de adaptação e inventividade”. E com isso mostra-se flexível em relação às contradições que ele mesmo aponta sobre os efeitos da 4ªRI no mundo do trabalho.

Dá-se também, de acordo com o livro, o surgimento do novo paradigma da economia compartilhada e sob demanda que leva a uma nova forma de contratação,

a “nuvem humana” (SCHWAB, 2016, p. 56) em que as atividades profissionais são separadas, divulgadas virtualmente para uma concorrência global entre trabalhadores em que um leilão pela menor preço da força de trabalho é realizado. Pode-se dizer que a busca por empregos é em si um leilão, ou um pregão, em que o empregador estipula o salário a ser pago e os trabalhadores competem entre si. Os “leilões virtuais”, entretanto, elevam a disputa entre os trabalhadores por quem oferece o menor preço de sua força de trabalho, e tudo isso em nível global.

Ainda a esse respeito, o autor cita a afirmação de um jornalista de que trabalhadores poderão ter carteiras de trabalho distintas para gerar a renda, como motorista de Uber e locador da Airbnb, por exemplo. As vantagens desses moldes de contratação são evidentes para empresas e *startups*, que, contratando dessa maneira estão “livres da obrigação de pagar salários mínimos, tributos e benefícios sociais” (SCHWAB, 2016, p.56). Schwab (2016, p. 57) utiliza no texto a fala de um diretor executivo de uma empresa britânica: “você, agora, pode trabalhar com quem você quiser, quando quiser e exatamente como você quiser. E, já que não são empregados, você não precisa mais lidar com as dificuldades e normas do trabalho”.

Uma vez mais, o próprio Schwab (2016, p.57) atenta para que essa forma de contratação “implica uma terceirização internacional silenciosa” e que as consequências podem ser grandes:

será que esse é o começo de uma revolução do novo trabalho flexível que irá empoderar qualquer indivíduo que tenha uma conexão de internet e que irá eliminar a escassez de competências? Ou será que irá desencadear o início de uma inexorável corrida para o fundo em um mundo de fábricas virtuais não regulamentadas? Se o resultado for o último – um mundo do ‘precariado’, uma classe social de trabalhadores que se desloca de tarefa em tarefa para conseguir se sustentar enquanto perde seus direitos trabalhistas, ganhos das negociações coletivas e segurança no trabalho –, será que isso criaria uma grande fonte de agitação social e instabilidade política? Por fim, será que o desenvolvimento da nuvem humana irá apenas acelerar a automação dos postos de trabalho humano? (SCHWAB, 2016, p. 57).

A partir dos posicionamentos tomados pelo autor ao longo da obra não é difícil supor qual o cenário por ele esperado. É digno de nota, entretanto, quando aborda os possíveis efeitos negativos da automação para o trabalhador, que a preocupação referente à formação de um “precariado” esteja na ameaça de que isso se torne fonte de agitações sociais e instabilidade política.

Por fim, Schwab (2016, p.60) projeta os impactos da 4ªRI como “uma mudança inexorável da digitalização simples” para um momento de inovações muito mais complexas e combinadas.

Um segundo livro desse autor a respeito da 4ªRI aborda alguns acompanhamentos do progresso dessa teoria (SCHWAB; DAVIS, 2018). Aborda, por exemplo, a necessidade de agilizar as definições para facilitar a consolidação desse processo:

a velocidade e a escala da Quarta Revolução Industrial significam que o mundo não pode se atrasar – precisamos trabalhar duro, juntos, para estabelecer normas, padrões, regulamentos e práticas comerciais que servirão a toda a humanidade em um futuro repleto das capacidades maduras da IA, engenharia genética e veículos autônomos e um mundo virtual tão difícil de dominar quanto o real¹⁴⁸ (SCHWAB; DAVIS, 2018).

A guisa de conclusão, alguns aspectos sobressaem-se nas projeções do fundador do FEM, sendo os principais: um futuro distinto, digitalizado e universal; o conhecimento, as técnicas e as tecnologias como impulsionadores da sociedade; o trabalho como passível de mutações que flexibilizam radicalmente sua estrutura; necessidade de medidas políticas para a “adequação” à 4ªRI.

Tal panorama enunciado em uma obra traduzida para mais de 30 idiomas, apreciada como um manual a líderes globais e escrita pelo fundador do fórum de maior prestígio entre as elites financeiras e industriais, leva a uma consideração crítica e atenta de seus trabalhos, ao se tratar de material que pode representar orientações relevantes ao capitalismo industrial. De acordo com Huws:

uma nova ortodoxia está se constituindo, uma ortodoxia que toma como certo que o “conhecimento” é a única fonte de valor, que o trabalho é uma eventualidade e não é localizável, que a globalização é um processo inexorável e inevitável e que, por consequência, a resistência é vã e qualquer reivindicação advinda de um corpo físico aqui-e-agora está irremediavelmente fora de moda. As implicações deste “senso comum” emergente são imensas, pois capaz de moldar assuntos tão diversos quanto impostos, legislação trabalhista, níveis de gastos com previdência, direitos de privacidade, e política ambiental. São noções que servem para legitimar uma nova agenda política e estabelecer o cenário para uma nova fase da acumulação de capital (HUWS, 2011, p. 26).

3.9 CONCLUSÃO

¹⁴⁸Tradução livre nossa do original: *“The speed and scale of the Fourth Industrial Revolution mean the world cannot afford delay—we must work hard, together, to establish the norms, standards, regulations and business practices that will serve all humanity in a future filled with the mature capabilities of AI, genetic engineering and autonomous vehicles, and a virtual world every bit as difficult to master as the real one”* (SCHWAB, DAVIS, 2018).

Neste capítulo descrevemos as principais características das prescrições e algumas das técnicas propostas pela I 4.0. Dentre os conceitos chave encontram-se a flexibilidade, a interoperabilidade e a integração da produção, que seriam habilitadas pelos sistemas CPSs, pela análise de dados, pela IoT, entre outros.

Como estratégia comercial, observamos que a I 4.0 cumpre um relevante papel para o governo alemão como na abertura de mercados para a exportação tecnológica e pela definição de padrões que podem ser adotados mundialmente. Observamos também de que modo a ideia de I 4.0 é divulgada por meio da 4ªRI contando com o FEM e seus filiados para sua propagação.

Cabe-nos, neste momento, regressar para a questão da automação do trabalho, com vistas agora no cenário proposto pela I 4.0. Para tanto, trataremos, no próximo capítulo, acerca de como o trabalho se relaciona com a maquinaria. Nele, tendo por fundamento estudos baseados na perspectiva marxista, buscaremos demonstrar porque é lícito afirmar que uma precarização geral do trabalho (que já está em curso) resultará desse contexto de mudanças.

4 TRABALHO, MAQUINARIA E INDÚSTRIA 4.0

Neste capítulo abordaremos aspectos da relação entre capital e trabalho na produção, tendo como foco a introdução de máquinas e sistemas. Um dos debates a esse respeito é sobre a destruição dos empregos e do trabalho humano pelas fábricas automatizadas e digitalizadas. Para tanto, iniciaremos tratando do caráter ontológico do trabalho na perspectiva de György Lukács (2013), passando, na sequência, a explorar como o trabalho é subsumido pelo capital pela etapa da maquinaria e grande indústria de acordo com Karl Marx (2013). Em seguida, apresentaremos considerações de Dyer-Witheford, Kjosen e Steinhoff (2019) e Antonio Casilli (2018) sobre o uso da IA na produção e quais as alterações que isso enseja na exploração do trabalho.

4.1 O FIM DO TRABALHO

A introdução acentuada da automação em parte dos países capitalistas centrais na segunda metade do século XX e a consequente desestabilização da classe operária pela perda de empregos no setor industrial originou, nos estudos referentes ao trabalho, novas abordagens teóricas. Em algumas destas, presumiu-se que estaria em curso uma nova etapa do capitalismo que aboliria a figura do proletariado pela saída do operário do ambiente fabril. André Gorz, por exemplo, apresenta em sua obra *Adeus ao proletariado* (1980) a tese de que o declínio do modelo fabril taylorista/fordista implicaria no declínio da classe operária e do proletariado. Antonio Negri, representante da ala Autonomista do marxismo italiano, contesta a vigência da teoria do valor marxiana ao afirmar que o trabalho perde a função exclusiva da geração de valor na produção capitalista ao assumir características imateriais, informacionais e simbólicas impossíveis de serem mensuradas como na teoria do valor. Estaria caracterizado, assim, um sistema biopolítico de produção e, caberia, como proposta revolucionária, a liberação do trabalho, isto é, o fim do trabalho e o uso do tempo para o ócio e demais atividades intelectuais.

Desse modo, e, para posteriormente analisarmos as formas que a precarização do trabalho adquire pelas alterações significativas do ambiente

produtivo, dentro e fora da fábrica, abordaremos, nesta subseção, o que entendemos por trabalho, sua essência, isto é, seu caráter ontológico. Seu título, “O fim do trabalho” possui uma ambiguidade de significado: por um lado pode ser entendido pela sentido da *finalidade do trabalho* como necessidade do ser humano para garantir sua existência em relação à natureza. É, assim, fundante do ser social; por outro lado, o fim do trabalho está associado às teorias que afirmam que, com a transformação da esfera produtiva pela profusão de novas tecnologias e substituição do trabalhador, está em vias de ocorrer o *fim do trabalho* humano.

4.1.1 CARÁTER ONTOLÓGICO DO TRABALHO EM LUKÁCS

Para Marx (2013, p. 188),

o trabalho é, antes de tudo, um processo entre o homem e a natureza, processo este em que o homem, por sua própria ação, medeia, regula e controla seu metabolismo com a natureza. Ele se confronta com a matéria natural como com uma potência natural [*Naturmacht*]. A fim de se apropriar da matéria natural de uma forma útil para sua própria vida, ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporeidade: seus braços e pernas, cabeça e mãos. Agindo sobre a natureza externa e modificando-a por meio desse movimento, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza. Ele desenvolve as potências que nela jazem latentes e submete o jogo de suas forças a seu próprio domínio.

Nesse sentido, e aderindo ao autor alemão, “pressupomos o trabalho numa forma em que ele diz respeito unicamente ao homem” (MARX, 2013, p. 188).

O trabalho distingue o ser humano dos demais animais. Por meio dele se deu o salto de ser biológico para ser social. É a mediação que faz o ser humano transformar a natureza em seu proveito, para sua utilidade e, conforme o léxico marxiano, é produtor de valor-de-uso. Desse modo, funda o ser social:

somente o trabalho tem, como essência ontológica, um claro caráter de transição: ele é, essencialmente, uma inter-relação entre homem (sociedade) e natureza, tanto inorgânica (ferramenta, matéria-prima, objeto do trabalho etc.) como orgânica, [...] mas antes de tudo assinala a transição, no homem que trabalha, do ser meramente biológico ao ser social (LUKÁCS, 2013, p. 43-44).

Faz-se necessária uma breve consideração a respeito de interpretações rígidas que consideram todas as esferas da vida social estreita e diretamente vinculadas ao trabalho. A linguagem, a primeira divisão do trabalho e a socialidade surgem do trabalho “não numa sucessão temporal claramente identificável, e sim,

quanto à sua essência” (LUKÁCS, 2013, p. 44). Além de que essas categorias sociais “têm já, em essência, um caráter puramente social; suas propriedades e seus modos de operar somente se desdobram no ser social já constituído” (LUKÁCS, 2013, p. 43).

A realização do trabalho em sua forma originária, no processo de transformação dos animais superiores em ser humano, é realizada pela intencionalidade planejada e pela operação da natureza, pelo “pôr teleológico”. Esse planejamento é realizado com uma finalidade definida anteriormente na consciência do humano. Distingue-se, assim, dos animais, para os quais o agir na natureza não possui uma intencionalidade com um fim posto anteriormente de modo que não há planejamento na ação. A transformação da natureza, mediante o pôr teleológico, é realizado na causalidade da mesma, pois os processos naturais não possuem intencionalidade ou finalidades, são causais. O trabalho então opera nessa causalidade transformando-a no fim planejado previamente pelo ser humano. É daí, por exemplo, que surge a ciência, pelo compreensão dos elementos da causalidade natural com o fim de colocá-los sob os desígnios humanos para a realização do trabalho. Desse modo, “a essência do trabalho humano consiste no fato de que, em primeiro lugar, ele nasce em meio à luta pela existência e, em segundo lugar, todos os seus estágios são produtos de sua autoatividade” (LUKÁCS, 2013, p. 43).

Em um segundo momento, o pôr teleológico direcionado apenas para a transformação da natureza passa a agir sobre outros seres humanos, conformando o trabalho como modelo da práxis social.

Nas formas ulteriores e mais desenvolvidas da práxis social, destaca-se em primeiro plano a ação sobre outros homens, cujo objetivo é em última instância – mas somente em última instância –, uma mediação para a produção de valores de uso. [...] É a tentativa de induzir outra pessoa (ou grupo de pessoas) a realizar, por sua parte, pores teleológicos concretos (LUKÁCS, 2013, p. 80).

A finalidade posta é “um pôr do fim por outros homens”, como na caça, em que se faz necessária a cooperação entre diversos homens. Nesse sentido:

as diferenças decisivas surgem porque o objeto e o meio de realização do pôr teleológico se tornam sempre mais sociais. Isso não significa, como sabemos, que a base natural desapareça; apenas que aquela orientação exclusiva para a natureza, característica do trabalho na forma por nós tratada, é substituída por intenções sempre mais sociais e, ao mesmo tempo, voltadas para mais objetos (LUKÁCS, 2013, p. 143).

Desse modo, “o trabalho se torna o modelo de toda práxis social” em que “sempre se realizam pores teleológicos, em última análise, de ordem material”. E, portanto, “o trabalho pode ser considerado o fenômeno originário, o modelo do ser social” (LUKÁCS, 2013, p. 44).

Neste momento da presente dissertação, retomaremos à discussão que iniciamos no capítulo 2 a respeito da automação, com o fim de abordar as relações entre automação e trabalho buscando, assim, analisar como essas relações se manifestam na I 4.0, a partir do exposto no capítulo 3. Para tanto, utilizaremos considerações feitas pelo pensador alemão Karl Marx na sua obra *O Capital*, especificamente no capítulo XIII, intitulado “Maquinaria e grande indústria” (MARX, 2013). Utilizaremos também a obra de Romero (2005), que realizou uma investigação sobre como Marx compreende a tecnologia dentro do sistema capitalista, abordando obras distintas deste autor, não se restringido ao capítulo XIII de *O Capital*.

Os objetivos de Marx se concentraram em compreender qual a especificidade histórica do desenvolvimento tecnológico no capitalismo, em saber como o capital se apropria das forças produtivas intelectuais do trabalhador e converte a ciência em força produtiva (ROMERO, 2005, p. 185).

A apreensão desses conceitos, como o de maquinaria em Marx, justifica-se pois a perspectiva de automação total da produção está associada ao que o pensador alemão considera como a etapa da grande indústria, pois, apesar da I 4.0 apresentar o ser humano como centro de seu projeto, isso não se observa nos relatórios técnicos, nas tecnologias propostas, tampouco nos padrões de arquitetura, por exemplo:

a implementação dessas tecnologias também tem um impacto significativo no desenvolvimento ou mudança na sociedade. [...] No curso da transformação digital [...] estão sendo criadas condições para um novo modelo de interação homem-máquina centrado no homem¹⁴⁹ (PLATTFORM, 2019i).

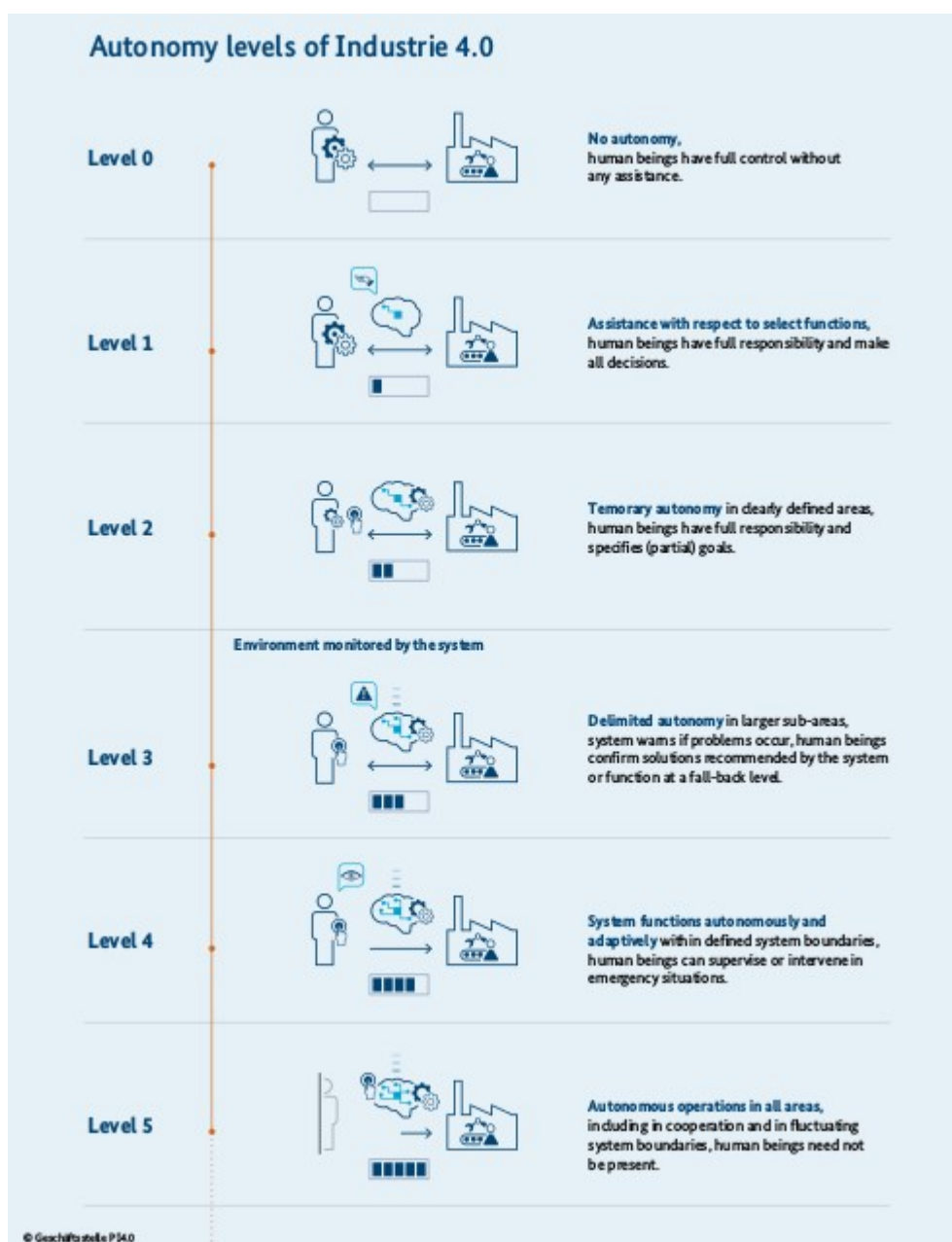
Um caso mais evidente da contradição entre os elementos propagandísticos e as proposições técnicas é que no mesmo relatório que afirma que: “ao colocar o ser humano no centro, a Indústria 4.0 está contribuindo significativamente para

149 Tradução livre nossa do original: “*The implementation of these technologies also has a significant impact on the development or change in society. [...] In the course of the digital transformation [...] conditions are being created for a new, human-centered model of human-machine interaction*” (PLATTFORM, 2019i).

melhorar ainda mais as condições de trabalho.”¹⁵⁰ (PLATFFORM, 2019d, p. 7), também propõe-se, como o nível máximo a ser alcançado, a automação completa, em que “humanos não precisam estar presentes”¹⁵¹ (PLATFFORM, 2019d, p. 24), conforme figura 13.

Figura 13: Níveis de autonomia propostos pela I 4.0

Figura 13: Níveis de autonomia propostos pela I 4.0



Fonte: Plattform (2019d, p. 24).

150 Tradução livre nossa do original: “by placing the human being at the centre, Industrie 4.0 is making significant contributions towards a further improvement in working conditions.” PLATFFORM, 2019d, p. 7).

151 Tradução livre nossa do original: “humans beings need not be present” (PLATFFORM, 2019d, p. 24).

O que observamos, portanto, é a repetição de ideias e projetos que Marx (2013, p. 334) já apontava, no século XIX, ao citar trechos de publicações voltadas à indústria de sua época¹⁵²:

'O objetivo permanente da maquinaria aperfeiçoada é diminuir o trabalho manual ou completar um elo na cadeia da produção fabril, substituindo aparelhos humanos por aparelhos de ferro' (*Reports of Insp. of Fact.* 31st Oct. 1858, p. 43.) [...] 'Onde quer que uma operação exija muita habilidade e uma mão segura, ela é retirada o mais rápido possível das mãos do trabalhador demasiado qualificado, e com frequência inclinado a irregularidades de toda espécie, para ser confiada a um mecanismo específico, tão bem regulado que uma criança é capaz de vigiá-lo.' (Ure, *The Philosophy of Manufactures*, cit., p. 19). [...] 'No sistema automático, o talento do trabalhador é progressivamente suprimido' (Ure, *The Philosophy of Manufactures*, cit., p. 20.).

Em suma, trabalharemos com a ideia de que a I 4.0 é parte do processo de desenvolvimento técnico-científico da etapa da maquinaria e da grande indústria e, para tanto, utilizaremos a abordagem marxiana para o esclarecimento de alguns pontos. O método expositivo e enxuto das ideias do pensador alemão aqui apresentadas corre o risco de incorrer em certos reducionismos e em possíveis omissões de conceitos fundamentais para sua completa interpretação. Entretanto, considerando o escopo deste trabalho, apesar dos riscos apontados, entendemos que a obra marxiana é imprescindível para a compreensão do sistema capitalista e de seus fenômenos recentes, como a I 4.0.

O capítulo XIII de Marx (2013) é continuação dos capítulos XI e XII, nos quais o autor relata a transição das etapas de artesanania para a manufatura, e da manufatura para a grande indústria, tendo como base a forma da relação entre o trabalhador e seu meio de trabalho de acordo com as configurações impostas pelo capital. Abordaremos resumidamente essas transições, dado que não se trata do foco deste trabalho.

Na artesanania, o trabalhador opera sua ferramenta na transformação do objeto de trabalho com total controle sobre os processos e os ritmos que adota. O papel do capitalista resume-se a fazer a coleta dos produtos produzidos pelos artesãos para levar à próxima etapa da produção, outro artesão, ou para troca mercantil. Há artesãos que realizam um produto do início ao fim e outros que realizam produtos que são parte de outro produto, geralmente de maior complexidade. Há, ainda que simples, uma divisão do trabalho.

¹⁵²Na edição de Marx (2013) que utilizamos, as referências estão em notas de rodapé. Optamos por deixá-las após as citações.

Na passagem para a manufatura, os artesãos são reunidos em um mesmo espaço, as fábricas, em que passam a trabalhar diretamente para o capitalista. Nesse momento, entretanto, apesar da divisão de tarefas retirar-lhes parte do controle sobre os processos do trabalho, ainda depende deles e de seus conhecimentos de operação sobre o objeto o andamento da produção.

Composta ou simples, a execução permanece artesanal e, portanto, continua a depender da força, da destreza, da rapidez e da segurança do trabalhador individual no manuseio de seu instrumento. O trabalho artesanal permanece sendo a base, e essa base técnica limitada exclui uma análise verdadeiramente científica do processo de produção, pois cada processo parcial que o produto percorre tem de ser executável como trabalho parcial artesanal. É justamente porque a habilidade artesanal permanece como a base do processo de produção que cada trabalhador passa a dedicar-se exclusivamente a uma função parcial, e sua força de trabalho é então transformada em órgão vitalício dessa função parcial (MARX, 2013, p. 283).

Na etapa inicial da manufatura, a divisão do trabalho se mostra sob a forma de uma cooperação, a cooperação simples. Passam a exercer tarefas parciais no processo produção da mercadoria:

essa divisão acidental se repete, exhibe as vantagens que lhe são próprias e se ossifica gradualmente numa divisão sistemática do trabalho. De produto individual de um artesão independente, que faz várias coisas, a mercadoria converte-se no produto social de uma união de artesãos, em que cada um executa continuamente apenas uma e sempre a mesma operação parcial. (MARX, 2013, 283).

A manufatura propriamente dita ultrapassa a cooperação simples e institui a uma arregimentação em que cada trabalhador passa a exercer tarefa parcial, submetido a novas hierarquias e ao comando do capital:

o mecanismo social de produção integrado por muitos trabalhadores parciais individuais pertence ao capitalista. Por isso, a força produtiva que nasce da combinação dos trabalhos aparece como força produtiva do capital. A manufatura propriamente dita não só submete ao comando e à disciplina do capital o trabalhador antes independente como também cria uma estrutura hierárquica entre os próprios trabalhadores (MARX, 2013, p. 296).

Da combinação dos trabalhadores que individualmente executam tarefas parciais, nasce o “trabalhador coletivo combinado”, “o mecanismo vivo da manufatura” (MARX, 2013, p. 284):

na manufatura, o enriquecimento do trabalhador coletivo e, por conseguinte, do capital em sua força produtiva social é condicionado pelo empobrecimento do trabalhador em suas forças produtivas individuais. (MARX, 2013, p. 297).

E no novo trabalhador coletivo, “não só os trabalhos parciais específicos são distribuídos entre os diversos indivíduos, como o próprio indivíduo é dividido e transformado no motor automático de um trabalho parcial” (MARX, 2013, p. 297). Nesse sentido, as consequências para o trabalhador na transição para a manufatura são severas, conforme aponta Marx (2013, p. 296):

enquanto a cooperação simples deixa praticamente intocado o modo de trabalho dos indivíduos, a manufatura o revoluciona desde seus fundamentos e se apodera da força individual de trabalho em suas raízes. Ela aleija o trabalhador, converte-o numa aberração, promovendo artificialmente sua habilidade detalhista por meio da repressão de um mundo de impulsos e capacidades produtivas, do mesmo modo como, nos Estados de La Plata, um animal inteiro é abatido apenas para a retirada da pele ou do sebo.

O primeiro passo da transição da manufatura à grande indústria é descrita por Marx (2013) como o processo em que o capital introduz nas fábricas a máquina-ferramenta, que Marx (2013, p. 302) define como “um mecanismo que [...] executa com suas ferramentas as mesmas operações que antes o trabalhador executava com ferramentas semelhantes” e compete ao trabalhador movê-la, realizar – no início – a força motriz. Sua concepção é resultado da necessidade de ter maior controle sobre o trabalho, aumentando assim sua produtividade. Ou seja, a transição para a grande indústria não se deveu à invenção de algum tipo de maquinismo específico, mas sim o invenção e o uso de tais maquinismos é que se deram como uma necessidade do capital de retirar cada vez mais do trabalhador o controle sobre o processo de trabalho. Desse modo, as máquinas-ferramenta permitem o que a organização do trabalho manufatureiro não conseguiu: submeter o trabalhador ao ritmo da máquina que, nesse caso, é a expressão do capital.

Daqui podemos acrescentar mais uma crítica às marcações no tempo de revoluções industriais que, como vimos, têm suas explicações baseadas na cronologia dos inventos tecnológicos e dissociadas das reais necessidades de estruturação do capital. O que se busca salientar aqui, é que a introdução de inovações na produção não é resultado de mentes de inventores com soluções mágicas, mas sim a necessidade que o capital tem de se apropriar dessas técnicas.

A introdução das máquinas-ferramenta ainda não é, em si mesma, condição suficiente para consolidar a etapa da grande indústria. É preciso extirpar ao máximo a dependência do capital do trabalho humano no processo produtivo. Esse avanço é cumprido pela criação de máquinas que movem máquinas, isto é, a força motriz

deixa de ser função humana e passa às máquinas, sobretudo pelo uso do vapor. Conforme Marx (2013, p. 305), “aqui, por meio da divisão do trabalho, reaparece a cooperação peculiar à manufatura, mas agora como combinação de máquinas de trabalho parciais”. Assim, as máquinas isoladas, realizando trabalhos parciais, passam a constituir um processo integrado contínuo:

a máquina de trabalho combinada, agora um sistema articulado que reúne tanto máquinas de trabalho individuais de vários tipos quanto diversos grupos dessas máquinas, é tanto mais perfeita quanto mais contínuo for seu processo total, quer dizer, quanto menos interrupções a matéria-prima sofrer ao passar de sua primeira à sua última fase e, portanto, quanto mais essa passagem de uma fase a outra for efetuada não pela mão humana, mas pela própria maquinaria (MARX, 2013, p. 306).

Se a I 4.0 preconiza, atualmente, um modelo de organização autônomo movido por poderosos sistemas de IA, a grande indústria, ainda no século XIX, por meio do sistema de maquinaria, permitia “[...] constituir por si mesmo[a], um grande autômato tão logo seja[fosse] movido por um primeiro motor semovente” (MARX, 2013, p. 306). Configura-se assim o desenvolvimento da grande indústria que

como sistema articulado de máquinas de trabalho movidas por um autômato central através de uma maquinaria de transmissão, a produção mecanizada atinge sua forma mais desenvolvida. No lugar da máquina isolada surge, aqui, um monstro mecânico, cujo corpo ocupa fábricas inteiras e cuja força demoníaca, inicialmente escondida sob o movimento quase solenemente comedido de seus membros gigantesco, irrompe no turbilhão furioso e febril de seus incontáveis órgãos de trabalho propriamente ditos (MARX, 2013, p. 307).

Ainda como caracterização dessa etapa, passamos à apresentação do conceito de subsunção real, que é central para nossa análise. A subsunção real aparece como transformação, pela consolidação da grande indústria, do conceito de subsunção formal, atrelado, na manufatura, à forma da relação entre trabalhador e capital de cooperação.

Para Marx (2013, p. 281), a cooperação manifesta-se como a força produtiva social transformada em força produtiva do capital e é, assim, uma “forma específica do processo de produção capitalista contraposta ao processo de produção de trabalhadores autônomos e isolados”, sendo “a primeira alteração que o processo de trabalho efetivo experimenta em sua subsunção ao capital” (MARX, 2013, p. 281). Por sua transformação de artesão à trabalhador assalariado da manufatura, o trabalhador, ao perder o controle total sobre o o processo de seu trabalho, acaba submetido, ainda não em totalidade, à disciplina e ritmo do

capitalista. Para Marx (2013, p. 387) esse processo que se dá pela “subsunção do produtor a um ramo exclusivo da produção, a supressão da diversidade original de suas ocupações” é a subsunção formal. O trabalho encontra-se apenas formalmente subsumido, pois o capitalista não o tem completo sobre seus desígnios e existe ainda uma relação entre trabalhador e máquina.

Já na etapa da grande indústria, com a produção do mais-valor relativo, em que o trabalhador torna-se um “apêndice da máquina” (MARX, 2013, p. 469), toma forma a subsunção real do trabalho ao capital. No excerto a seguir, Marx (2013, p. 381) descreve os elementos dessa transição, com ênfase na produção de mais-valor relativo:

a extensão da jornada de trabalho além do ponto em que o trabalhador teria produzido apenas um equivalente do valor de sua força de trabalho, acompanhada da apropriação desse mais-trabalho pelo capital – nisso consiste a produção do mais-valor absoluto. Ela forma a base geral do sistema capitalista e o ponto de partida da produção do mais-valor relativo. Nesta última, a jornada de trabalho está desde o início dividida em duas partes: trabalho necessário e mais-trabalho. Para prolongar o mais-trabalho, o trabalho necessário é reduzido por meio de métodos que permitem produzir em menos tempo o equivalente do salário. A produção do mais-valor absoluto gira apenas em torno da duração da jornada de trabalho; a produção do mais-valor relativo revoluciona inteiramente os processos técnicos do trabalho e os agrupamentos sociais.

Desse modo,

ela supõe, portanto, um modo de produção especificamente capitalista, que, com seus próprios métodos, meios e condições, só surge e se desenvolve naturalmente sobre a base da subsunção formal do trabalho sob o capital. O lugar da subsunção formal do trabalho sob o capital é ocupado por sua subsunção real (MARX, 2013, p. 381).

Para Romero (2005, p. 131), o núcleo explicativo da subsunção real em Marx é a “autonomização dos instrumentos de produção”, isto é, é a “dissolução da união/fusão entre o trabalhador e seu meio de trabalho”.

Assim, com a consolidação do sistema capitalista de produção,

ele [o modo de produção capitalista] se converte, agora, na forma geral, socialmente dominante, do processo de produção. Como método particular para a produção do mais-valor relativo, ele atua: em primeiro lugar, apoderando-se de indústrias que até então estavam subordinadas apenas formalmente ao capital; ou seja, atua em sua propagação; em segundo lugar, na medida em que as mudanças nos métodos de produção revolucionam continuamente as indústrias que já se encontram em sua esfera de ação (MARX, 2013, p. 382).

O seguinte trecho trata dos efeitos sobre a perda de utilidade do trabalhador para a produção, transformando-o em supérfluo e barateando o preço de sua força de trabalho:

assim que o manuseio da ferramenta é transferido para a máquina, extingue-se, juntamente com o valor de uso, o valor de troca da força de trabalho. O trabalhador se torna invendável, como o papel-moeda tirado de circulação. A parcela da classe trabalhadora que a maquinaria transforma em população supérflua, isto é, não mais diretamente necessária para a autovalorização do capital, sucumbe, por um lado, na luta desigual da velha produção artesanal e manufatureira contra a indústria mecanizada e, por outro, inunda todos os ramos industriais mais acessíveis, abarrotando o mercado de trabalho, reduzindo assim o preço da força de trabalho abaixo de seu valor (MARX, 2013, p. 333).

A parte final desse excerto revela uma questão essencial para a análise dos tipos de trabalho que observamos nas transformações recentes do capitalismo, como trabalho digital, os processos de uberização, de *crowdsourcing*, entre outros. Apesar de tal observação ter sido feita para tratar dos efeitos da produção mecanizada, ainda rústica se comparada com as fábricas digitalizadas, cabe em grande medida a análise destas últimas. Afinal, conforme afirma Marx (2013, p. 308), “o revolucionamento do modo de produção numa esfera da indústria condiciona seu revolucionamento em outra”, o que Romero (2005, p. 133) explica em maiores detalhes:

na medida em que a implantação de uma maquinaria num determinado ramo produtivo implica igualmente a difusão do seu uso para outros ramos da economia, uma vez que a produção em massa num ramo produtivo pressupõe a produção também em massa em outros ramos produtivos relacionados direta ou indiretamente, o uso da maquinaria tende a generalizar-se na quase totalidade dos ramos da economia.

Tal efeito de irradiação, quando trazido para o contexto da digitalização de setores da indústria como o automotivo, que conforme Pardi *et al.* (2018) é o setor com maior capacidade de influência e pioneirismos no uso tecnológico, espalha-se para os demais setores. O chamado trabalho digital como abordado no estudo de Casilli (2018), por exemplo, pode ser entendido como um setor alheio ao núcleo duro da produção que foi influenciado pela profusão de técnicas desses setores.

De mesmo modo, como observamos pela inserção de novas tecnologias nas relações de trabalho com processos de inserção cada vez menos graduais e mais abruptos, podemos traçar outro paralelo com o seguinte comentário de Marx (2013, p. 333): “Onde a máquina se apodera pouco a pouco de um setor da produção se produz uma miséria crônica nas camadas operárias que concorrem com ela. Onde a

transição é rápida, seu efeito é massivo e agudo”. Os trabalhos por plataforma podem exemplificar esse caso já que sua penetração na sociedade vem se dando de forma rápida, transformando as relações trabalhistas de forma aguda.

A respeito da perda de empregos pela automação, as concepções que circundam a substituição de trabalhadores por máquinas, aplicativos ou sistemas, nos casos recentes, propagam que a perda de empregos não será duradoura e que novas oportunidades surgirão. Ao analisar as perdas de emprego pela mecanização das fábricas no século XIX, Marx (2013, p. 333) observa o futuro dos trabalhadores recém desempregados: “um grande lenitivo para os trabalhadores pauperizados deve ser acreditar que, por um lado, seu sofrimento seja apenas “temporário” (*‘a temporary inconvenience’*)”. A ideia de uma inconveniência temporária é reforçada, por exemplo, no caso da I 4.0. Ao comentar a possível perda de empregos e da necessidade de os trabalhadores encontrarem outras profissões, processo decorrente das transformações projetadas pela 4ªRI, o principal articulador dessa agenda, Klaus Schwab, afirma que “os seres humanos possuem uma incrível capacidade de adaptação e inventividade”(SCHWAB, 2016, p. 45). A inconveniência temporária pode então ser superada pela resiliência do ser humano, que basta se reinventar, requalificar, adquirir algumas *softskills*, para que prontamente se adapte em outro tipo trabalho. Quando este último emprego também passe a dispensar o trabalho humano, basta recomeçar o processo novamente, e assim por diante.

Assim, para Marx (2013, p. 334), o “meio de trabalho liquida o trabalhador” e, a respeito das consequências em sua consciência pelos “efeitos temporários” da perda de sua utilidade na produção, há o surgimento de revoltas contra as máquinas e os meios de trabalho:

a história mundial não oferece nenhum espetáculo mais aterrador do que a paulatina extinção dos tecelões manuais de algodão ingleses, processo que se arrastou por décadas até ser consumado em 1838. Muitos deles morreram de fome, enquanto outros vegetaram por muitos anos com suas famílias, vivendo com 2,5 *pence* por dia. Igualmente, agudos foram os efeitos da maquinaria algodoeira inglesa sobre as Índias Orientais, cujo governador-geral constatava, em 1834-1835: “Difícilmente uma tal miséria encontra paralelo na história do comércio. As ossadas dos tecelões de algodão alvejam as planícies da Índia”.

Sem dúvida, despachando esses tecelões deste mundo temporal, a máquina não fazia mais do que lhes ocasionar uma “inconveniência temporária”. Além do mais, o efeito “temporário” da maquinaria é permanente, porquanto se apodera constantemente de novas áreas da produção. A figura autonomizada e estranhada que o modo de produção capitalista em geral confere às condições de trabalho e ao produto do trabalho, em contraposição ao trabalhador, desenvolve-se com a maquinaria até converter-se numa antítese completa. Daí que a revolta brutal do

trabalhador contra o meio de trabalho irrompa, pela primeira vez, juntamente com maquinaria (MARX, 2013, p. 334).

Nesse cenário de acirramento da exploração do trabalhador pela maquinaria, com vistas à produção do mais-valor relativo, Marx (2013) indica dois aspectos principais observados nesse processo: a extensão da jornada e a intensificação do trabalho. Por um lado, pelo aumento da capacidade produtiva com a inserção das máquinas, fica o trabalhador submetido a um maior ritmo de trabalho, produzindo mais em menos tempo, intensificando seu trabalho. Por outro lado, como a produção em massa acaba barateando o custo de reprodução da força de trabalho, acaba por permitir a extensão do tempo trabalhado gratuitamente concedido ao capitalista.

Além disso, com a crescente perda do conteúdo de seu trabalho, passando cada vez mais a atuar escanteado, como anexo da máquina, a pergunta que nos surge é se as máquinas realizam trabalho. Com exceção da acepção que “trabalho” assume no campo de estudo da física mecânica, no nosso entendimento, adotando a compreensão marxiana, as máquinas não realizam trabalho, mas sim transferem valor ao produto final. Esse tipo de trabalho é o trabalho morto, ou “trabalho passado” (ROMERO, 2005, p. 200) e ocorre no processo em que “o trabalho vivo perde a atividade do processo de trabalho e o trabalho morto se torna independente do trabalho para pôr em movimento o processo de produção, a valorização do valor” (ROMERO, 2005, p. 200). Como vimos, Marx (2013, p. 188) pressupõe “o trabalho numa forma em que ele diz respeito unicamente ao homem” e Vieira Pinto adere a essa posição, ao pontuar que

uma máquina é capaz, em certo sentido apenas, de substituir o homem na execução de determinado trabalho, apreciando-se a mudança pelo aspecto referente à produção dos mesmos resultados, mas nenhuma máquina, nem o conjunto de todas elas, substitui o trabalho enquanto tal, porque por definição a máquina não trabalha, só o homem. O equívoco consiste aqui em supor que produzir os mesmos resultados seja sinônimo de trabalhar. Veremos que esse engano decorre do fato de se perder de vista o caráter existencial do trabalho, ou seja, a presença, a atividade do homem. (VIEIRA PINTO, 2013a, p.526)

Desse modo, com a mudança da natureza do trabalho expressa na subsunção real, “a subsunção implica em uma dupla dimensão em que o trabalho é, ao mesmo tempo, subordinado ao e incluído no capital”, processos que se radicalizam na subsunção real, pois o “processo de produção se apresenta ao

trabalhador como uma forma estranha a ele” (ROMERO, 2005, p. 178). E, nesses termos, se dá a contradição da subsunção real em si mesma, pois implica

uma relação contraditória porque essa incorporação nunca é absoluta e tampouco se dá de forma passiva (ou seja, submissa), porque o trabalho é incorporado negativamente pelo capital, como negação do ser do capital (ROMERO, 2005, p. 178).

E, ainda nessa argumentação, prossegue o autor:

o capital, enquanto sujeito da relação de produção capitalista fetichizada, incorpora o trabalho como um não ser do capital, de forma negativa, isto é, como propriedade de outro e como não-capital (Dussel, 1999: pp. 143-144). A relação é permanentemente contraditória na medida em que o trabalho subsumido é que realiza o capital, que o valoriza: o trabalho, no princípio um meio de produção de valores de uso, torna-se um instrumento da valorização do capital. Contudo, pela mesma razão, o trabalho também é depreciado pelo capital, é contraposto a ele na medida em que determinadas formas do capital (capital constante) se apresentam como instrumento de desvalorização da força de trabalho e mesmo com o intuito de torná-lo supérfluo (ROMERO, 2005, p.178).

Desse modo,

essa contradição se realiza na prática com a oposição entre capital constante e capital variável, ou também, entre trabalho morto e trabalho vivo, o primeiro como contraposição direta e hostil frente ao segundo, subsumindo-o realmente (ROMERO, 2005, p.178).

Assim, uma face dessa contradição é que “o trabalho morto torna-se um trabalho ativo enquanto que o trabalho vivo torna-se uma atividade passiva ou reativa (que reage à máquina)” (ROMERO, 2005, p. 201).

Dessa maneira, com o alijamento maior do trabalho humano, surgem teorias de que há leis econômicas que garantem a necessidade de trabalho em outros ramos criados a partir da automação e que sempre se criarão novos empregos. É a denominada teoria da compensação, que está vinculada à esfera de circulação do capital:

a teoria da compensação está bastante próxima da formulação de J. B. Say, segundo a qual toda a mercadoria que entra no mercado tem um consumo garantido porque é criada uma demanda; haveria, portanto, sempre uma equivalência entre oferta e procura devido ao fato de o mercado sempre tender ao equilíbrio, inclusive entre oferta e demanda de trabalho (Cf. Marx, 1988, I/2: pp. 52 e 54 *apud* ROMERO, 2005, p. 120).

Marx inverte essa lógica pois “fundamenta sua análise sobre a maquinaria no processo de produção de valor, anterior à esfera de troca, quando desenvolve o

valor de uso da força de trabalho” (ROMERO, 2005, p. 121). Desse modo, ao desvalorizar a força de trabalho, como vimos anteriormente, a maquinaria “tem como finalidade a diminuição da quantidade de trabalho necessário para a produção de mercadorias – principalmente da mercadoria mais importante do capitalismo: a força de trabalho” (ROMERO, 2005, p. 122). Isto é, não há nenhum indicativo de que haveria uma compensação para um possível equilíbrio no quadro de empregos. Trata-se de estratégias para a legitimação desses processos.

De tal modo que, na I 4.0, faz-se presente esse afago retórico ao trabalhador, fazendo crer que a preocupação com a faina do mesmo é um dos focos das inovações introduzidas na produção, propondo, por exemplo que “sistemas inteligentes de assistência dispensem os trabalhadores de realizar tarefas rotineiras, permitindo que se concentrem em atividades criativas e de valor agregado”¹⁵³ (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 5). Ou então, como um apelo que pode ser compreendido, inclusive, como forma de induzir alterações nas estruturas previdenciárias – como vimos, por exemplo em Schwab (2016), que vê as tecnologias da 4ªRI permitindo o aumento da idade mínima para aposentadoria ao estender a vida útil do trabalhador – que são habilitadas pela I 4.0:

isso permitirá que os trabalhadores mais velhos estendam sua vida profissional e permaneçam produtivos por mais tempo. A organização flexível do trabalho permitirá que os trabalhadores combinem seu trabalho, vida privada e desenvolvimento profissional contínuo de forma mais eficaz, promovendo um melhor equilíbrio entre vida profissional e pessoal¹⁵⁴ (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 5).

Ademais, como já abordamos nessa seção, há as perspectivas em que o ser humano é posto como elemento central no desenvolvimento tecnológico, prometendo melhorias para a vida pessoal e educação do trabalhador:

organizando o trabalho de maneira a promover o aprendizado e a implementação de estratégias de treinamento apropriadas, deve ser possível alcançar uma abordagem centrada no ser humano para a manufatura, que leve em consideração as diferenças na educação, na experiência e nas habilidades dos funcionários, de maneira a fortalecer a

153 Tradução livre nossa do original: “*smart assistance systems release workers from having to perform routine tasks, enabling them to focus on creative, value-added activities*” (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 5).

154 Tradução livre nossa do original: “*this will allow older workers to extend their working lives and remain productive for longer. Flexible work organisation will enable workers to combine their work, private lives and continuing professional development more effectively, promoting a better work-life balance*” (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 5).

capacidade inovadora de indivíduos e empresas¹⁵⁵ (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 57).

Muito antes disso, e sem espaço para dúvidas, Marx (2013) já apontava os verdadeiros objetivos do uso da maquinaria e das demais inovações na produção que se desenrola sob os ditames do modo de produção capitalista, comentando sobre as afirmações de que a máquina serve para reduzir a fadiga humana:

mas essa não é a finalidade da maquinaria utilizada de modo capitalista. Como qualquer outro desenvolvimento da força produtiva do trabalho, ela deve baratear mercadorias e encurtar a parte da jornada de trabalho que o trabalhador necessita para si mesmo, a fim de prolongar a outra parte de sua jornada, que ele dá gratuitamente ao capitalista. Ela é meio de produção de mais-valor. (MARX, 2013, p. 301).

Retomamos, neste momento, as discussões a respeito da concepção de técnica e tecnologia que realizamos no capítulo 2 para acrescentar a concepção marxiana a este respeito.

A partir das perspectivas de CTS e de Álvaro Vieira Pinto, analisamos as conceituações deterministas da tecnologia e seu tecnocentrismo, os quais se manifestam abertamente em projetos de revolucionamento da produção, como no caso da utilização da IA em diversos setores, e como no flagrante caso da I 4.0. Nesses entendimentos, o desenvolvimento da técnica e sua expressão nos meios de produção sintetizam os avanços da ciência humana em seu aspecto universal e autônomo, fruto de trabalho de pessoas e instituições desinteressadas politicamente e, portanto, assumiriam um caráter neutro frente às relações sociais de produção.

Conforme vimos em Lukács (2013), a origem da ciência vincula-se ao trabalho e as relações entre a intencionalidade do ser humano posta em prática para operar a causalidade natural para seu objetivo e, a partir desse momento empírico, surgem observações de padrões existentes na causalidade, o que, segundo Lukács (2013), expressa a origem da ciência. Essa análise se desenvolve em um nível de abstração que ainda não incorpora o sistema capitalista de produção, uma vez que, enquanto elemento fundante do ser social, o trabalho é estudado em seu caráter ontológico e o desenvolvimento científico se dá por essa mesma perspectiva.

155 Tradução livre nossa do original: “*by organising work in a way that fosters learning and implementing appropriate training strategies, it should be possible to achieve a human-centric approach to manufacturing that takes account of differences in employees’ education, experience and skills sets in a way that strengthens the innovative capacity of both individuals and businesses*” (KAGERMANN *et al.*, 2013, p. 57).

Nas investigações acerca do sistema capitalista, contudo, Marx (2013), indica como a ciência passa a servir ao capital e seus variados objetivos, como em relação ao controle dos trabalhadores: “o capital, quando põe a ciência a ser serviço, constringe sempre à docilidade o braço rebelde do trabalho” (MARX, 2013, p. 336).

Dessa maneira, Romero (2005, p. 123) aponta que “não se deve, portanto, tentar apreender uma teoria geral da tecnologia desvinculada das condições sociais e históricas”, pois, “no capitalismo [...] a tecnologia, como vimos em Marx, apresenta-se como um método de extração de mais-valia relativa, desse modo, diferente de todas as formações sociais precedentes”.

Nas palavras de Marx (1982, p. 193 *apud* ROMERO, 2005, p. 127):

só a produção capitalista transforma o processo produtivo material na aplicação da ciência na produção, na ciência posta em prática, mas só submetendo o trabalho ao capital e reprimindo o próprio desenvolvimento intelectual e profissional.

Nessa direção, sobre algum ideal de progresso técnico em Marx, Romero (2005, p. 126). afirma que ele “nunca estabeleceu nem quis estabelecer leis universais do progresso técnico”, afinal, “o capitalismo transforma completamente a ideia de progresso uma vez que situa as forças produtivas gerais da sociedade (tal como a ciência) a serviço da produção material” (ROMERO, 2005, p. 127). O caráter da tecnologia também sofre transformações no capitalismo, já que

antes do modo capitalista, a tecnologia era um meio de produção de valores de uso. Na forma subordinada ao capital, torna-se um meio de produção de mais-valia, derivada do processo de valorização do valor (ROMERO, 2005, p. 197).

E, ainda nesse sentido,

no capitalismo, a técnica não é apenas um instrumento do processo de trabalho, como ocorria nas formações sociais pré-capitalistas, mas um instrumento do processo de valorização, implicando e determinando uma relação específica de domínio e de exploração do trabalhador – aquela da subsunção real –, que decorre das próprias condições econômicas e do emprego dos meios de produção (ROMERO, 2005, p. 124).

Por fim, a respeito das influências dessa relação da ciência com o trabalhador, pode-se dizer que

o capital só desenvolve a ciência privando o trabalhador do controle sobre o processo de trabalho e capturando (ou tentando capturar) a subjetividade operária para o seu projeto hegemônico (ROMERO, 2005, p.128).

Para concluir esta seção, retomamos, uma vez mais, a conceituação de revolução industrial, dado que uma nova revolução industrial é um dos propósitos da I 4.0 simbolizado pela 4ªRI.

Marx não se preocupou em realizar uma história da tecnologia, mas sim em “compreender qual a especificidade histórica do desenvolvimento tecnológico no capitalismo” (ROMERO, 2005, p. 185). Desse modo, sua compreensão da revolução industrial não considera apenas fatores vinculados “ao aumento da produtividade, à concentração da população nas cidades, à formação do proletariado etc.” (ROMERO, 2005, p. 186). Tampouco associa-se à cronologia das criações das máquinas a vapor, pois

a própria máquina a vapor, como foi inventada no final do século 17, durante o período manufatureiro, e continuou a existir até o começo dos anos 80 do século 18, não acarretou nenhuma revolução industrial. Ocorreu o contrário: foi a criação das máquinas ferramentas que tornou necessária a máquina a vapor revolucionada (MARX, 1988, p. 8 *apud* ROMERO, 2005, p. 188).

Romero (2005, p. 189), afirma desse modo que o entendimento da revolução industrial é centrado

no processo de autonomização dos instrumentos de trabalho que transforma o trabalhador num vigia do processo de trabalho, ficando submetido às condições impostas pela máquina, então, se a concebemos dessa forma, ela ocorreu a todo o momento em que o trabalhador assumiu atividades subordinadas à máquina no processo de trabalho. Seu núcleo de entendimento não está congelado num período histórico extremamente definido, mas aconteceu todo dia em que a produção de uma mercadoria, ramo ou setor foi mecanizado.

E, ainda:

a própria ideia de revolução industrial não é mais a mesma: o que se convencionou chamar de revolução industrial, Marx considera como a passagem da subsunção formal à subsunção real do trabalho ao capital; a revolução industrial é apenas o nome abreviado dessa passagem (ROMERO, 2005, p. 177).

Ou seja, se talvez o uso da expressão “revolução industrial” cumpra a propósitos expositivos de demarcação de períodos em que o modo de produção sofreu profundas transformações, como a subsunção real do trabalho ao capital, no contexto utilizado por Schwab (2016) e por outros propagadores dessa noção esse termo está despido de historicidade.

Vieira Pinto (2013b, p. 620) reflete acerca desses fenômenos apontando para a invisibilidade do protagonismo trabalhador na produção:

graças ao sofisma da exaltação da máquina, fica transferido para os donos das fábricas automatizadas e das organizações meramente financeiras, fornecedoras do capital recolhido do trabalho do povo, o título de produtores, a que moral e humanamente não têm direito. As grandes agitações de massas observadas nos nossos dias não se devem exclusivamente, conforme pensam os sociólogos impressionistas, à mudança da simples "forma" de produção, que não deve ser confundida com mudança de formação histórica da produção, em virtude da entrada em cena de novas máquinas auto-reguladoras, dispensando mão-de-obra. Devem-se à intensificação ensejada, a título de contradição externa, pelo salto no avanço tecnológico entre as estruturas sociais arcaicas, ou quando muito ligeiramente modificadas, e as condições em que as massas trabalhadoras têm de operar para atender às exigências de uma nova consciência de si e de sua relação com os engenhos que põem em funcionamento.

4.1.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, PRECARIZAÇÃO E TRABALHO DIGITAL

A partir da conceituação de trabalho e das categorias marxianas apresentadas na seção anterior, passaremos a investigar como se dá o processo de organização e exploração do trabalho no horizonte da IA e da I 4.0.

Há inicialmente uma dificuldade que é inerente ao estágio ainda incipiente da I 4.0, pois não há muitas análises empíricas sobre os efeitos e as experiências da I 4.0 nas alterações das relações de trabalho (PARDI *et al.*, 2018). Dessa maneira, tomaremos como base dois estudos que não possuem seu foco na I 4.0 – apesar de a tangenciarem – mas que tratam de questões como o trabalho digital (*digital labor*, do inglês), conforme Casilli (2018) e as teses a destruição do trabalho humano por um "capitalismo da IA", conforme Dyer-Witheford, Kjosen e Steinhoff (2019).

Conforme vimos anteriormente, a consolidação da maquinaria e da grande indústria retira do trabalhador o conteúdo de seu trabalho, e subsume completamente – realmente – seu trabalho ao capital, tornando-o um "apêndice da máquina" (MARX, 2013, p. 469). Essa constatação está baseada nos estudos da automação do trabalho pela mecanização em larga escala que tomou lugar no século XIX na Europa Ocidental, fruto das alterações nas relações de produção capitalistas. Surge, naturalmente, o questionamento de se, após a eletrificação do início do século XX, a automação pela eletrônica a partir da década de 1970 e a automação pela digitalização e pela IA no século XXI – com suas respectivas alterações na organização do trabalho (fordismo/taylorismo e pós-fordismo) –, essas considerações de Marx (2013) seguiriam vigentes e de que modo.

Nesse sentido, Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff (2019) defendem que algumas das conceituações marxianas devem ser atualizadas em vista dessas alterações, pois "é evidente que ocorreram mudanças substanciais desde o fordismo, de modo que a designação de um novo período é válida" e que, ademais, "talvez estejamos entrando em um novo período do modo de produção capitalista, para além do pós-fordismo, ao qual nos referimos como capitalismo de IA realmente existente"¹⁵⁶ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 50). Desse modo, "para trazer o marxismo para a IA, o relato de Marx deve ser reformado" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 22).

Para desenvolver sua hipótese, Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff (2019) lançam mão de três argumentações principais: pode haver uma possível *perpetuação do capitalismo* nesse cenário; a IA e a cibernética operam *mudanças qualitativas na automação*; a febre da IA é motivada como modo de *contornar as dificuldades em conseguir força de trabalho barata*. Em relação às duas primeiras, possuímos certas discordâncias que exporemos no decorrer da seção. Já a terceira argumentação é referendada por Casilli (2018, p. 52) que, ao contestar o que alguns teóricos da industrialização no século XIX, como Andrew Ure – para quem o objetivo da máquina é a substituição do trabalhador –, afirma que "o objetivo final de quem os utiliza não é a destruição do trabalho, mas a redução de seus custos"¹⁵⁷. Ademais, para além da IA servir como forma de substituir o trabalho quando não se encontra força de trabalho barata disponível, ela serve – e a automação digitalizada no geral – como forma de invisibilizar o trabalho humano barato ou gratuito que toma lugar por trás dela, conforme veremos a diante.

Para Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff (2019), o desenvolvimento de um tipo específico de IA forte, que denomina de "Inteligência Artificial Geral" pode ensejar "máquinas perfeitas"¹⁵⁸ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 130) com capacidade de *realmente* substituir o trabalho humano, o que teria o potencial de perpetuar o capitalismo. Utiliza-se para tanto da argumentação de

156Tradução livre nossa do original: "*is evident that substantial changes have occurred since Fordism, such that the designation of a new period is worthwhile*", "*we are perhaps entering a new period of the capitalist mode of production, beyond post-Fordism, which we refer to as actually-existing AI-capitalism*", "*to bring Marxism to bear on AI, Marx's account must be amended*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 22).

157Tradução livre nossa do original: "*el fin último de aquellos que las utilizan no es la destrucción del trabajo, sino la disminución de su costo*" (CASILLI, 2018, p. 52).

158Tradução livre nossa do original: "*Artificial General Intelligence*", "*perfect machines*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 130).

Kjøsen (2018, p. 173, *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 131, *itálico nosso*):

se o caráter de uma máquina de ser uma máquina lhe é roubado, significa que ela nega seu próprio ser como capital fixo e se torna seu oposto, ou seja, capital variável. A máquina perfeita é trabalho morto ressuscitado como trabalho vivo ... *A máquina perfeita é uma máquina que pode criar valor, mas, por esse motivo, não é mais uma máquina.*¹⁵⁹

Vimos, entretanto, que esse caráter especulativo a respeito da autonomia e independência da IA não se sustenta, pois como Casilli (2018) – conforme veremos – e inclusive os próprios Dyer-Witthford, Kjøsen e Steinhoff (2019, p. 93) observam, "a IA depende de microtrabalho *online*"¹⁶⁰, que é essencialmente e necessariamente humano.

A *alteração qualitativa da automação* com seu componente digital e inteligente é uma questão de maior complexidade que não poderá ser respondida em profundidade nos limites desse trabalho. Parte da argumentação de Dyer-Witthford, Kjøsen e Steinhoff (2019) reside nos tipos de alterações que ocorreram na passagem da mecanização para a digitalização e que, pelo fato da da IA implicar em condições de automação que distintas das postas pelas máquinas mecânicas, o tipo de produção seria, dessa maneira, *ontologicamente* alterado.

Antes de prosseguir com a tese de Dyer-Witthford, Kjøsen e Steinhoff, faremos um adendo a respeito do caráter da maquinaria. Se considerarmos, por exemplo, o projeto da I 4.0 em suas projeções mais perfeitas nas quais o cenário da automação completa da fábrica seja possível, ainda assim, do nosso ponto de vista, é possível observar que, em sua essência, tanto as etapas de eletrificação, da inserção de componente eletrônicos e a digitalização não alteraram a característica geral da maquinaria como descrita por Marx (2013). Esta continua tendo mecanismos de transmissão, de força motriz e de máquina-ferramenta (a qual é movida por outras máquinas). O que a eletricidade, a eletrônica e a informática trouxeram foi a potencialização da capacidade de integração entre as máquinas e o consequente aumento da retirada do conteúdo do trabalho humano. Por essa perspectiva, então, a I 4.0 pode ser vista como uma continuidade da grande indústria

¹⁵⁹Tradução livre nossa do original: "if a machine's character of being a machine is robbed of it, it means that it negates its own being as fixed capital and becomes its opposite, namely variable capital. The perfect machine is dead labour resurrected as living labour ... The perfect machine is a machine that can create value, but for that reason it is no longer a machine " Kjøsen (2018, p. 173, *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 131).

¹⁶⁰Tradução livre nossa do original: "AI depends on online microwork" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 93).

mecanizada. Nesse sentido, retomamos a descrição que Casilli (2018, p. 49, itálico nosso) faz de IA, ao afirmar que seu "aire de inteligencia" é criado por uma execução algorítmica e que, por sua vez, (o algoritmo) "nada mais é do que uma articulação de subunidades que não possuem significado em si mesmas e cuja aplicação é *puramente mecânica*"¹⁶¹.

Contudo, considerando que a análise de Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019) possui elementos valiosos para pensar o estágio atual do capitalismo, o conceito por eles introduzido que consideramos interessante para nossa análise – apesar de demandar uma investigação mais profunda – é o de "hiper-subsunção"¹⁶² (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 51), como o acirramento da obliteração do trabalho do homem pelo capital, o que conformaria uma nova etapa do conceito de Marx (2013) de subsunção real.

Entretanto, ao adentrarmos nesse nível de especulação e considerarmos a possibilidade da transformação ontológica das máquinas, como fazem Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019, p. 3), para quem "a IA problematiza a excepcionalidade, a agência e o trabalho humano de maneiras que desafiam profundamente as suposições marxianas"¹⁶³, poderíamos ser levados a supor um salto qualitativo em que "a IA deve ser vista como o culminar desse processo, um momento em que o sistema de mercado assume vida própria. IA, acreditamos, é 'poder alienígena' (Marx 1990: 716) – o poder autônomo do capital"¹⁶⁴ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 2). Dessa maneira, seguindo pela argumentação especulativa,

isso [...] pode ser visto como uma fase intermediária de um modo maior de capitalismo cibernético (Robins e Webster 1988; Peters, Britiz e Bulut 2009; Tiqqun 2001), que tende ao capitalismo de IA totalmente desenvolvido ¹⁶⁵ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 50).

161Tradução livre nossa do original: "*no es sino una articulación de subunidades que no contienen una significación em sí y cuya aplicación es puramente mecánica*" (CASILLI, 2018, p. 49).

162Tradução livre nossa do original: "*hyper-subsumption*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 51).

163Tradução livre nossa do original: "*AI problematizes human exceptionalism, agency and labour in ways that profoundly challenge Marxist assumptions*" Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019, p. 3).

164Tradução livre nossa do original: "*AI should be seen as the culmination of this process, a moment where the market-system assumes a life of its own. AI, we posit, is 'alien power' (Marx 1990: 716) – the power of autonomous capital*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 2).

165Tradução livre nossa do original: "*this [...] may be seen as a middle phase of a larger mode of cybernetic capitalism (Robins and Webster 1988; Peters, Britiz and Bulut 2009; Tiqqun 2001) which tends towards fully developed AI-capitalism*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 50).

Contudo, conforme abordamos no capítulo 2 pelas considerações de Veira Pinto (2013a; 2013b) a respeito do caráter da automação e do controle como submetidos à produção social notamos que esta é inerentemente humana e depende assim do trabalho e, conforme Lukács (2013), este é inerente humano e conformador de sua práxis social, não concordamos com essa argumentação e seguiremos a análise da precarização do trabalho considerando esses pontos. Por fim, consideraremos a seguinte análise de Kelly (1992, p. 322) sobre o que denomina ontologia dos computadores, que acreditamos ser possível sua extensão para uma ontologia da IA:

existe uma profunda divisão ontológica entre humanos e computadores, ainda mais profunda do que a crítica anterior, como a de Searle e Dreyfus. A verdade é que os computadores são simplesmente declarações. São textos que representam uma compreensão parcial da realidade na qual nos encontramos embutidos. Eles são escritos por cientistas sob o estímulo da percepção (limitada). Eles são formas. Eles estão limitados pelos limites da linguagem e da forma simbólica. Eles próprios não podem ascender ao plano da intencionalidade.¹⁶⁶

Isso posto, ao analisar outros aspectos da IA na indústria, Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff (2019) propõem que, assim como se deu com a eletricidade, a IA pode vir a se tornar ubíqua na produção, compondo as condições gerais de produção. Pois se o revolucionamento da produção implica em reflexos nos demais setores (MARX, 2013), "a revolução em um ramo da economia poderia provocar a necessidade da adoção generalizada da IA, de forma que ela se torne parte das condições gerais de produção"¹⁶⁷ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 50).

Ainda a respeito das considerações de Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff, conforme vimos em Pinto (2011) no contexto das subcontratações, ocorre o fenômeno da polarização dos empregos, que Dyer-Witthford, Kjøsén e Steinhoff abordam sob a perspectiva de que a IA "é provável que amplifique [...] a polarização entre os trabalhos 'high-end' e 'low-end'"¹⁶⁸ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN;

166Tradução livre nossa do original: "*there is a deep ontological divide between humans and computers, deeper even than was seen by previous critics such as Searle and Dreyfus. The truth is that computers are simply statements. They are texts representing a partial understanding of the reality in which we find ourselves embedded. They are written by scientists under the stimulus of (limited) insight. They are forms. They are bound by the limits of language and symbolic form. They cannot themselves ascend to the plane of intentionality*" (KELLY, 1992, p. 322).

167Tradução livre nossa do original: "*revolution in one branch of the economy could provoke the necessity of widespread AI adoption such that it becomes part of the general conditions*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 50).

168Tradução livre nossa do original: "*is likely to amplify [...] the polarization between 'high-end' and 'low-end' jobs*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 94).

STEINHOFF, 2019, p. 94) e que ademais "tem dimensões de gênero e de raça"¹⁶⁹ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95). Isso se deve a alguns fatores, dos quais destacamos:

muitos dos empregos que provavelmente serão automatizados por IA [...] são normalmente ocupados por mulheres em trabalhos administrativos, de secretariado, vendas e atendimento ao cliente, enquanto a engenharia de software é masculinizada¹⁷⁰ (HOWCROFT; RUBERY, 2018 *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95).

O número de mulheres estudantes das áreas de computação é pequeno e em alguns lugares apresenta tendência a queda (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019); "um relatório da Comissão de Igualdade de Oportunidades de Emprego dos EUA constatou que apenas 8% dos empregos no setor de tecnologia eram ocupados por hispânicos, 7,4% por afro-americanos e 36% por mulheres"¹⁷¹ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95); há a difusão de ferramentas de auxílio a contratação por algoritmos que apresentam vieses que favorecem a contratação de trabalhadores masculinos e brancos (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

Há, também, efeitos diretos trazidos pelas tecnologias digitais para os processos de execução das tarefas, como

um "novo taylorismo" (Salame 2018) para os locais de trabalho, nos quais a recepção de trabalho é combinada com gerenciamento algorítmico e acompanhada de capacidades de vigilância no local de trabalho muito maiores do que as de qualquer superintendente¹⁷² (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 92).

Assim, a execução das tarefas fragmentadas e padronizadas, como no taylorismo "clássico", pode ser agora artificializada gerando "o novo taylorismo das plataformas digitais e tecnologias inteligentes"¹⁷³ (CASILLI, 2018, p. 60).

169Tradução livre nossa original: "*has gendered and racialized dimensions*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95).

170Tradução livre nossa do original: "*many of the jobs likely to be AI automated are [...] typically held by women in administrative, secretarial, sales and customer service work, while software engineering is masculinized*" (HOWCROFT; RUBERY, 2018 *apud* DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95).

171Tradução livre do original: "*a report from the US Equal Employment Opportunity Commission found that just 8 per cent of tech sector jobs were held by Hispanics, 7.4 per cent by African Americans, and 36 per cent by women*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 95).

172Tradução livre nossa do original: a "*new Taylorism*" (Salame 2018) to workplaces, in which job deskilling is fused with algorithmic management and accompanied by workplace surveillance capacities far greater than those of any clipboard carrying superintendent" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 92).

173Tradução livre nossa do original: "*el nuevo taylorismo de las plataformas digitales y de las tecnologías smart*" (CASILLI, 2018, p. 60).

A esse respeito, Casilli (2018, p. 51) introduz a definição de trabalho digital. Este autor aborda sob duas perspectiva diferentes: para a primeira, advinda de consultores empresariais, o trabalho digital "designa a automação completa de seqüências e processos de trabalho, combinando avanços no campo da robótica e análise de dados"¹⁷⁴ (CASILLI, 2018, p. 51). Essa definição pode ser também associada, pela robotização e análise de dados, a ideais da I 4.0. A segunda perspectiva, a qual Casilli (2018) se filia, advém do campo dos estudos sobre políticas sociais, estratégica política e economia que concebe o trabalho digital como "o elemento humano que as tecnologias digitais põem em marcha graças à ordem permanente de executar gestos produtivos que geram valor"¹⁷⁵ (CASILLI, 2018, p. 51). Tal abordagem "[...]também tem uma dimensão política, porque denuncia os esforços dos consultores de informática e dos proprietários dessas tecnologias para remover o elemento humano do perímetro do trabalho, tornando-o invisível"¹⁷⁶ (CASILLI, 2018, p. 51). Assim, a partir desta postura crítica, Casilli (2018, p. 52) afirma que o trabalho digital designa

a implementação de tarefas (tarefização) e dados (dataficação) de atividades produtivas humanas ao aplicar soluções de inteligência artificial e aprendizado de máquina no contexto econômico.¹⁷⁷

Esse conceito assume um significado que se vincula estritamente a noção de digital, de dedo, isto é, trabalho realizado pelos dedos que rompe com o estigma de que são trabalhos que demandam alto grau de habilidade e criação. Torna-se explícita a possibilidade de precarização de trabalhos digitais, pois "o que está em jogo aqui é a digitalização de tarefas humanas"¹⁷⁸ (CASILLI, 2018, p. 60).

Com isso em vista, convém modificar a abordagem dominante que considera trabalho como sinônimo de emprego e passar a dividi-lo em suas partes para

174Tradução livre nossa do original: "*designa la automatización completa de las secuencias de trabajo y de los procesos laborales, conjugando los avances en el campo de la robótica y en el análisis de datos*" (CASILLI, 2018, p. 51).

175Tradução livre nossa do original: "*el elemento humano que las tecnologías digitales ponen en marcha gracias a la orden permanente de ejecutar gestos productivos que engendran valor*" (CASILLI, 2018, p. 51).

176Tradução livre nossa do original: "*tiene también una dimensión política porque denuncia el esfuerzo de los consultores informáticos y de los propietarios de estas tecnologías para sacar el elemento humano del perímetro de trabajo, invisibilizándolo.*" (CASILLI, 2018, p. 51).

177Tradução livre nossa do original: "*la puesta en marcha de las tareas (tareización) y de los datos (datificación) de las actividades productivas humanas al momento de aplicar soluciones de inteligencia artificial y de aprendizaje automático en el contexto económico.*" Casilli (2018, p. 52)

178Tradução livre nossa do original: "*lo que está en juego aquí es la digitalización de las tareas humanas*" (CASILLI, 2018, p. 60).

compreendê-lo de acordo com suas partes atomizadas, com as tarefas mais simples, como "unidade fundamental a partir da qual os efeitos da automação podem ser medidos"¹⁷⁹ (CASILLI, 2018, p. 58). Inclusive, uma das críticas de Casilli ao estudo de Oxford¹⁸⁰ e a outros desse tipo é que ao tomar a possibilidade de automatização do emprego como um todo incorre-se no equívoco de não considerar que existem tarefas menores que são atribuições dessas profissões e que não podem ser digitalizadas.

Nesse sentido, não necessariamente uma correlação direta entre altos índices de robotização da produção e alto desemprego nas estatísticas (CASILLI, 2018). Não há, desse modo, uma correlação *direta* entre automação e desemprego nesses termos pois não se está considerando o panorama global e de que modo essa robotização da produção nos países centrais pode influenciar em países periféricos. Além do que, conforme Casilli (2018), "a robotização não é uma questão de braços mecânicos na fábrica; e, segundo, que o trabalho não pode ser reduzido a emprego"¹⁸¹ (CASILLI, 2018, p. 58)

Aqui há outro fator fundamental na tese de Casilli: essa nova "taylorização digital" das tarefas permite, assim, rearranjos espaciais da produção que extravasam a fábrica. Para Casilli (2018), agora "a produção pode ser organizada em qualquer lugar, o local físico em que a automação é implantada não é fixo nem limitado ao perímetro da empresa tradicional, mas é desenvolvido fora dela"¹⁸² (CASILLI, 2018, p. 61).

Segue disso uma observação importante: o trabalho produtivo fora do ambiente fabril clássico não é novidade da digitalização. Marx (2013) comenta sobre alguns tipos de trabalho domiciliar que existiram na época analisada, que nomeia "indústria domiciliar", descrevendo-a como: "o departamento externo da fábrica, da manufatura ou da grande loja", pelos quais "o capital movimenta, por fios invisíveis, um outro exército: o dos trabalhadores domiciliares, espalhados pelas grandes cidades e pelo campo" (MARX, 2013, p. 352). A Terceira Itália, no século XX, foi um

179 Tradução livre nossa do original: "*unidad fundamental a partir de la cual se puede medir los efectos de la automatización*" (CASILLI, 2018, p. 58).

180 Estudo citado anteriormente que prevê a extinção de 47% dos empregos pela automatização nos próximos anos.

181 Tradução livre nossa do original: "*la robotización no es una cuestión de brazos mecánicos en la fábrica; y, segundo, que el trabajo no puede ser reducido al empleo.*" (CASILLI, 2018, p. 58).

182 Tradução livre nossa do original: "*la producción se puede organizar en cualquier parte, el lugar físico en el que se despliega la automatización no es fijo ni está limitado al perímetro de la empresa tradicional, sino que se desarrolla fuera de él*" (CASILLI, 2018, p. 61).

caso de relativo sucesso nesse tipo de trabalho pois isentava o capitalista de vários custos de manutenção do ambiente produtivo e passava alguns de seus riscos ao trabalhador que produzia em casa de acordo com a demanda da empresa (LESSA, 2002). O trabalho domiciliar vem sendo adotado em repartições públicas e empresas que optaram por enxugamento de gastos, também chamado de tele-trabalho ou *homeoffice*, que por vezes é tido como uma boa oportunidade para que o trabalho seja realizado de casa, mas que representa, em muitos casos, a intensificação do trabalho e o aumento da jornada – vinculados à extração do mais-valor relativo – e que pode afetar a subjetividade e a saúde mental do trabalhador (ARIAS; PEREIRA; PINTO, 2019).

Nesse sentido, algumas outras consequências nefastas do processo de digitalização para os trabalhadores são muito parecidos com os descritos no caso da indústria domiciliar por Marx (2013, p. 352):

a capacidade de resistência dos trabalhadores diminui em consequência de sua dispersão, [...] a pobreza rouba do trabalhador as condições de trabalho mais essenciais, como espaço, luz, ventilação etc. [...] cresce a instabilidade do emprego e, finalmente, [...] a concorrência entre os trabalhadores atinge necessariamente seu grau máximo nesses últimos refúgios daqueles que a grande indústria e a grande agricultura transformaram em “supranumerários” [*überzählig*].

Analisemos essas consequências tomando o caso da *Amazon Mechanical Turk*, plataforma de contratação de microtrabalhos, com cerca de 500.000 mil trabalhadores chamados *turkers*, que recebem o valor por hora menor que o salário mínimo dos Estados Unidos (CASILLI, 2018). Quanto à capacidade de organização e resistência, há um agudo incremento na dificuldade de realizar algo, pois, conforme relato de Milland (2019), os trabalhadores não se conhecem e não conseguem se comunicar entre si, apenas diretamente com a plataforma. Em relação às condições de trabalho, pode ocorrer, como no caso de moderadores de conteúdo, sérios problemas psicológicos devido à exposição a imagens e vídeos nocivos, que acabam sendo tratados por conta própria, sem auxílio médico da empresa. Em relação à instabilidade de emprego, o trabalhador é avaliado de acordo com sua perfeição na classificação de dados, por exemplo (MILLAND, 2019).

Assim,

o discurso tecnológico que acompanha o surgimento de inteligências artificiais pode então ser lido como uma fórmula contingente e socialmente determinada, que visa inibir a organização dos trabalhadores e reduzir seu poder de barganha. Os robôs são, portanto, a alternativa confortável que as

plataformas optam para limitar a organização do trabalho e sua (re) configuração como um movimento homogêneo¹⁸³ (CASILLI, 2018, p. 82).

No nosso entendimento, os apontamentos de Casilli (2018) a respeito da padronização de tarefas e da configurações da produção fora das fábricas não expressam elementos necessariamente novos, pois, conforme vimos, o taylorismo já realizava a padronização e sequenciamento de tarefas e a indústria domiciliar e outros exemplos já ampliavam o espaço produtivo. Há, contudo, uma intensificação dessas características, um aumento quantitativo pelo grau de generalização e expansão, afinal, conforme Casilli (2018), há plataformas de contratação para microtrabalhos com mais de dez milhões de trabalhadores vinculados, ou seja, a dimensão em que o trabalho fora da indústria tradicional ocorre toma grandes dimensões.

O mais significativo dos aspectos levantados por Casilli (2018) é a possibilidade de subcontratações globais, o que é potencializado pela conexão à internet. Esse tipo de relação de trabalho mediada por uma plataforma e que é realizada à distância, às vezes transoceânica, é outro fato que corrobora a argumentação de que a automação e a digitalização têm como objetivo principal, diferente do que supunha Ure, não a substituição do trabalho, mas a redução do seu custo. Afinal, um trabalhador nas Filipinas – como parte dos moderadores de conteúdo do Facebook –, se contratado via *web* para realizar trabalhos sob demanda, sem vínculo empregatício formalizado, custará muito menos do que um funcionário registrado nos Estados Unidos. Ademais, a remuneração por serviço, ou por microtrabalho, implica em maiores vantagens às empresas na extração do mais-valor.

Conforme Marx (2013, p. 411) aponta, o salário por peça, apesar de ser em essência o mesmo que o salário por tempo, isto é, reprodução da força de trabalho, representa algumas vantagens ao capitalista: o aumento da intensidade do trabalho, pois "é natural que o interesse pessoal do trabalhador seja o de empregar sua força de trabalho o mais intensamente possível, o que facilita ao capitalista a elevação do

¹⁸³Tradução livre nossa do original: "*el discurso tecnológico que acompaña el surgimiento de las inteligencias artificiales puede entonces ser leído como una fórmula contingente y socialmente determinada que apunta a inhibir la organización de los trabajadores y reducir su poder de negociación. Los robots son, por lo tanto, la alternativa cómoda por la que optan las plataformas con el fin de limitar la organización laboral y su (re)configuración como un movimiento homogéneo.*" (CASILLI, 2018, p. 82).

grau normal de intensidade"; a extensão da jornada, "pois assim aumenta seu salário diário ou semanal". Desse modo, conclui Marx (2013, p. 411), "o salário por peça é a forma de salário mais adequada ao modo de produção capitalista". Em decorrência dos diferentes rendimentos de trabalhadores, nessa modalidade de pagamento, há "uma tendência a aumentar os salários individuais acima do nível médio e, ao mesmo tempo, a abaixar esse nível" (MARX, 2013, p. 411), o que pode incorrer no aumento da concorrência e do stress entre os trabalhadores.

Além do tipo de pagamento aos trabalhadores, as subcontratações a nível global permitem outras vantagens ao capital, que são explicitadas e defendidas por Schwab (2016, p. 16), conforme vimos no capítulo 2, como a "nuvem humana". Convém, nesse momento, trazer ao texto uma citação mais longa do próprio fundador do FEM e idealizador da 4ªRI, um defensor, portanto, da difusão de formas de trabalho digital:

mais empregadores estão usando a 'nuvem humana' para que as coisas sejam feitas. As atividades profissionais são separadas em atribuições e projetos distintos; em seguida, elas são lançadas em uma nuvem virtual de potenciais trabalhadores, localizados em qualquer lugar do mundo. Essa é a nova economia sob demanda, em que os prestadores de serviço não são mais empregados no sentido tradicional, mas são trabalhadores bastante independentes que realizam tarefas específicas. Segundo dito por Arun Sundarajan, professor da *Stern School of Business* da Universidade de Nova York (NYU), na coluna da jornalista Farhad MANjoo no jornal *The New York Times*: 'Talvez cheguemos a um futuro em que parte da força de trabalho terá uma carteira de coisas para gerar sua renda – você pode ser motorista da Uber, comprador da Instacrat, locador da Airbnb e trabalhar para TaskRabbit' (SCHWAB, 2016, p. 56).

O caráter prescritivo desse tipo de ideia prossegue:

você agora pode trabalhar com quem você quiser, quando quiser e exatamente como quiser. E, já que não são seus empregados, você não precisa mais lidar com as dificuldades e normas do trabalho (O'CONNOR, 2015 *apud* SCHWAB, 2016, p. 57).

E o mesmo tipo de receituário neoliberal direciona-se também aos trabalhadores, sugerindo que

para as pessoas que estão na nuvem, as principais vantagens residem na liberdade (de trabalhar ou não) e na mobilidade incomparável que desfrutam por fazerem parte de uma rede virtual mundial. Alguns trabalhadores autônomos veem isso como a combinação ideal entre muita liberdade, menos estresse e maior satisfação no trabalho (SCHWAB, 2016, p. 57).

O autor busca contemporizar possíveis exageros neoliberais ao observar – corretamente – que "já há bastante evidência episódica indicando que ela [a nuvem

humana] implica uma terceirização internacional silenciosa (silenciosa porque as plataformas de nuvem humana não estão listadas nem precisam divulgar seus dados)" (SCHWAB, 2016, p. 57). Entretanto, o cariz neoliberal de Klaus Schwab ressurgiu quando pondera sobre como tratar essas problemáticas:

devemos limitar as desvantagens da nuvem humana em termos de *possível* exploração, enquanto ela não estiver cerceando o crescimento do mercado de trabalho, nem impedindo as pessoas de trabalhar da forma que desejarem (SCHWAB, 2016, p. 57, *italico nosso*).

Ou seja, enquanto a exploração do trabalhador é duvidosa, especulativa, uma possibilidade, Schwab (2016) não deixa dúvidas em relação a quem com certeza ganha com a nuvem humana:

as vantagens da economia digital para as empresas [...] são claras. Já que as plataformas de nuvem humana classificam os trabalhadores como autônomos, elas estão – no momento – livres da obrigação de pagar salários mínimos, tributos e benefícios sociais (SCHWAB, 2016, p. 56).

Outro ponto que Casilli (2018) aborda – e sobre o qual não iremos nos aprofundar, por limitações impostas pelo escopo e pelo tempo de realização deste estudo – é o do trabalho não remunerado do consumidor, que representa que as tecnologias digitais não operariam uma substituição do trabalho pelas tecnologias automáticas, mas sim um "deslocamento"¹⁸⁴ (CASILLI, 2018, p. 61) do trabalho. Grande parte do trabalho passa a ser realizado por não-trabalhadores e que não recebem por isso.

Assim, o trabalho digital, conforme descrito por Casilli (2018), torna-se responsável pela geração de valor por meio de trabalhos ou mal pagos ou não remunerados, como nesse caso do trabalho do consumidor. Em ambas as situações, porém, trata-se de trabalhadores invisibilizados, com alto grau de precarização e que realizam tarefas simples, repetitivas e fragmentadas e que participam cada vez mais da cadeia de valor. Parte disso deve-se ao fato de que, conforme vimos, a IA divulgada como o cérebro de sistemas autônomos é, na verdade, movida por trabalhadores humanos. Quando utilizada no contexto da I 4.0, por exemplo, há, como vimos em Marx (2013), a transferência do valor das máquinas para o produto, e esse valor transferido foi, em grande medida, apropriado – ou roubado – desses trabalhadores invisíveis que auxiliaram a treinar a IA presente nos sistemas, sensores e máquinas das novas fábricas inteligentes e autônomas. Ademais,

184 Tradução livre nossa do original: "*desplazamiento*" (CASILLI, 2018, p. 61) .

conforme vimos em Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019), as grandes companhias responsáveis pela maior parte da produção de tecnologia em IA utilizam-se, além desse trabalho invisível, de soluções tecnológicas desenvolvidas em coletivos e comunidades abertas que não são remuneradas para isso e que muitas vezes possuem um caráter político anticapitalista. Isto é, apropriam-se dos avanços técnico-científicos para agregar valor a suas mercadorias, sem que os trabalhadores e as entidades técnico-científicas sejam reconhecidas e recompensadas. Nesse sentido, é possível compreender o uso por Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019) do termo hiper-subsunção como um recrudescimento da subsunção real do trabalho ao capital, afinal, o trabalho é realizado, o valor é gerado, a ciência é apropriada, mas o trabalhador não é remunerado ou, quando o é, mal consegue reproduzir sua força de trabalho.

Entretanto, ao mesmo tempo em que a hiper-subsunção encaixa-se em alguns contextos, a análise de Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019) de que existe a possibilidade de que as máquinas inteligentes passem a gerar valor, independentizando-se definitivamente do trabalhador, o que chamam de "Inteligência Geral Artificial proletarizada"¹⁸⁵ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 138), já não se sustenta com tanta propriedade pois, conforme Casilli (2018), "inteligências artificiais sempre tenderão a ser configuradas por humanos"¹⁸⁶ (CASILLI, 2018, p. 67). Além disso, "o fantasma da automação completa [...] precisa do trabalho dos trabalhadores usuários"¹⁸⁷ (CASILLI, 2018, p. 75) dado que, por exemplo, "o valor agregado do *Amazon Mechanical Turk* é que cada microtarefa é efetivamente realizada por um ser humano"¹⁸⁸ (CASILLI, 2018, p. 78). Em suma: "A automação é equivalente a uma fórmula simples: uma fachada com um engenheiro que possui os feitos de sua máquina e, na sala dos fundos, há trabalhadores que entram nas microtarefas"¹⁸⁹ (CASILLI, 2018, p. 81).

185Tradução livre nossa do original: "*proletarianized Artificial General Intelligence*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 138).

186Tradução livre nossa do original: "*las inteligências artificiales siempre tenderán que ser configuradas por humanos*" (CASILLI, 2018, p. 67).

187Tradução livre nossa do original: "*el fantasma de la automatización completa [...] necesita del trabajo de los usuarios-trabajadores*" (CASILLI, 2018, p. 75).

188Tradução livre nossa do original: "*el valor agregado de Amazon Mechanical Turk reside en que cada microtarea es efectivamente realizada por un ser humano*" (CASILLI, 2018, p. 78).

189Tradução livre nossa do original: "*la automatización equivale a una fórmula simple: una fachada con un ingeniero que hace gala de las proezas de su máquina y, n la trastienda, se encuentran los trabajadores que se desloman en microtarefas*" (CASILLI, 2018, p. 81).

4.2 CONCLUSÃO

A ideia de que o avanço da automação pela incorporação da IA e por sua difusão nas formas de trabalho digitalizadas implica o fim do trabalho humano em todas as suas possibilidades é limitada. Conforme observamos, o trabalho é inerente e exclusivamente humano, fundante do ser social e conforma sua práxis social (LUKÁCS, 2013; MARX, 2013). Além disso, o capital necessita do trabalho humano para a geração de valor, por mais que, em seu movimento contraditório, atue para extrair dele todo seu conteúdo e eliminá-lo da produção (MARX, 2013). Todavia, a intensidade e a dimensão com as quais a IA vem sendo incorporada na produção social, como nas projeções e prescrições da I 4.0, devem ser consideradas seriamente e investigadas em profundidade, pois daí surgem novas formas de submeter o trabalhador à máquina e à lógica do capital, aumentando sua precarização (CASILLI, 2018; DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No capítulo 2 investigamos a conformação da IA por meio de um breve histórico dos conflitos envolvidos na constituição de projetos, mitos e realidades. Buscamos compreender de que modo o determinismo tecnológico no desenvolvimento das tecnologias como a IA ultrapassa uma visão simplesmente ingênua dos potenciais tecnológicos, pois escamoteia interesses econômicos e dificulta a compreensão de como as relações sociais de produção são corporificadas nos artefatos. Conceituamos ainda a IA forte como o tipo de desenvolvimento tecnológico que propõe a criação de um mundo controlado e conduzido pela IA; e a IA fraca como a aquela possível, maquínica e controlada pelo ser humano. Além disso, introduzimos algumas observações de como se dá a aplicação da IA na produção e na I 4.0.

No capítulo 3 analisamos documentos, relatórios e materiais de divulgação da I 4.0 por meio, sobretudo, da PI4.0. A análise esteve centrada nas prescrições, na divulgação e de que modo a PI4.0 foi construída. A partir disso, pudemos identificar alguns aspectos como estratégias comerciais, as dinâmicas entre as instituições, os consórcios empresariais e o governo alemão e de que maneira as pretensões da Alemanha de fortalecer seu papel de líder da manufatura estava presente. Verificamos que alguns elementos constituintes da IA também estão presentes na I 4.0, como o determinismo tecnológico e as projeções de futuros maravilhosos.

No capítulo 4, a partir do apresentado até então, retomamos a discussão sobre a IA na produção para discutir a relação entre trabalho e capital com a automatização e digitalização dos processos produtivos. Para tanto, abordamos o caráter ontológico do trabalho, sua relação com a maquinaria e o capital, e de que modo isso se manifesta com a introdução da IA.

A literatura sobre a I 4.0 previamente consultada para essa pesquisa está centrada em descrição das técnicas propostas, como CPS, IoT e *Big Data* e de que modo podem ser implementadas para garantir a otimização dos processos industriais. Há poucos trabalhos que visam abordar a I 4.0 em seus elementos criticamente por prismas sociais e políticos. Desse modo, ao observar logo no início do nosso estudo que a I 4.0 é difundida mundialmente e é tida como o futuro da indústria global, identificamos que seu componente discursivo é um fator central na

constituição de sua estrutura e serve como estratégia para a atração de investimentos e de criação de programas governamentais para a implantação da I 4.0. Assim, identificamos que essa agenda da I 4.0 pode ser entendida como um conjunto de ideias e de projeções de caráter prescritivo que busca mobilizar recursos, investimentos e pesquisas para o avanço de sua proposta.

A esse respeito, ao estudar o processo de construção da IA no imaginário social e como se configurou como uma técnica relevante para a produção capitalista, podemos inferir que as semelhanças na promoção da IA como tecnologia potente e redentora estão presentes na I 4.0. No caso da primeira, a construção da IA forte, carregada de elementos especulativos, futurísticos e distópicos, serve para abrir caminho para a aceitação e mobilização de recursos para o desenvolvimento de pesquisas e uso na produção da IA fraca. Ou seja, a IA forte pode ser entendida como uma agenda técnico-científica que projeta realidades distantes e que, com isso, tem uma função de propaganda para o desenvolvimento da IA fraca, que é composta de técnicas menos espetaculares, como o AM, com um caráter mais instrumental. No caso da I 4.0, podemos realizar um paralelo a essa dinâmica, assumindo que as propagandas e idealizações de sociedades informatizadas e ultraconectadas, como a 4ªRI, servem de publicidade para projetos menos robustos com interesses muitas vezes – como no caso da PI4.0 para a Alemanha – locais e particulares a uma realidade específica.

A respeito da tecnologia na produção e sua relação com o capital, podemos afirmar que para sua correta análise deve-se tomar e investigar os conceitos como sistemas autônomos, IA, automação, digitalização por meio de uma perspectiva que considere a produção social como maior determinante. Afinal,

a inteligência da máquina é produto não apenas de uma lógica tecnológica, mas simultaneamente de uma lógica social, a lógica de produzir mais-valor. O capitalismo é a fusão dessas lógicas tecnológicas e sociais e a IA é a manifestação mais recente de sua fusão quimérica da computação com a mercantilização¹⁹⁰ (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 3).

Com essa abordagem em vista, é possível identificar elementos que não são apreensíveis por uma investigação das aparências iniciais dos fenômenos tecnológicos. O caso do labor humano precarizado e invisibilizado do trabalho digital,

¹⁹⁰Tradução livre nossa do original: "*machine intelligence is the product not just of a technological logic, but simultaneously of a social logic, the logic of producing surplus-value. Capitalism is the fusion of these technological and social logics and AI is the most recent manifestation of its chimerical merging of computation with commodification*" (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 3).

por exemplo, é uma amostra de que a investigação deve ser mais atenta e levar em consideração todo o contexto no qual são inseridas as novas técnicas. Para análises que venham a surgir a respeito da I 4.0, em seus variados aspectos e momentos, dado também que se encontra ainda em estágio incipiente, acreditamos ser fundamental que essa abordagem seja adotada. Do contrário, é possível que estudos complexos e que se dediquem a descrevê-la em profundidade, mas que não considerem as determinações sociais das relações de produção na tecnologia, incorram no risco de obterem resultados equivocados.

Dessarte, procuramos neste trabalho evidenciar aspectos da I 4.0 que expressam alguns elementos das relações sociais de produção nas quais está inserida e esperamos com isso auxiliar em investigações que tenham objetivos similares.

Dado o escopo dessa dissertação, alguns temas transversais ao estudo da I 4.0 não foram aqui abordados, mas acreditamos que possuem relevância para trabalhos futuros.

Nesse sentido, podemos citar a discussão a respeito do fim do trabalho pela automação, sobretudo se considerarmos as teorias que defendem haver uma tendência à desmaterialização da produção, tornando a materialidade desta subordinada à imaterialidade. Ainda não há consenso nesse debate, tampouco estão esgotados os esclarecimentos das perspectivas e implicações de tais teses.

No Brasil e na América Latina como um todo, observamos uma explosão de programas – principalmente, mas não somente, da iniciativa privada – que objetivam a implantação de uma I 4.0. Assim, investigações que busquem compreender quais os atores envolvidos, suas intenções e objetivos ao importarem tal projeto tecnológico, são uma agenda urgente.

Por fim, dado o grau de capilaridade que a IA e demais técnicas similares possuem, julgamos indispensável refletir acerca do papel da tecnologia sob uma perspectiva libertadora e emancipatória. Isto é, buscar compreender de que modo a tecnologia poderá ser utilizada com fins de superação do modo de produção vigente.

REFERÊNCIAS

AHMI, A.; ELBARDAN, H.; ALI, R. H. R. M. Bibliometric analysis of published literature on Industry 4.0. *In: International Conference on Electronics, Information, and Communication*, 18., 2019, Auckland. **Proceedings** [...]. Auckland: IEEE, 2019. p. 1-6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8706445>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ANDRADE, K. O desafio da Educação 4.0 nas escolas. **Empresas e Negócios: ciência e tecnologia**. São Paulo, 13 mar. 2018. Disponível em: https://jornalempresasenegocios.com.br/PDFc/3584/pagina_07_ed_3584.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

ANTUNES, R. **O privilégio da servidão: o novo proletariado de serviços na era digital**. São Paulo: Boitempo, 2018.

ARBIX, G. *et al.* Made in China 2025 e Industrie 4.0: a difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. **Tempo Social**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 143-170, 2018. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/ts/article/view/144303>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ARIAS, A.; PEREIRA, A.; PINTO, G. A. A maquinaria em Marx e o teletrabalho na contemporaneidade: aproximações teóricas. *In: Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade*, 5., 2019, Santa Maria. **Anais** [...]. Santa Maria: UFSM, 2019. Disponível em: <https://www.ufsm.br/cursos/pos-graduacao/santa-maria/ppgd/wp-content/uploads/sites/563/2019/09/12.2.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ATCHISON, W. F. *et al.* Curriculum 68: recommendations for academic programs in computer science: a report of the ACM curriculum committee on computer science. **Communications of the ACM**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 151-197, mar. 1968. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/362929.362976>. Acesso em: 09 jul. 2020.

BAZZO, W. A.; VON LISINGEN, I.; DO VALE PEREIRA, L. T. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2000.

BOSCH, **Product catalog: Industry 4.0 at Bosch**. Stuttgart: Robert Bosch GmbH [2019?]. Disponível em: https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated_download/Bosch_Industrie_4.0_EN.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

BOSE, N. Wal-Mart says it is 6-9 months from using drones to check warehouse inventory. **Reuters** [Technology News]. 2 jun. 2016. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-wal-mart-drones-idUSKCN0YO26M>. Acesso em: 09 jul. 2020.

BREDA, D. M. Ensayo sobre la ceguera: la Industria 4.0 en América Latina. **Ciencia e izquierda**, [s. l.], n. 22., jun. 2018. Disponível em: <https://www.hemisferioizquierdo.uy/single-post/2018/06/17/Ensayo-sobre-la-ceguera-la-industria-40-en-Am%C3%A9rica-Latina>. Acesso em: 09 jul. 2020.

BUCHANAN, B. G. A (very) brief history of artificial intelligence. **AI Magazine**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 53-60, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220605666_A_Very_Brief_History_of_Artificial_Intelligence. Acesso em: 09 jul. 2020.

CARBONELL, J.; SÁNCHEZ-ESGUEVILLAS, A.; CARRO, B. The role of metaphors in the development of technologies: the case of the artificial intelligence. **Futures**, [s. l.], v. 84, p. 145-153, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299567633_The_role_of_metaphors_in_the_development_of_technologies. Acesso em: 09 jul. 2020.

CASILLI, A. ¿Existe una cultura laboral digital global? Marginación del trabajo, desigualdades globales y colonialidad. *In*: _____. **Trabajo, conocimiento y vigilancia: 5 ensayos sobre tecnología**. La Paz: Editorial del Estado, 2018. p. 09-44. Disponível em: <https://agetec.gob.bo/pdf/estadotic/AGETIC-Trabajo-conocimiento-vigilancia.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

CORDOVEZ, D. São mesmo 4 tipos de CRM – Customer Relationship Management? Ou é tudo uma questão de estratégia? **Meetime**. [s. l.], 5 nov. 2017. Disponível em: <https://meetime.com.br/blog/vendas/tipos-de-crm/>. Acesso em: 09 jul. 2020.

DICKSON, D. **Alternative technology and the politics of technical change**, Glasgow: Collins, 1974.

DYER-WITHEFORD, N.; KJØSEN A., M.; STEINHOFF N. **Inhuman power: artificial intelligence and the future of capitalism**. Londres: Pluto Press, 2019.

ELRAGAL, A.; AL-SERAFI, A. The effect of ERP system implementation on business performance: an exploratory case-study. **Communications of the IBIMA**, King of Prussia, 2011. Disponível em: <https://ibimapublishing.com/articles/CIBIMA/2011/670212/>. Acesso em: 09 jul. 2020.

EUROPEAN Comission, **Plattform Industrie 4.0: digital transformation made in Germany**. [s. l.]: Plattform Industrie 4.0, 2016. Disponível em: https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-27/10__pi40_diemer_16494.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

FEDERAL Ministry for Education an Research. **Digital Strategy 2025**. Berlim: BMWi, 2016. Disponível em: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Publikation/digital-strategy-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=9. Acesso em: 09 jul. 2020.

FEDERAL Ministry for Education an Research. **The new high-tech strategy innovations for Germany**. [s. l.]: [s. n.], 2014. Arquivo em PDF do acervo pessoal do autor.

FEENBERG, A. **O que é a filosofia da tecnologia?** [s. l.], 2003. Disponível em: http://www.sfu.ca/~andrewf/Feenberg_OQueEFilosofiaDaTecnologia.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

FUCHS, C. Industry 4.0: the digital German ideology. **Triplec: Communication, Capitalism & Critique**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 280-289, 2018. Disponível em: <https://www.triple-c.at/index.php/tripleC/article/view/1010>. Acesso em: 09 jul. 2020.

GAGLIONI, C. O que há sobre o Brasil nos documentos da Cambridge Analytica. **Nexo jornal** [Expresso], [s. l.], 06 jan. 2020. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2020/01/06/O-que-h%C3%A1-sobre-o-Brasil-nos-documentos-da-Cambridge-Analytica>. Acesso em: 09 jul. 2020.

GERACI, R. M. Apocalyptic AI: religion and the promise of artificial intelligence. **Journal of the American Academy of Religion**, [s. l.], v. 76, n. 1, p. 138-166, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255629487_Apocalyptic_AI_Religion_and_the_Promise_of_Artificial_Intelligence. Acesso em: 09 jul. 2020.

GORZ, A. **Adieux ao prolétariat: au de-là du socialisme**. Paris: Editions Galilée, 1980.

GRAY, A. The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution. **World Economic Forum**. [s. l.], 19 jan. 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/>. Acesso em: 09 jul. 2020.

HANLY, K., Amazon uses artificial intelligence to fire warehouse workers. **Digital Journal** [Technology], 27 abr. 2019. Disponível em: <http://www.digitaljournal.com/tech-and-science/technology/amazon-uses-artificial-intelligence-to-fire-warehouse-workers/article/548594>. Acesso em: 09 jul. 2020.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. *In*: Hawaii international conference on system sciences (HICSS). 49., 2016, Koloa, **Proceedings [...]**. Koloa: HICSS, 2016. p. 3928-3937. Disponível em: <https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/hicss/2016/5670z064/12OmNwe2Iwf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

HITT, L. M.; WU, D. J.; ZHOU, X. Investment in enterprise resource planning: Business impact and productivity measures. **Journal of management information systems**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 71-98, 2002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07421222.2002.11045716>. Acesso em: 09 jul. 2020.

HUWS, U. Mundo material: o mito da economia imaterial. **Mediações**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 24-54, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/mediacoes/article/view/9650>. Acesso em: 09 jul. 2020.

HUWS, U.; PODRO, S. Outsourcing and the fragmentation of employment relations: the challenges ahead. **Future of Workplace Relations Discussion Paper Series**. Londres: Acas, 2012. Disponível em: <https://archive.acas.org.uk/media/3474/Outsourcing-and-the-fragmentation-of-employment-relations-the-challenges-ahead/pdf/Outsourcing-and-the-fragmentation-of-employment-relations-the-challenges-ahead.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

JOERGES, B. Do politics have artefacts? **Social Studies of Science**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 411-431, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235663509_Do_Politics_Have_Artefacts. Acesso em: 09 jul. 2020.

KAGERMANN, H. *et al.* **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt, Germany: Forschungsunion/Acatech, 2013. Disponível em: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

LABS Network Industrie 4.0. **Industrial sierung**. [s. l.], [2019?]. Disponível em: https://lni40.de/lni40-content/uploads/2017/04/industrialisierung_eng_opt.jpg. Acesso em: 09 jul. 2020.

LEE, D., Amazon to deliver by drone 'within months'. **BBC** [News | Technology], [s. l.], 5 jun. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/technology-48536319>. Acesso em 09 jul. 2020.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing letters**, [s. l.], v. 3, p. 18-23, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jul. 2020.

LESSA, S. Trabalho imaterial, classe expandida e revolução passiva. **Crítica Marxista**, São Paulo, v. 15, p. 107-127, 2002. Disponível em: https://www.ifch.unicamp.br/criticamarxista/arquivos_biblioteca/comentario13comentario1.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

LIAO, Y. *et al.* Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. **International journal of production research**. [s.l.], v. 55, n. 1, p. 3609-3629, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315670892_Past_present_and_future_of_Industry_4_0_-_a_systematic_literature_review_and_research_agenda_proposal. Acesso em: 09 jul. 2020.

LU, H. *et al.* Oil and gas 4.0 era: a systematic review and outlook. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 111, p. 68-90, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334039628_Oil_and_Gas_4_0_era_A_systematic_review_and_outlook. Acesso em: 09 jul. 2020.

LUKÁCS, G. **Para uma ontologia do ser social**. São Paulo: Boitempo, 2013. v. 2.

MARTIN, C. D. The myth of the awesome thinking machine. **Communications of the ACM**, [s.l.], v. 36, n. 4, p. 120-133, 1993. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/255950.153587>. Acesso em: 09 jul. 2020.

MARX, K. **O capital: livro 1, o processo de produção do capital**. São Paulo: Boitempo, 2013.

MASKURIY, R *et al.* Industry 4.0 for the construction industry: review of management perspective. **Economies**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 1-14, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334231324_Industry_40_for_the_Constructi_on_Industry_Review_of_Management_Perspective. Acesso em: 09 jul. 2020.

MILLAND, K. Trabalhando na Amazon Mechanical Turk: entrevista com Kristy Milland. **Digilabour**, [s. l.], 9 jun 2019. Disponível em: <https://digilabour.com.br/2019/06/06/trabalhando-na-amazon-mechanical-turk-entrevista-com-kristy-milland/>. Acesso em: 02 fev. 2020.

NATALE, S.; BALLATORE, A. Imagining the thinking machine: technological myths and the rise of artificial intelligence. **Convergence**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 1-16, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318582235_Imagining_the_thinking_machi_ne. Acesso em: 09 jul. 2020.

NETO, A. A. *et al.* A busca de uma identidade para a indústria 4.0: the search for an industry 4.0 identity. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 1379-1395, jul./set. 2018. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/183/153>. Acesso em: 09 jul. 2020.

NEWELL, A. **Intellectual issues in the history of artificial intelligence**. Pittsburgh: CMU, 1982.

NOBLE, D. F. Social choice in machine design: the case of automatically controlled machine tools, and a challenge for labor. **Politics & Society**, [s. l.], v. 8, n. 3-4, p. 313-347, 1978. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003232927800800302>. Acesso em: 09 jul. 2020.

NOVAES, H. T.; DAGNINO, R. O fetiche da tecnologia. **Revista ORG & DEMO**, Marília, v. 5, n. 2, p. 189-210, 2004, Democracia, Relações de Trabalho e Globalização. Disponível em: <http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/orgdemo/article/view/411>. Acesso em: 09 jul. 2020.

PARDI, Tommaso; KRZYWDZINSKI, Martin; LUETHJE, Boy. Digital manufacturing revolutions as political projects and hypes: evidences from the auto sector. In: PARDI, Tommaso *et al.* (Edit.). **The future of work in the automotive industry**. II.

Strategies, technologies and institutions. ILO Research Department: s. l., dez. 2018. p. 75-106. Disponível em: <http://gerpisa.org/en/node/5258>. Acesso em: 09 jul. 2020.

PEPPERL+FUCHS, **2-D LiDAR Sensor OBD10M-R2000-4EP-V1V17**, 2020. Disponível em: https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_53.htm?view=productdetails&prodid=98047. Acesso em: 09 jul. 2020.

PFEIFFER, S. The vision of “Industrie 4.0” in the making a case of future told, tamed, and traded. **Nanoethics**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 107-121, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312928958_The_Vision_of_Industrie_4_0_in_the_Making-a_Case_of_Future_Told_Tamed_and_Traded. Acesso em: 09 jul. 2020.

PILLAY, N. **Artificial intelligence in computer science teaching and research**. Pretoria: SCALA, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/256088228_Artificial_Intelligence_in_Computer_Science_Teaching_and_Research. Acesso em: 09 jul. 2020.

PINTO, G. A., **A máquina automotiva em suas partes**: um estudo das estratégias do capital nas autopeças em Campinas. São Paulo: Boitempo/Fapesp, 2011.

PINTO, G. A., **A organização do trabalho no século XX**: taylorismo, fordismo e toyotismo. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

PLATTFORM Industrie 4.0. **2030 vision for Industrie 4.0**: shaping digital ecosystems globally. 2019h. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Vision-2030-for-Industrie-4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=8. Acesso em: 12 out. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Combining Industrie 4.0 and artificial intelligence**: data-based business models offer opportunities for German industry. 06 dez. 2018a. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/PressReleases/2018/2018-12-06-combining-industrie40-and-artificial-intelligence.html>. Acesso em: 05 fev. 2020.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Details of the asset administration shell**. 2018c. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2018-details-of-the-asset-administration-shell.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Acesso em 18 jan. 2020.

PLATTFORM Industrie 4.0. **German industry launches standardization initiative for Industrie 4.0**: Standardization Council I4.0 founded. 22 abr. 2016a.. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/blog-standardization-council-en.pdf?__blob=publicationFile&v=4. Acesso em: 14 out. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **German Industry launches standardization initiative for Industry 4.0**. abr. 2016b. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/PressReleases/2016/2016-04-21->

german-industry-llaunches-standardization-initiative-for-industry-40.html. Acesso em 12 nov. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Norms and standards:** a common language for Industrie 4.0 technologies. 2019g. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Standardartikel/areas-of-action-norms-and-standards.html>. Acesso em: 10 jan. 2020.

PLATTFORM Industrie 4.0. **RAMI4.0** – a reference framework for digitalisation. 2018b. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.pdf?__blob=publicationFile&v=7. Acesso em 08 jan. 2020.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Revitalizing human-machine interaction for the advancement of society.** 01 dez. 2019i. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/acatech-i40-revitalizing-human-machine-interaction.html>. Acesso em: 03 fev. 2020.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Shaping Industrie 4.0:** autonomous, interoperable and sustainable. 2019d. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2019-progress-report.pdf?__blob=publicationFile&v=7. Acesso em 10 out. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Technology scenario:** artificial intelligence in Industrie 4.0. 2019a. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AI-in-Industrie4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Acesso em: 03 out. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **The background to Plattform Industrie 4.0.** 2019c. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/ThePlatform/Background/background.html>. Acesso em: 14 dez. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **What is industrie 4.0?.** 2019b. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>. Acesso em: 11 dez. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. Which criteria do Industrie 4.0 products need to fulfil? **Guideline 2019.** Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). 2019e. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/criteria-industrie-40-products.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Acesso em: 10 out. 2019.

PLATTFORM Industrie 4.0. **Working group reference architectures, atandards and norms.** 2019f. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/ThePlatform/Structure-Organization/PlatformWorkingGroups/Reference-Architectures-Standards-Norms/reference-architectures-standards-norms.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

RICHTER, A. How artificial intelligence is changing ERP. **Industry Week** [Technology and IIoT], [s. l.], 04 set. 2018. Disponível em: <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22026277/how-artificial-intelligence-is-changing-erp>. Acesso em 09 jul. 2020.

RODRIGUES, R. G. Educação 4.0. **Correio Brasiliense** [Trabalho], Brasília, p. 09, 2018. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/2018-02/impresao_boxnet_2018-02-26_-_12h19m52s.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

ROMERO, D. **Marx e a técnica**: um estudo dos manuscritos de 1861-1863. São Paulo: Expressão Popular, 2005.

RÜB, J.; BAHEMIA, H. A review of the literature on smart factory implementation. *In*: IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 24., 2018, Valbonne Sophia-Antipolis. **Proceedings [...]**. Valbonne Sophia-Antipolis: IEEE, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8792577>. Acesso em: 09 jul. 2020.

SAP, **SAP company information**, 2020. Disponível em: <https://www.sap.com/corporate/en/company.html>. Acesso em 10 jan. 2020.

SCHMIDT, F. A. Crowdsourced production of AI training data: how human workers teach self-driving cars how to see. **Working Paper**. Forschungsförderung 155, Hans Böckler Stiftung, 2019. Disponível em https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_155_2019.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

SCHUH, G. *et al.* **Industrie 4.0 maturity index**: managing the digital transformation of companies. Munich: Herbert Utz, 2017. Disponível em: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, K; DAVIS, N. **Shaping the future of the fourth industrial revolution**. Nova Iorque: Currency, 2018. *E-book*.

SIEMENS, **Digitalization in industry**: twins with potential. [s.l.], 2019. Disponível em: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/the-digital-twin.html>. Acesso em: 09 jul. 2020.

SONY, M.; NAIK, S. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. **Benchmarking: An International Journal**, [s. l.], jan. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330703907_Key_ingredients_for_evaluating_Industry_40_readiness_for_organizations_a_literature_review. Acesso em: 09 jul. 2020.

SREEDHARAN, R.; UNNIKRISHNAN, A. Moving towards industry 4.0: a systematic review. **International Journal of Pure and Applied Mathematics**, [s. l.], v. 117, n. 20, p. 929-936, 2017. Disponível em: <https://acadpubl.eu/jsi/2017-117-20-22/articles/20/84.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

STANDARIZATION Council Industrie 4.0. **Alignment report for reference architectural model for Industrie 4.0**: intelligent manufacturing system architecture. Berlim: Federal Ministry of Economic Affairs and Energy, 2018a. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/hm-2018-manufacturing.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Acesso em: 09 jul. 2019.

STANDARIZATION Council Industrie 4.0. **The reference architectural model rami 4.0 and the standardization council as an element of success for industry 4.0**. [s. l.], 2018b. Disponível em: <https://www.din.de/blob/271306/340011c12b8592df728bee3815ef6ec2/06-smartmanufacturing-jens-gayko-data.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2020.

TESSARINI, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967>. Acesso em: 09 jul. 2020.

THUEMMLER, C.; BAI, C. **Health 4.0**: how virtualization and big data are revolutionizing healthcare. Nova Iorque: Springer, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-47617-9>. Acesso em 09 jul. 2020.

TROTTA, D.; GARENGO, P. Industry 4.0 key research topics: a bibliometric review. *In*: International conference on industrial technology and management (ICITM). 7., Oxford, 2018. **Proceedings[...]**. Oxford: IEEE, 2018. p. 113-117. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8333930>. Acesso em: 09 jul. 2020.

VAN DER PIJL, K. **Transnational classes and international relations**. Londres: Routledge, 2005.

VIEIRA PINTO, A. **O conceito de tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013a. v. 1.

VIEIRA PINTO, A. **O conceito de tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013b. v. 2.

VOLVO entrega caminhões autônomos para usina paranaense. **Estadão** [Estradão: Caminhões | Notícias], 06 set. 2018 Disponível em: <https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/volvo-entrega-caminhoes-autonomos-para-usina-paranaense/>. Acesso em 08 fev. 2020.

VOLVOTRUCKS, **Volvo faz no Brasil primeira entrega de caminhões autônomos do mundo**. [s. l.], 19 out. 2018. Disponível em: <https://www.volvotrucks.com.br/pt-br/news/blog/institucional/brasil-recebe-primeiros-caminhoes-autonomos-volvo.html>. Acesso em: 09 jul. 2020.

WANG, S. *et al.* Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, [s. l.], v. 101, p. 158-168, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289504267_Towards_Smart_Factory_for_Industry_4_0_A_Self-organized_Multi-agent_System_with_Big_Data_Based_Feedback_and_Coordination. Acesso em: 09 jul. 2020.

WIENER, N. **Cibernética e sociedade**: o uso humano de seres humanos. São Paulo: Cultrix, 1993.

WINNER, L. Artefatos têm política? **Analytica**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 195-218, 1986. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/analytica/article/viewFile/22470/12527>. Acesso em: 09 jul. 2020.

WONG, J. C. The Cambridge Analytica scandal changed the world – but it didn't change Facebook. **The Guardian**. San Francisco, 18 mar. 2019. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2019/mar/17/the-cambridge-analytica-scandal-changed-the-world-but-it-didnt-change-facebook>. Acesso em: 09 jul. 2020.

WOOLGAR, S.; COOPER, G., Do artefacts have ambivalence? Moses' bridges, Winner's bridges and other urban legends in S&TS. **Social Studies of Science**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 433-449., jun. 1999. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/285412?seq=1>. Acesso em 09 jul. 2020.

WORLD Economic Forum. Meeting overview. **Annual Meeting 2016**. Davos, jan. 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_AM16_Report.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

WORTMANN, A.; COMBEMALE, B.; BARAIS, O. A systematic mapping study on modeling for industry 4.0. *In*: International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS). 20., Austin, 2017. **Proceedings [...]**. Austin: IEEE, 2017. p. 281-291. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8101274>. Acesso em 09 jul. 2020.