



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**Instituto de Ciências Sociais Aplicadas – ICSA**  
**Departamento de Ciências Econômicas – DEECO**



**DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA NEOINDUSTRIALIZAÇÃO BRASILEIRA:  
INDÚSTRIA 4.0, INTEGRAÇÃO GLOBAL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

**Gustavo Henrique de Souza**

**MARIANA – MG**  
**DEECO / ICSA / UFOP**  
**2024**

**GUSTAVO HENRIQUE DE SOUZA**

**DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA NEOINDUSTRIALIZAÇÃO BRASILEIRA:**

**INDÚSTRIA 4.0, INTEGRAÇÃO GLOBAL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Econômicas, do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira

**MARIANA – MG  
DEECO / ICSA / UFOP  
2024**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D278d De Souza, Gustavo Henrique.  
Desafios e oportunidades da Neointustrialização Brasileira  
[manuscrito]: indústria 4.0, integração global e transição energética. /  
Gustavo Henrique De Souza. - 2024.  
90 f.: il.: color., gráf., mapa.

Orientador: Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências  
Econômicas .

1. Desenvolvimento econômico - Brasil. 2. Inovações tecnológicas -  
Brasil. 3. Revolução industrial. 4. Semicondutores. I. Oliveira, André  
Mourthé de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 338.45(81)

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - Bibliotecário Coordenador  
CBICSA/SISBIN/UFOP-CRB6a1407



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Gustavo Henrique de Souza**

**Desafios e oportunidades da Neoliberalização Brasileira: indústria 4.0, integração global e transição energética**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia

Aprovada em 16 de outubro de 2024

### Membros da banca

Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Prof. Dr. Daniel do Val Cosentino - (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Prof. Dr. Francisco Horácio Pereira de Oliveira - (Universidade Federal de Ouro Preto)

André Mourthé de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Andre Mourthe de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/10/2024, às 07:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0795901** e o código CRC **82F26E13**.

**Este trabalho é dedicado ao meu povo tão sofrido deste mundo, principalmente o povo  
mineiro, brasileiro e latino-americano.**

## **Agradecimentos**

Desde o início da minha vida eu tentei fazer tudo sozinho, a busca por independência sempre fez parte da minha caminhada. Por muitas vezes eu olhei para os lados e disse, “estou sozinho”, grande erro para não dizer falta de consideração para com todos aqueles que me ensinaram a andar no sol quente e nas noites frias. De onde eu vim não existe eu, tudo que temos é nós.

A minha vontade de aprender e resolver problemas dos mais simples aos mais complexos começou com minha mãe, quando ela assistia aulas do Telecurso 2000 para fazer supletivo mesmo com todo o trabalho de casa e os filhos para cuidar. Aprendi assim a importância da multidisciplinariedade e da persistência, independentemente da situação. Meu pai me ensinou muito, entretanto dentre todas as coisas, como diz ele, o mais importante é a humildade. As minhas irmãs que sempre estiveram comigo mesmo quando buscava a distância, minhas sobrinhas, meus cunhados, meus tios e tias, meus primos e primas, avôs e avós, que me dão e me deram tanto apoio, amor e carinho.

O aprendizado que tive nesta vida foi construído desde a horta de meu avô com as curas para o corpo e alma, com meus tios-avós que tinham tanta sabedoria e nenhum diploma, nenhum “estudo”, até os mais variados tipos de amigos de todos os lugares do mundo, de todos os continentes, irmãos de outras mães, aos meus companheiros de terreiro e pai de santo, médiuns dos centros, companheiros de trabalho, funcionários dos lugares onde estive que me receberam melhor que qualquer chefe ou professor, os professores e professoras que souberam me ouvir e me ensinar aquilo que eu julgava saber mais que todos, moradores de rua que me deram palavras e abraços, todos os meus animais, gatos, cachorros, tartarugas, minhas plantas.

De onde eu vim e para qualquer lugar que a vida me levar, eu nunca estarei sozinho, nunca farei nada sozinho. Tudo que fiz, faço e farei, eu dedico e agradeço as pessoas que me dão força para lutar por um Brasil e um mundo melhor. Os nomes nem sequer importam, carrego em mim um exército de todos aqueles que seguem crescendo comigo, aqueles que já deixaram esta terra, as entidades e guias espirituais, Orixás, santos e santas, anjos, e, acima de tudo Deus. A única luta que se perde é a que se abandona, e nós nunca abandonamos luta. Nunca, nunca. Pois tudo, tudo, tudo que nós tem é nós.

“É nóiz por nóiz...  
E se não for assim não funciona!  
Eu já esquematizei tudo, sozinho, outra vez  
Meu bando de neguinho pra ruir o império d'ocês  
No sapatinho, devagar, devagarinho  
Ó só, num tira não, aí jáo, onde é que tá meu din?  
A diferença é que eu vim pra sacar, não saquear  
Pra num criar criaca e no fim meus plano miar  
Vou ratear, distribuir pros remelento  
E botar a cara de Zumbi em cada nota de duzentos  
Se é pelo valor, senhor, nóiz tem os nosso  
Mas do asfalto prá lá, tio, negócios são negócios  
Minha palavra vale na rua, onde não existe contrato  
Queijo é a ísca, porque eu vou lidar com vários rato  
Me benze e traz arruda de guiné  
Que pra tirar essa zica só pela fé  
Sou homem desde muleque, honro o que tenho no peito  
Minha mãe me deu caráter, meu caráter trouxe o meu respeito

É nóiz que corre no caminho do bem  
Nóiz que disse é nóiz quando não virava um vintém  
Nóiz, e nesse nóiz não existe um porém  
Nóiz, e se não for nóiz não vai ser ninguém

Deus ajuda quem cedo madruga pro turno  
Imagina o que ele vai fazer por mim quando ganhar que eu nem durmo  
Nem percebo se é diurno, noturno  
Na campana igual soldado, de metranca, coturno  
Ligeiro passando cerol  
Independente de platéia, faço o que tem que ser feito, que nem o Sol  
Cumpro minha obrigação  
A tempestade não se pergunta se molha os homens ou não  
Ela cai, quem não guenta da frente sai, tiozão

*Esse é o espírito do samurai, friozão  
Sem tempo pros bagulho escroto  
Me pergunta: Que tipo de sentimento é o medo?  
Te respondo: Dos outro!  
O meu é o mesmo há várias lua  
Deixa os verme falar pelos cotovelos, eu ainda falo pelas rua  
Pelo que eu creio, tipo as Farc  
Vim, pra lutar por nóiz, mesmo que for pra morrer só, igual Joana D'Arc*

*Não vou fugir... Nem me distrair...  
Não vou posso dar as costas se o problema mora aqui...*

*Eu sei que as rua tá cheia de filho da puta igual eu  
Que não suporta mais a mesmice que se estabeleceu  
Rap se tá mereceu, se quem eu citar pereceu  
É porque vários do vivo num faz jus, meu  
Quem na antiga fazia o que eu faço  
Morria de trabalhar, hoje cê se rende pro cansaço  
Inibido na preguiça, com uns tiriça  
Que quando atiça, só faz mover pela cobiça  
Atividade pra dar continuidade nisso  
Num é pra concordar, é pra honrar o compromisso  
Trago em mim o que fez Zumbi perecer  
O que fez Zumbi merecer, o que fez Zumbi aparecer  
Pra que nossa disposição  
Não se torne daqui a anos motivo de frustração  
Firmão? Vou garantir o mínimo  
Tô ligado que os cara bota fé, mas nóiz também quer um dízimo!”  
- Leandro Roque de Oliveira “Emicida”*

## RESUMO

Esta monografia explora o projeto de neointustrialização do Brasil com o programa Nova Indústria Brasil (NIB), analisando as condições históricas, econômicas e estruturais que influenciam a viabilidade de adoção das tecnologias relacionadas a Quarta Revolução Industrial. A partir de uma revisão bibliográfica e da análise crítica dos motivos do atraso econômico brasileiro, o estudo investiga os principais desafios que limitam o crescimento, como a dependência de exportações primárias, fragilidade institucional e concentração de renda. A monografia apresenta a Indústria 4.0 como uma alternativa para aumentar a produtividade e reduzir desigualdades regionais e sociais, com destaque para áreas estratégicas como semicondutores, energias renováveis e a modernização industrial. Através de uma análise detalhada de políticas públicas e institucionais, a pesquisa apresenta os objetivos, desafios e estratégias para a implementação dessas novas tecnologias com a Nova Indústria Brasil (NIB), destacando a importância de reformas institucionais e investimentos em infraestrutura e qualificação da mão-de-obra. Conclui-se que o NIB tem potencial de aprimorar a indústria brasileira, aumentar a competitividade do Brasil no mercado global, e promover um crescimento econômico mais inclusivo e sustentado visado pelas missões direcionadas a setores estratégicos.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Econômico; Nova Indústria Brasil (NIB); Indústria 4.0; Semicondutores; Inovação.

**JEL:** E01; F63; L60; O0.

## ABSTRACT

This monograph explores Brazil's neo-industrialization project through the Nova Indústria Brasil (NIB) program, analyzing the historical, economic, and structural conditions that affect the feasibility of adopting technologies related to the Fourth Industrial Revolution. Through a literature review and a critical analysis of the reasons for Brazil's economic delay, the study investigates the main challenges that limit growth, such as dependence on primary exports, institutional fragility, and income concentration. The monograph presents Industry 4.0 as an alternative to increase productivity and reduce regional and social inequalities, with a focus on strategic areas like semiconductors, renewable energy, and industrial modernization. Through a detailed analysis of public and institutional policies, the research outlines the objectives, challenges, and strategies for implementing these new technologies with the Nova Indústria Brasil (NIB), emphasizing the importance of institutional reforms and investments in infrastructure and workforce training. The study concludes that the NIB has the potential to enhance Brazil's industry, increase its global competitiveness, and promote more inclusive and sustainable economic growth through targeted missions in strategic sectors.

**Keywords:** Economic Development; Nova Indústria Brasil (NIB); Industry 4.0; Semiconductors; Innovation.

**JEL:** E01; F63; L60; O0.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As inovações em cada fase das revoluções industriais .....	27
Figura 2 - Sistemas Ciber-Físicos (CPS).....	28
Figura 3 - Estrutura da Indústria 4.0.....	29
Figura 4 - Distribuição Geográfica da Indústria Brasileira (2021).....	34
Figura 5 - Número de estabelecimentos da Indústria por porte (2022).....	35
Figura 6 - Participação no Emprego Industrial - 10 Principais Setores da Indústria no Brasil (2022) .....	36
Figura 7 - Participação na exportação de bens da indústria brasileira (2023).....	36
Figura 8 - Participação nas exportações de produtos industrializados (2023) .....	37
Figura 9 - Evolução do número de dispositivos conectados à IoT e IIoT - 2018 a 2025.....	47
Figura 10 - Setores usuários das tecnologias da Indústria 4.0 (Participação na receita (%)) em 2022 .....	48
Figura 11 - Distribuição Geográfica das Empresas com Potencial Inovador no Brasil (2024).....	51
Figura 12 - Distribuição Geográfica dos Habitats de Inovação no Brasil (2024) .....	52
Figura 13 - Distribuição Geográfica das Instituições de Ensino no Brasil (2024).....	53
Figura 14 - O valor salarial líquido do trabalho apropriado do Sul global em trilhões de euros (2005 constante), por nível de qualificação, 1995-2021 .....	70
Figura 15 - Distribuição de renda mundial mensal de adultos (Euro PPP) em 2021 .....	72
Figura 16 - Distribuição do nível de renda geográfico - 2022 .....	73
Figura 17 - Taxa esperada de crescimento cumulativo (CGR) para cada zona de trabalho e PIB brasileiro (1987-2016).....	74
Figura 18 - Potencialidades da Produção do Futuro.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI. *Agência Brasileira de Desenvolvimento*  
ARPA. *Advanced Research Projects Agency*  
ARPANET. *Advanced Research Projects Agency Network*  
BNDES. *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*  
CAGR. *Compound Annual Growth Rate*  
CBO. *Classificação Brasileira de Ocupações*  
CEITEC. *Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada*  
CEPAL. *Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe*  
CGR. *Cumulative Growth Rate*  
CGV. *Cadeias Globais de Valor*  
CICS. *Comissão Interministerial de Compras Públicas*  
CIIA-PAC. *Comissão Interministerial de Inovações e Aquisições do PAC*  
CNDI. *Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial*  
CNI. *Confederação Nacional da Indústria*  
CPS. *Cyber-Physical Systems*  
EMBRAPII. *Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial*  
FINEP. *Financiadora de Estudos e Projetos*  
IED. *Investimentos Estrangeiros Diretos*  
IIoT. *Industrial Internet of Things*  
IoS. *Internet of Services*  
IoT. *Internet of Things*  
MPEs. *Médias e Pequenas Empresas*  
NIB. *Nova Indústria Brasil*  
P&D. *Pesquisa e Desenvolvimento*  
PAC. *Programa de Aceleração do Crescimento*  
PIB. *Produto Interno Bruto*  
QR code. *Quick Response code*  
RFID. *Radio-Frequency Identification Tag*  
SDGs. *Consulte, Sustainable Development Goals*  
SENAI. *Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial*  
STEM. *Science, Technology, Engineering and Mathematics*  
TIC. *Tecnologia da Informação e Comunicações*  
UN. *United Nations*  
WEF. *World Economic Forum*

## SUMÁRIO

<b>1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Justificativa Teórica e Prática .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Objeto.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. Problema .....</b>	<b>19</b>
<b>2. CAPÍTULO 2 - O SETOR DE SEMICONDUTORES E O PAPEL ESTRATÉGICO NA INDÚSTRIA 4.0 .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Indústria 4.0: Conceitos, Tecnologias e Perspectivas para o Futuro da Produção Industrial com a Globalização .....</b>	<b>25</b>
<b>3. CAPÍTULO 3 - NOVA INDÚSTRIA BRASIL (NIB): CONCEITOS E AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS DA POLÍTICA DE NEOINDUSTRIALIZAÇÃO COM BASE NA FORMAÇÃO INDUSTRIAL DO BRASIL .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. Contextualização da Indústria Brasileira.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Nova Indústria Brasil (NIB).....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.1. Monitor da Indústria 4.0.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.2. Atlas da Inovação .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Desafios e Oportunidades da Política de Neointustrialização Brasileira frente a Quarta Revolução Industrial .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4. Nível de Preparação do Brasil e mundo para adoção das tecnologias da Indústria 4.0 .....</b>	<b>73</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>

## 1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

*Trabalhas sem alegria para um mundo caduco,  
onde as formas e as ações não encerram nenhum exemplo.  
Praticas laboriosamente os gestos universais,  
sentes calor e frio, falta de dinheiro, fome e desejo sexual.  
Heróis enchem os parques da cidade em que te arrastas,  
e preconizam a virtude, a renúncia, o sangue-frio, a concepção.  
À noite, se neblina, abrem guarda-chuvas de bronze  
ou se recolhem aos volumes de sinistras bibliotecas.  
Amas a noite pelo poder de aniquilamento que encerra  
e sabes que, dormindo, os problemas te dispensam de morrer.  
Mas o terrível despertar prova a existência da Grande Máquina  
e te repõe, pequenino, em face de indecifráveis palmeiras.  
Caminhas entre mortos e com eles conversas  
sobre coisas do tempo futuro e negócios do espírito.  
A literatura estragou tuas melhores horas de amor.  
Ao telefone perdeste muito, muitíssimo tempo de semear.  
Coração orgulhoso, tens pressa de confessar tua derrota  
e adiar para outro século a felicidade coletiva.  
Aceitas a chuva, a guerra, o desemprego e a injusta distribuição  
porque não podes, sozinho, dinamitar a ilha de Manhattan.  
- Carlos Drummond de Andrade*

Em 2024, o governo brasileiro anunciou o programa de reestruturação da indústria, os formuladores perceberam que a indústria brasileira é muito heterogênea tecnologicamente, portanto, essa reestruturação necessita de uma nova dinâmica para indústria com base naquilo que é possível ser feito a curto. Assim, o programa Nova Indústria Brasil (NIB) é considerado uma etapa de neointustrialização da economia brasileira como um todo. Sua fundamentação em missões direcionadas à melhora das condições de vida da sociedade brasileira se relaciona diretamente como significado de Indústria 4.0, o codinome da Quarta Revolução Industrial.

Desta maneira, essa monografia teve como objetivos principais a conceituação das tecnologias relacionadas a Indústria 4.0, a apresentação do programa de neointustrialização brasileiro, seus desafios e oportunidades de expansão e uma avaliação do nível de preparação do Brasil e da economia mundial para a adoção de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Para isso, foi contextualizada a indústria brasileira expondo seus pontos positivos e negativos durante sua formação.

As subseções deste capítulo introdutório se dividem entre 1.1 justificativa teórica e prática desta monografia, e 1.2 determinação do objeto de estudo e o problema desta pesquisa que é a dependência da economia brasileira e o processo de desindustrialização ocorrido após os anos 1980 perante a Quarta Revolução Industrial.

O desenvolvimento da pesquisa inicia-se no capítulo 2 com a conceituação de crescimento econômico e desenvolvimento econômico, o setor de semicondutores e a Indústria 4.0. O capítulo 3 deste estudo dividiu-se em quatro partes: 3.1 Contextualização histórica da indústria brasileira; 3.2 apresentação da Nova Indústria Brasil (NIB) e seus objetivos para a neointustrialização brasileira; 3.3 exposição dos desafios e oportunidades da política de neointustrialização frente a Quarta Revolução Industrial; e, 3.4 avaliação do nível de preparação do Brasil e do mundo para a adoção das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Por fim, na quarta e última seção são apresentadas as considerações finais desta monografia.

### **1.1. Justificativa Teórica e Prática**

A justificativa teórica e prática desta pesquisa fundamenta-se na importância do processo de reestruturação da cadeia produtiva brasileira para que país apresente maiores taxas de crescimento econômico no longo prazo. A pesquisa se baseia nas contribuições de autores que discutem a relação entre os processos de inovação tecnológica, crescimento econômico e a influência das instituições. O programa Nova Indústria Brasil (NIB), criado pelo governo brasileiro em 2024, tem como principal objetivo realizar essa reestruturação chamada de “neointustrialização” para promover o desenvolvimento socioeconômico no país e introduzir as tecnologias relacionadas à Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Caracterizada pela automação, digitalização e o uso de tecnologias como Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) e Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber-Physical Systems – CPS*), essa

nova etapa da industrialização apresenta uma ruptura significativa nos modos de produção tradicionais, e isso impacta diretamente a forma como as economias globais se organizam.

No contexto brasileiro, a relevância prática desta pesquisa está em identificar como o NIB pretende implementar essas inovações tecnológicas para transformar a estrutura produtiva do Brasil. O país é dependente de exportações de commodities e enfrenta grandes desafios estruturais, como: baixa produtividade, baixa complexidade tecnológica, concentração de renda e desigualdade social. A transição para um modelo baseado em tecnologias da Indústria 4.0 é uma oportunidade para o Brasil modernizar seu parque industrial, aumentar a competitividade em setores estratégicos, como os semicondutores e energias renováveis.

Ao analisar os gargalos que limitam o desenvolvimento tecnológico no Brasil – como infraestrutura precária, falta de políticas de incentivo à inovação e qualificação da mão-de-obra, a pesquisa se torna crucial para apontar os desafios e oportunidades da neointustrialização brasileira. Através de um gerenciamento eficiente dos investimentos em infraestrutura tecnológica, qualificação da mão-de-obra e reformas institucionais, o país pode aproveitar as oportunidades geradas pela disseminação das tecnologias da Indústria 4.0. Portanto, a relevância desta pesquisa reside no fato de que, ao aplicar as práticas da Indústria 4.0 no processo de neointustrialização, será possível para o Brasil criar um ambiente mais favorável ao crescimento econômico sustentado, oferecendo uma alternativa de desenvolvimento inclusivo no longo prazo.

A Indústria 4.0 conceitua-se como um método revolucionário de organização da produção industrial, baseado na ampla digitalização e automação da produção e distribuição dos processos na indústria que apagam os limites entre objetos físicos, transformando-os em um sistema complexo abrangente de elementos interconectados e interdependentes (POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019). Dessa forma, a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, pode ser comparada com a Primeira Revolução Industrial no sentido de transição qualitativa dos modos de produção. Portanto, torna-se o foco central das políticas econômicas em um mundo globalizado, as consequências para as relações de trabalho e consumo podem ser distintas para o Norte (países desenvolvidos e industrializados) e Sul (países subdesenvolvidos e em processo de industrialização) Global, caso as inovações tecnológicas ocorram da mesma forma que a Primeira Revolução – do Norte para o Sul.

Atualmente, as trocas desiguais entre os países do Norte Global e os países do Sul Global, vão além das mercadorias primárias e finalizadas. O que gera uma sobrecarga sobre os trabalhadores do Sul Global, que não consegue ser compensada pela simples exportação de produtos primários, o que favorece o pertinente desequilíbrio no balanço de pagamentos dos países subdesenvolvidos. As causas desse desequilíbrio se justificam pelos novos padrões de consumo que são importados dos países do Norte Global conforme se aumenta a renda média dos trabalhadores no Sul Global, através de mercadorias com alta tecnologia incorporada e serviços cada vez mais complexos. Enquanto isso, impera nos países subdesenvolvidos políticas neoliberais que geraram mudanças estruturais na economia, como: desindustrialização prematura, aumento da carga horária de trabalho, baixa taxa de aumento no salário real, disseminação de serviços que exigem menor especialização técnica dos trabalhadores etc.

Segundo Hickel et al (2024), o Sul Global contribuiu com uma média de 90-91% do total de trabalho para a produção global geral e a produção de bens comercializáveis em 2021, entretanto, os países do Sul Global receberam apenas 44% da renda global, e os trabalhadores apenas 21% nesse período. O estudo ainda revela que o Sul Global cede a maioria da força de trabalho em todos os níveis de especialização: sendo 76% do total de trabalho de alta especialização; 91% de média especialização; e, 96% do trabalho de baixa especialização. Além disso, durante 1995-2021, período de análise do estudo, evidencia que o tempo de trabalho teve redução de 7% no Norte, enquanto no Sul, houve um acréscimo de 1%. Portanto, o crescimento econômico mundial ficou por conta da população do Sul Global nos últimos 25 anos.

Portanto, os países necessitam de políticas econômicas focadas na inserção das empresas e regiões nas Cadeias Globais de Valor (CGV) – o processo de desenvolvimento dos produtos que envolve desde a extração da matéria-prima até os serviços de *marketing* e *branding* do produto finalizado. Devido ao maior grau de importância na geração de valor agregado nas CGVs direcionada às etapas de pré-produção (Pesquisa e Desenvolvimento – P&D e *Design*) e pós-produção intangível, geralmente realizada nos países desenvolvidos. A dependência de produtos importados, até mesmo na etapa produção tangível (realizada nos países subdesenvolvidos), impacta diretamente a qualidade de vida do Sul Global. Desde a colonização do Brasil a maior fonte de renda da economia é proveniente do agronegócio, com a açúcar, café, algodão, gado, cacau e agora no período mais recente, soja e milho. Produtos de baixo valor agregado.

Porém, a produção de um país com dimensões continentais como o Brasil não pode ser baseada apenas em produtos primários para serem exportados. A industrialização é a única ponte para o crescimento sustentado e desenvolvimento econômico de uma economia, pois possibilita a difusão de tecnologia nas diversas áreas da sociedade. Por isso a reestruturação da indústria brasileira é importante para que tanto o setor público, quanto o setor privado da economia obtenham resultados satisfatórios nos próximos anos e aumentem a competitividade dos setores da economia em âmbito global.

A Quarta Revolução Industrial remete à Indústria 4.0, conceito criado na Alemanha em 2011, essa nova etapa da indústria se difere das anteriores pela necessidade de integração entre os setores da cadeia produtiva. A Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), que basicamente é a transmissão em tempo real dos dados, transmitidos através dos semicondutores, é ponto central desta revolução. Com os sensores, atuadores, etiquetas digitais etc., será possível rastrear todas as fases da produção, os dados gerados no processo serão de extrema importância para aumentar o valor agregado nos produtos, bem como para tornar as economias mais sustentáveis e competitivas no mercado. Entretanto, as transformações no setor real da economia que estão relacionados com essa transição tecnológica são tão fortes e sem precedentes históricos, que poderão gerar efeitos positivos e negativos na sociedade, a depender das políticas envolvidas no planejamento institucional.

No Brasil, temos a CEITEC (Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada), a única empresa produtora de semicondutores na América Latina. Sendo uma empresa pública brasileira oferece maior autonomia para o governo investir no setor de microeletrônica, sem os riscos apontados pelo mercado financeiro. Mesmo que a indústria brasileira esteja longe de ser a maior consumidora de semicondutores para produção de ativos tecnológicos, este é um setor estratégico para crescer e desenvolver a economia nacional. Visto as oportunidades expansão da empresa no mercado latino-americano.

A Indústria 4.0 tem como ponto positivo a obrigatoriedade de planejamento, assim sendo, até mesmo os países com menor grau de complexidade tecnológica podem planejar sua implementação. É com essa possibilidade que trabalhemos para suprir os gargalos tecnológicos. A utilização de dados e internet serão propulsores de eficiência, a fragmentação dos serviços com as Cadeias Globais de Valor (CGV) poderão facilitar a entrada de regiões menos tecnológicas nessas CGVs, caso saibam utilizar de suas vantagens comparativas e direcionar os investimentos.

Nessa nova etapa da indústria mundial, os dados serão de extrema importância para a criação gerenciamento de ativos tangíveis e intangíveis. Com o desenvolvimento de softwares dedicados a indústria inteligente, o conhecimento entre as diversas áreas da cadeia produtiva pode ser disseminado de forma mais eficiente e integrada. Devido a esse processamento de informações geradas por humanos e máquinas, haverá uma maior compreensão da produção industrial através de uma interface intuitiva e dinâmica para prevenção de erros e manutenção dos equipamentos. O setor de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) é um dos pontos fortes do Brasil, e uma oportunidade para inserção do país nas etapas que geram maior valor agregado na produção.

Dito isso, a Nova Indústria Brasil (NIB), fundamentada em missões com foco no desenvolvimento e reestruturação de setores estratégicos da economia brasileira, pode melhorar a posição do país no mercado internacional. Em setores como os semicondutores, energias renováveis, saneamento básico, alimentos e produtos químicos. O investimento na infraestrutura precária do país servirá para gerar empregos e maior valor agregado na produção, entretanto, para isso o país precisará atrair investimentos estrangeiros e coordená-los com acordos benéficos para a sociedade brasileira. Através desse processo de neointustrialização, visando a transferência de tecnologia nesses setores com o auxílio de suas instituições e empresas, o Brasil poderá vislumbrar um futuro mais igualitário.

## **1.2. Objeto**

### **1.2.1. Problema**

Após a Segunda Guerra Mundial, a Europa iniciou sua reconstrução, e em 1948 foi fundada a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), com o objetivo de fornecer análises econômicas e sociais sobre os países latino-americanos, o pensamento cepalino foi difundido e aplicado na maioria dos países subdesenvolvidos. Nesse contexto, no Brasil, houve políticas de incentivo à industrialização e à criação de empresas estatais que foram fundamentais para diversificar a produção e promover o desenvolvimento econômico. No entanto, após a ditadura militar, a indústria concentrou-se no estado de São Paulo. As especificidades regionais foram ignoradas, e a centralização das decisões políticas direcionaram os investimentos para a região sudeste, problemático para um território tão imenso como o Brasil. Na América Latina, a divisão internacional do trabalho manteve a região como produtora de alimentos e matérias-primas, sem espaço para a industrialização (PREBISCH, 2000).

Mazzucato (2014) argumenta que a retirada do Estado, justificada pela busca de dinamismo econômico, desestruturou a sociedade. As políticas neoliberais ganharam força após os anos 1970, consolidadas pelo Consenso de Washington (1989), promoveram medidas como: disciplina fiscal, redução dos gastos públicos, taxas de juros determinadas pelo mercado, taxas de câmbio competitivas, liberalização do comércio, abertura para investimentos estrangeiros, privatização de empresas estatais e proteção dos direitos de propriedade. Essas medidas afetaram o desenvolvimento da indústria nos países periféricos, que enfrentaram dificuldades para competir com as grandes potências, que passaram a realizar investimentos através das empresas multinacionais.

A Indústria 4.0 surge como uma oportunidade de adequar o sistema produtivo, utilizando tecnologia avançada para conectar pessoas, produtos, máquinas e territórios. Consequentemente, políticas econômicas que visam a utilização de energias renováveis, uso consciente dos recursos naturais e o bem-estar social surgem como alternativas para àquelas indicadas pelo Consenso de Washington. O Brasil possui potencial de desenvolvimento nas áreas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC), Bioeconomia e Biotecnologia, que facilitará a gestão da abundância de recursos sustentáveis encontrada em seu território. Para tanto, reestruturar-se industrialmente será importante para a adoção das novas tecnologias introduzidas pela Quarta Revolução Industrial. Apesar dos desafios institucionais e tecnológicos, o projeto de neointustrialização da cadeia produtiva brasileira chamado de Nova Indústria Brasil (NIB) pode facilitar crescimento econômico, com objetivos que promovem a diversificação produtiva e melhoria na infraestrutura do país

Marini (2017) aponta que o intercâmbio de mercadorias reflete a troca desigual entre países industrializados e emergentes, onde o Norte Global (países industrializados) apropria-se da mais-valia relativa dos países do Sul (países emergentes). Mesmo com o crescimento econômico do Sul Global, a desigualdade salarial e as condições precárias de trabalho persistem. Portanto, os objetivos da NIB estão relacionados à tentativa de diminuição dos efeitos dessa troca-desigual na economia brasileira.

## **2. CAPÍTULO 2 - O SETOR DE SEMICONDUTORES E O PAPEL ESTRATÉGICO NA INDÚSTRIA 4.0**

Para Schumpeter (1997), a inovação ocorre por meio de ações humanas que diversificam atividades econômicas e promovem mudanças. As instituições desempenham

um papel central ao motivar essas transformações, tanto individual quanto coletivamente, ao moldarem os aspectos cognitivos dos agentes econômicos. Elas influenciam a mentalidade empreendedora e compensam a racionalidade limitada dos agentes, permitindo a tomada de decisões sob incerteza. Enquanto as instituições inclusivas promovem crescimento sustentado com inovação tecnológica, as instituições extrativistas geram um crescimento limitado e desigual, baseado em tecnologias existentes. Esse crescimento, segundo Acemoglu e Robinson (2012), tende a estagnar no longo prazo. Assim, é necessária uma reestruturação institucional nos países em desenvolvimento para promover inovação, reduzir desigualdade e avançar tecnologicamente. As instituições também criam o ambiente para adoção de novas tecnologias e paradigmas, ampliando a capacidade de progresso. Entender a evolução dessas instituições é essencial para analisar o crescimento e desenvolvimento econômico de países e regiões.

Desde o início das pesquisas sobre desenvolvimento econômico, esse termo tem sido frequentemente confundido com crescimento econômico, devido à falta de definições claras. Schumpeter, no entanto, distingue os dois conceitos por meio do fluxo circular de renda, onde, se todos os fatores econômicos permanecerem constantes, a sociedade capitalista segue um ritmo natural de trocas e consumo. Para ele, todos atuam como "sujeitos econômicos" ou dependem deles, o que leva à especialização ocupacional dos grupos sociais. Assim, é possível identificar classes cujas atividades são predominantemente econômicas, enquanto outras são influenciadas por fatores externos. Embora a vida econômica seja liderada por um grupo específico, todos participam desse processo. Para Schumpeter, o desenvolvimento econômico ocorre em um Estado comercialmente organizado, com propriedade privada, divisão do trabalho e livre concorrência, elementos essenciais para o funcionamento do sistema econômico. (SCHUMPETER, 1997).

O crescimento econômico refere-se ao aumento da renda de uma nação, enquanto o desenvolvimento econômico envolve avanços tecnológicos gerados por investimentos em inovação e novas tecnologias. Esses avanços aumentam o capital humano por meio de pesquisa, exigindo melhorias na educação e salários dos envolvidos. A inovação tecnológica, através de ciclos de aperfeiçoamento, impulsiona o desenvolvimento econômico, elevando os níveis de salário, cultura e educação. A diferença entre crescimento e desenvolvimento econômico está no avanço tecnológico. O crescimento econômico é quantitativo e se reflete no aumento do Produto Interno Bruto (PIB), que mede a riqueza produzida por um país em um período, ajustada pela inflação. O crescimento da produção e consumo de bens e serviços

em uma economia globalizada integra os setores primário, secundário e terciário, que requerem recursos e geram resíduos durante a produção.

Marx (2015) destaca que qualquer bem útil, como ferro ou papel, deve ser analisado quanto à qualidade e quantidade. A utilidade de um bem, baseada em suas propriedades naturais, define seu valor de uso. No setor primário, os bens extraídos da natureza podem ser consumidos ou transformados em mercadorias, que ganham valor de troca com base em sua utilidade. Para Marx, o valor de uma mercadoria não depende do tempo de trabalho gasto na sua produção, mas sim do trabalho humano incorporado nela. Harvey (2015) complementa que o valor das mercadorias, oculto como uma "objetividade fantasmagórica", é o que torna as mercadorias comparáveis no mercado. O valor de troca expressa o trabalho humano nelas embutido, algo que pode ser visto nos preços, mas não medido diretamente.

Em economias exportadoras de produtos primários, como em países emergentes, o trabalho humano incorporado é mínimo e a produção consome mais tempo devido ao atraso tecnológico. Isso não significa que o produto terá mais valor. Em um mundo globalizado, os produtores buscam reduzir custos marginais para aumentar o lucro. Marx observa que o valor das mercadorias é determinado pela força de trabalho global da sociedade, formando uma rede de relações que mede o valor a partir do trabalho humano conjunto (HARVEY, 2015).

Isto posto, pode-se afirmar que as relações de troca num mundo globalizado é que constantemente alteram a determinação do valor de uma mercadoria com base no tempo de trabalho socialmente necessário para produzir algo. Para reduzir os custos de produção exige-se menores preços pagos pelas matérias-primas que são utilizadas, porém, com as variações constantes na taxa de câmbio dos países emergentes, eles se tornam dependentes da exportação de matérias-primas sendo seduzidos pelos lucros ilusórios das transações. É aqui que acontece a troca desigual. Para entender o processo de produção de mercadorias é necessário ter em vista que os valores de troca são a representação de um valor, medido pelo tempo de trabalho socialmente necessário que somente tem valor se houver uma conexão com o valor de uso, num ciclo de construção de valores.

A indústria de semicondutores está no centro da revolução microeletrônica, cujo impacto na estrutura da indústria e o ambiente social mais pode ser comparado ao das inovações tecnológicas fundamentais que marcaram uma época de história moderna, como a máquina a vapor ou a eletricidade (DOSI, 1984). Por esse motivo, o investimento no setor

de semicondutores se torna relevante para o crescimento econômico dos países que pretendem se inserirem ou permanecerem nas Cadeias Globais de Valor (CGV), principalmente os países em desenvolvimento. A produção industrial está constantemente inovando nos processos a fim de reduzir os custos de produção, dessa forma, os produtos passam a concentrar maiores quantidades de tecnologia assim como as indústrias. O que nos leva a integração dos consumidores, produtos e sistema produtivo em tempo real.

A invenção da roda reduziu significativamente o tempo de transporte de produtos até os consumidores, sem causar o desgaste físico, criando uma ponte entre regiões e promovendo a divisão regional do trabalho. Por meio das trocas comerciais, regiões com escassez de recursos naturais aumentaram sua produtividade com ferramentas e insumos mais eficientes. Assim, o setor de transportes sempre foi pioneiro na adoção de novas tecnologias produtivas. Após a Revolução Industrial, os custos de transporte se tornaram fundamentais para a redução do custo marginal, impulsionados pelo intenso fluxo de trabalhadores assalariados e pelo comércio de matérias-primas e manufaturados. A concentração de pessoas nas cidades, atraídas pela indústria, exigiu avanços no transporte para atender à crescente demanda de trabalhadores e mercadorias. A evolução das ferrovias e rodovias reduziu significativamente o tempo de produção e distribuição de produtos industrializados.

O processo de globalização e a divisão internacional do trabalho, intensificados após a Segunda Guerra Mundial, trouxeram preocupações com a infraestrutura em países subdesenvolvidos. Embora houvesse necessidade de investimentos, o alto custo de construção de ferrovias demoraria a trazer retorno. A solução encontrada foi o uso de veículos automotores e rodovias, impulsionados pelo modelo fordista, e as multinacionais passaram a realizar investimentos com retorno mais rápido. Esse cenário distorceu o crescimento natural das cidades, como visto na Idade Média com os comerciantes ao redor dos burgos, tornando os produtos mais acessíveis à população.

Nos países subdesenvolvidos, o crescimento urbano foi acelerado pela oferta de produtos a preços baixos, forçando a expansão sem o devido planejamento. Isso resultou em concentração de renda e aumento da desigualdade. No Brasil, essas consequências foram amplificadas devido às suas dimensões continentais e às diferenças regionais, levando a padrões de desenvolvimento desiguais. Paul Krugman, ao introduzir a Teoria Centro-Periferia, enfatiza a importância do planejamento econômico com base nas características

regionais, ligações de mercado, mão de obra disponível e comércio internacional. Para Krugman (1998), a Nova Geografia Econômica considera equilíbrios espaciais, onde indivíduos escolhem locais para maximizar seu bem-estar, levando em conta a distribuição territorial da população e a interação entre oferta e demanda (DA SILVA ESQUERDO, GIUBERTI, 2020).

Os semicondutores se tornam o ponto principal das políticas públicas sobre as necessidades regionais, pelo fato de facilitarem a identificação dos produtos como dados. Através das etiquetas de *RFID* (*Radio-Frequency Identification Tag*), que são pequenos dispositivos eletrônicos de identificação que transmitem a comunicação por meio de radiofrequência. Elas podem ser coladas a um produto, uma embalagem, um equipamento, e até mesmo colocadas em animais ou pessoas (SACOMANO, 2018). Essas etiquetas *RFID* fazem parte dos elementos complementares da Indústria 4.0, ou seja, o uso/existência desse produto não torna a Indústria 4.0. Porém, pode ser utilizado como forma de rastreamento de dados importantes para a reformulação e reordenação das indústrias, com base nos produtos consumidos (não necessariamente produzidos pela indústria nacional).

Atualmente, os semicondutores podem ser considerados como a “matéria-prima” das mercadorias industrializadas, com alto valor agregado. O *RFID* produzido pela CEITEC – representou 36% das vendas em 2019, facilita o controle do fluxo de produtos por toda a cadeia de suprimentos, permitindo tanto o seu acompanhamento desde a sua fabricação, até o ponto final da distribuição, quanto ao controle de estoque (CEITEC, 2020). Similares aos códigos de resposta rápida (*QR code – Quick Response code*), que já são utilizados da mesma maneira que os códigos de barra na maioria dos produtos. Essas tecnologias são acessíveis e podem adicionar valor a produtos de baixa tecnologia, produtos importados, e ao setor de serviços. As possibilidades tornam-se maiores para o planejamento econômico, visando as mudanças estruturais necessárias para a implementação da Indústria 4.0. Projetos a respeito do gerenciamento da oferta e demanda, reciclagem, planejamento urbano, são necessidades globais. O Brasil pode se beneficiar dos elementos estruturantes e complementares da Indústria 4.0, bem como criar serviços direcionados a ordenação do processo produtivo sem necessariamente depender da produção de capital físico referente à Indústria 4.0.

O Brasil possui um amplo horizonte para investimentos no setor de semicondutores por possuir a única empresa produtora de microeletrônica da América Latina, a CEITEC (Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada). A CEITEC é uma empresa vinculada

ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) que atua no segmento de semicondutores desenvolvendo soluções para identificação automática (*RFID* e *smartcards*) e para aplicações específicas. Criada em 2008, pela Lei de Criação nº 11.759<sup>1</sup> autorizada pela Câmara dos Deputados. Segundo o artigo 4º do Estatuto Social, a empresa pública “tem por função social a realização do interesse coletivo de desenvolver soluções científicas e tecnológicas que contribuam para o progresso e o bem-estar da sociedade brasileira.” Diante disso, a CEITEC tem por finalidade explorar diretamente a atividade econômica no âmbito das tecnologias de semicondutores, microeletrônica e de áreas relacionadas (CEITEC, 2023).

## **2.1. Indústria 4.0: Conceitos, Tecnologias e Perspectivas para o Futuro da Produção Industrial com a Globalização**

A Quarta Revolução Industrial vem sendo chamada de Indústria 4.0 e, pela primeira vez, não está sendo estudada após ocorrer. Trata-se de uma revolução dos processos de manufatura, tendo por base, entre outras tecnologias, os Sistemas Ciber-Físicos (*CPS*) e a Internet das Coisas (PEREIRA, DE OLIVEIRA SIMONETTO, 2018). O termo Indústria 4.0 vem ganhando destaque nos últimos anos em diversos setores da produção industrial. Entretanto, ao serem explicados os conceitos que constituem sua formação e introdução na cadeia produtiva, ocorrem interpretações erradas ou pré-concebidas, desconfianças e talvez bloqueios que são criados desnecessariamente. Alguns produtores e empresários erroneamente, por falta de informação a respeito do assunto, acreditam que com a indústria 4.0 será preciso colocar equipamentos/roteadores wireless por toda a fábrica como ocorre nas suas casas. Isso acontece por causa da ligação entre internet e sistemas sem fio que é feita de forma generalizada por grande parte da população mundial. A internet e sua distribuição evoluíram rapidamente desde sua vinda ao mundo social, desde os conceitos até os equipamentos associados para uso dela. Para explanar o primeiro ponto de análise desta seção será a internet, pois é o ponto principal da Indústria 4.0.

A tradução direta da palavra internet é a união de *international* (internacional) e *network* (rede), ou seja, a interligação entre todas as redes do mundo globalizado. Os computadores que fazem parte da rede podem enviar e receber informações restritas pelos

---

<sup>1</sup> A lei nº 11.759, de 31 de julho de 2008, autoriza a criação da empresa pública Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A – CEITEC e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2008/lei-11759-31-julho-2008-578734-norma-pl.html#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.759%2C%20DE%2031%20DE%20JULHO%20DE,Avan%C3%A7ada%20S.A.%20-%20CEITEC%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias>.

diferentes tipos de protocolo contidos na rede. Criada em 1957, durante a Guerra Fria entre a União Soviética e os Estados Unidos, a internet foi desenvolvida por pesquisadores militares dos Estados Unidos (SACOMANO; et al, 2018). A intenção dos pesquisadores era que informações não fossem perdidas durante um possível ataque às bases militares, por isso o sistema descentralizou a disseminação de informações. Dessa forma, a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (*ARPA – Advanced Research Projects Agency*) criou um sistema de rede semelhante à uma teia de aranha (figura 2). Para se proteger, caso uma base fosse atacada, as informações ainda estariam sendo compartilhadas com outras bases – o que também facilitava a troca e transmissão de dados dentro de uma rede de computadores. A rede foi nomeada como *Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)*. As informações eram divididas em pequenos pacotes sendo, então, enviados por caminhos diferentes, contendo cada pacote trechos da informação/dados, endereço do destinatário e informações para possibilitar a remontagem da mensagem original no destinatário (SACOMANO; et al, 2018).

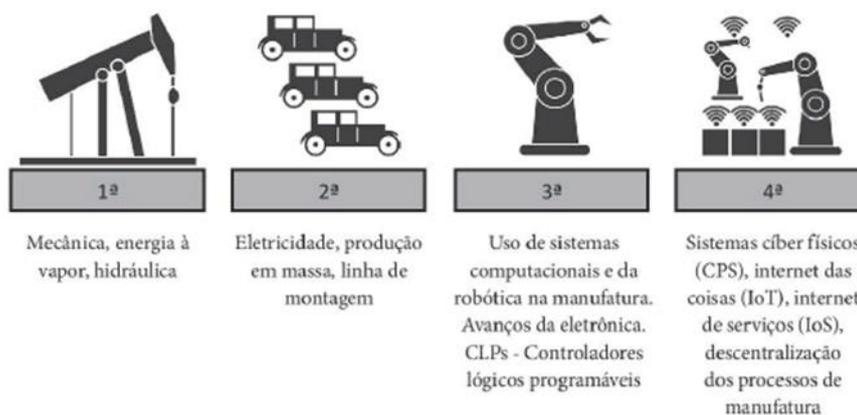
Considerando o processo produtivo na Indústria 4.0, as máquinas, equipamentos, sensores, atuadores etc., se interligam e trocam informações em tempo real. Com isso é possível manipular dados com o intuito de aumentar a produtividade, prever manutenções, diagnóstico de nível de produção ou de capacidade produtiva da planta industrial. Esses dados adquiridos e trocados dentro do sistema com a interface homem-máquina podem driblar os entraves que surgem no processo produtivo. Por exemplo, caso haja uma máquina reserva ociosa e a máquina que está sendo utilizada estrague, através dos sensores e atuadores, a troca dessa máquina estragada ocorre automaticamente. Ao mesmo tempo, o setor de manutenção é acionado para reparar o problema, que pode ser encontrado rapidamente com diretrizes sobre o local, tipo de problema (mecânico, eletrônico ou de erro no processo). Consequentemente, se torna mais fácil diminuir manutenções corretivas que atrasam o processo produtivo, diminui-se os gastos e aumenta-se a produtividade do trabalho humano.

As revoluções industriais trouxeram inovação na cadeia produtiva em diferentes níveis ao longo do desenvolvimento industrial, tanto em termos tecnológicos como organizacionais. A quarta revolução ou Indústria 4.0 será a consolidação de toda a inovação construída desde a primeira revolução através da Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), Internet dos Serviços (*Internet of Services – IoS*) e a análise de grande base de dados (*Big Data*). Portanto, a Indústria 4.0 chegará muito além de sistemas de controle, internet

nas fábricas, ou aquela velha teoria produtiva baseada na oferta, será a união de todos os setores da cadeia produtiva e consumidores em tempo real. As possibilidades produtivas serão baseadas nos interesses dos consumidores, o que traz de volta a customização de produtos e serviços que havia nas guildas de manufatura da Idade Média com a produção em larga escala, com os dados e sensores que permitirão que as empresas ofereçam serviços especializados em seus produtos.

Contudo, para que aconteça de forma eficiente será necessária uma mudança no sistema de ensino, de produção e serviços – o que remete a remanejamento de mão-de-obra constante, haverá demissões, mas não porque os humanos serão substituídos pelas máquinas. Novas profissões surgirão, que exigirão maior capacitação dos profissionais, maior contato entre os seres humanos porque a análise de redes sociais também precisará ser feita pelos próprios humanos que fazem parte da sociedade. Ao passo que os atores sociais estarão em constante contato com processos descentralizados, maior autonomia será dada para os trabalhadores avaliarem as máquinas, como também maior autonomia será dada para as máquinas substituírem a força física na cadeia produtiva. A figura logo abaixo mostra as inovações de cada revolução industrial:

Figura 1 - As inovações em cada fase das revoluções industriais



Fonte: SACOMANO et al (2018)

A automação industrial trouxe para a indústria integração em apenas uma fábrica, tal como uma ilha paradisíaca que para acessá-la era preciso uma navegação robusta e roteiro de viagem complexo – ou seja, alta tecnologia, alto investimento, planejamento a longo prazo e segregação dos equipamentos por causa das limitações dos investidores. Na indústria 4.0, a integração de toda a cadeia produtiva é primordial, então isso será uma forma de incentivo para os governos e economia investirem em mão-de-obra capacitada,

equipamentos com alta tecnologia e durabilidade. A união dessa rede de produção e as cadeias de distribuição (*Supply Chain*), não produzirão apenas coisas sem vida como houve nas outras revoluções industriais, mas também soluções sustentáveis e com maior tecnologia nos produtos. Os sensores que estarão inerentes a todas as mercadorias, trarão dados – de localização, quantidade de lotes vendidos que somados a outros tipos de dados permitiram uma rápida e dinâmica reconversão industrial.

A Indústria 4.0 assenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria (SACOMANO et al, 2018). Pereira e De Oliveira Simonetto, clarificam o conceito dos Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber-Physical Systems – CPS*) baseado em três hipóteses estabelecidas por Drath e Horch (2014) que dita a estrutura da Indústria 4.0. Basicamente a comunicação em tempo real da cadeia produtiva proposta facilitará a construção, manutenção e o funcionamento descentralizado na indústria. As máquinas, dispositivos, fábricas e os produtos passarão a armazenar dados mesmo fora da produção, portanto, funcionarão como atores dinâmicos do sistema produtivo. Ou seja, decisões a respeito do direcionamento da oferta e demanda serão mais flexíveis. Isso torna a distribuição dos produtos e consumo mais consciente, com políticas adequadas os atores econômicos poderão quantificar e qualificar quais regiões merecem atenção específica, seja de bens de consumo ou bens de capital.

Figura 2 - Sistemas Ciber-Físicos (CPS)



Fonte: SACOMANO et al (2018)

As fábricas inteligentes são acionadas e controladas remotamente, possuem um modelo virtual da linha de produção para que sejam feitos testes, otimizações no processo antes no modo virtual e logo após no modo físico. Essa estrutura permite a

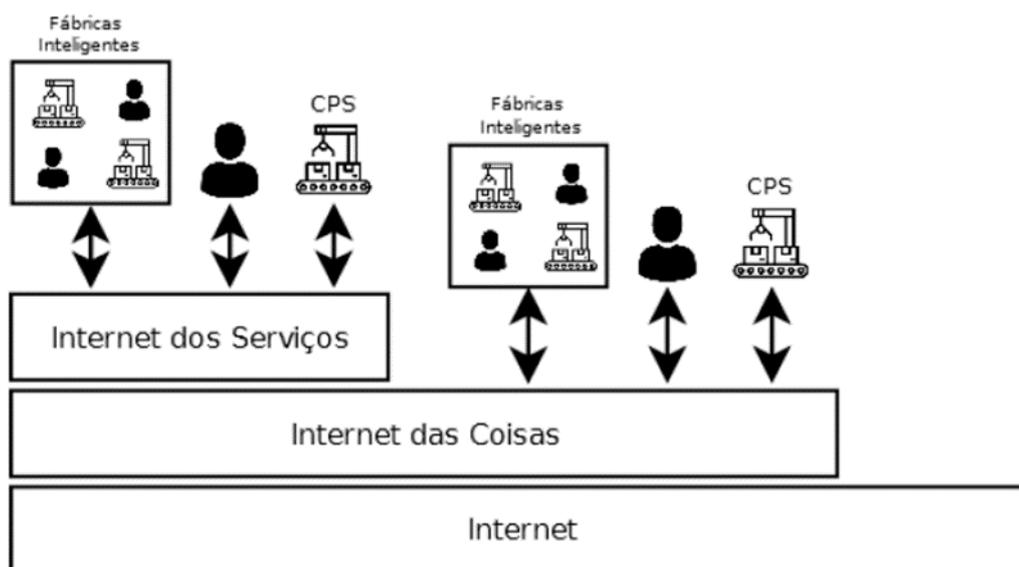
redução/neutralização dos problemas para que ocorra uma interação natural entre humanos e máquinas, e assim melhores condições de trabalho, eficiência produtiva e energética, e melhor qualidade da produção.

De acordo com a literatura, a Indústria 4.0 é composta por quatro componentes:

- Sistemas Ciber-Físicos;
- Internet das Coisas
- Internet de Serviços;
- Fábricas Inteligentes.

A integração desses quatro componentes inicia-se com os Sistemas Ciber-Físicos que virtualiza a parte física da indústria através dos dados armazenados e compartilhados simultaneamente pela Internet das Coisas. Assim, a interação entre objetos e indivíduos torna-se um organismo conectado pela internet. Já a Internet dos Serviços, coordena a oferta e demanda de serviços também pela internet. Dessa forma, quando esses três componentes se interligam, as fábricas se tornam inteligentes, pois a cadeia produtiva irá se tornar uma rede social que gerencia as necessidades do funcionamento do sistema entre, objetos, humanos e máquinas. Como mostra o esquema na figura abaixo:

Figura 3 - Estrutura da Indústria 4.0



**Fonte:** PEREIRA; DE OLIVEIRA SIMONETTO (2018)

Através dessa figura é possível notar a importância do humano para que o funcionamento da indústria seja correto e sem falhas. Nesse sentido, o trabalhador na

Indústria 4.0 não será substituído pelas máquinas, o trabalhador se torna o supervisor de operações. Tudo que se produz precisa ser analisado nos mínimos detalhes pelas máquinas e pelos indivíduos. Quando o processo produtivo se torna automatizado, várias problemáticas enfrentadas atualmente pelos trabalhadores industriais, são neutralizados. Principalmente nos países subdesenvolvidos, afetados pela infraestrutura precária, são neutralizados ou minimizados problemas como: o desgaste físico (pelo esforço sobre-humano, exposição a grandes variações de temperatura e ruídos), a exposição a produtos químicos e tóxicos, acidentes etc.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento (ABDI, 2017), para que o Brasil utilize a Indústria 4.0 para promover avanço tecnológico na manufatura é imprescindível a criação de um programa brasileiro de manufatura avançada. A partir disso as empresas precisam se desenvolver junto com as universidades e centros de pesquisa. Como a ideia da Indústria 4.0 nasceu na Alemanha, a formação de uma parceria com órgãos de apoio desse país serão via de investimento financeiro e transferência tecnológica que será benéfica para ambos os países. A estrutura da cadeia produtiva industrial brasileira ainda é muito atrasada, entre a segunda e a terceira revoluções industriais (PEREIRA; DE OLIVEIRA SIMONETTO, 2018).

Entretanto, é necessário pontuar que os dados gerados atualmente exigem atenção da parte produtiva, pois atualmente já demandam alto consumo de energia e água para resfriar o fluxo intenso de informações geradas pelos dispositivos. Chama-se de *big data* a massa de informações geradas por todo sistema, seja ele produtivo, comercial, marketing e outros, que precisa ser bem analisada, pois há riquezas de detalhes que podem significar o sucesso de qualquer empresa, desde que bem utilizados (SACOMANO et al, 2018). Além disso, os dados já são utilizados pelas grandes corporações de tecnologia, as *Big Techs*, como forma de moldar os padrões de consumo, influenciar nos costumes e na tomada de decisões políticas e econômicas dos países. Os países emergentes se tornam vulneráveis nesse sentido, pois os lucros referentes desse setor não retornam para os mesmos como forma de investimentos. A exportação de dados da população como “matéria prima digital” é um risco que pode tornar ainda mais desigual as economias emergentes.

### **3. CAPÍTULO 3 - NOVA INDÚSTRIA BRASIL (NIB): CONCEITOS E AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS DA POLÍTICA DE NEOINDUSTRIALIZAÇÃO COM BASE NA FORMAÇÃO INDUSTRIAL DO BRASIL**

Este capítulo visou realizar uma apresentação do programa Nova Indústria Brasil (NIB), os desafios e oportunidades perante a Quarta Revolução Industrial e o nível de preparação brasileiro em contexto mundial. Na seção 3.1 contextualizamos o nível atual da indústria brasileira, parte do seu processo de formação histórico e desenvolvimento da indústria. Na seção 3.2, pretendeu-se conceituar e avaliar os objetivos do projeto de neoindustrialização do Brasil, formulado pelo programa Nova Indústria Brasil (NIB), bem como ele se relaciona com às tecnologias da Indústria 4.0. Os subitens 3.2.1 e 3.2.2 expõem dois produtos criados pelo Observatório Nacional da Indústria que atuaram como ponte para a digitalização da indústria brasileira e agregadores de dados a respeito da inovação no Brasil. São eles: Monitor da Indústria 4.0 e Atlas da Inovação, respectivamente.

Na seção 3.3 deste capítulo, são apresentados os desafios e oportunidades referentes a neoindustrialização brasileira em relação a Quarta Revolução Industrial, a integração global e a transição energética. Entre os principais obstáculos observados estão a fraca infraestrutura tecnológica digital e comunicações, desigualdade social e climática, a desigualdade de acesso à tecnologia, a resistência cultural e a inadequação das instituições econômicas.

Por fim, a seção 3.4 apresenta uma avaliação sobre o nível de preparação do Brasil e do mundo para as tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. A análise crítica realizada discute como essas barreiras podem limitar os benefícios esperados, utilizando dados qualitativos e quantitativos para embasar essa avaliação. Portanto, para superar essas contradições e obstáculos, são necessárias políticas públicas específicas, investimentos estratégicos e reformas institucionais como sugere a implementação do NIB.

O desenvolvimento deste capítulo ocorreu através de uma análise documental, utilizando documentos oficiais, políticas públicas, estratégias governamentais e relatórios econômicos disponibilizados por instituições nacionais e internacionais. Essa análise visou avaliar o contexto atual das iniciativas voltadas para a Indústria 4.0 no Brasil, considerando a eficácia e o alcance das políticas implementadas. A análise dos dados possibilitou uma

visão abrangente das condições necessárias para que os investimentos no NIB resultem em desenvolvimento socioeconômico.

### **3.1. Contextualização da Indústria Brasileira**

O crescimento econômico sustentado está intrinsecamente ligado ao investimento intensivo na indústria desde a Primeira Revolução Industrial. Quando a produtividade se tornou fator importante para o desenvolvimento econômico, a mecanização das cadeias produtivas possibilitou maior especialização dos trabalhadores e das indústrias. Com o passar dos anos, e novas tecnologias foram inseridas na produção, o foco principal sempre foi o aumento da eficiência. Dessa forma, a geração e transmissão de energias foram fatores importantes para a diminuição dos custos de produção das indústrias. Os investimentos em infraestruturas cresceram paralelamente com o desenvolvimento econômico, devido a superação do sistema de produção baseado na agricultura, mão-de-obra artesanal para a indústria de transformação.

Segundo Furtado (2009), o subdesenvolvimento é um processo histórico autônomo, e não uma etapa pela qual, tenham, necessariamente, passado as economias que já alcançaram grau superior de desenvolvimento. Esse processo histórico acontece quando uma empresa capitalista, normalmente primário-exportadora, instala-se em um território no qual prevalece o sistema de produção pré-capitalista. O novo núcleo capitalista criado em uma velha estrutura, pode impactar significativamente na sociedade, pois os efeitos gerados no nível de emprego, salários e arrecadação de impostos não são quantificados de acordo com as necessidades da economia. O nível do salário real era e é determinado pelas condições de vida prevalentes na região onde se instalam as novas empresas, sem conexão precisa com a produtividade do trabalho na nova atividade econômica (FURTADO, 2009).

Nesse sentido, empresas capitalistas que são inseridas em uma economia arcaica como forma de promoção de crescimento econômico não são capazes de alcançar o resultado esperado. A política fiscal, ao tentar beneficiar o processo de industrialização na economia, realiza isenções fiscais para tornar mais atrativo para os investidores estrangeiros. Portanto, a renda aferida a empresa com os recursos naturais extraídos para serem exportados não retornam para o país de forma satisfatória a fim de continuar o processo de superação do antigo sistema de produção. Além disso, como o salário real é apenas baseado em valores médios acima do mercado pré-existente, gera uma oferta de mão-de-obra elástica, que nas diversas vezes apenas absorve uma parcela ínfima da população em idade para trabalhar (em

torno de 5%). Enquanto isso, aumenta-se a desigualdade de renda entre os assalariados, pois a maior parcela da população continua a trabalhar nos setores de baixa tecnologia. Da mesma forma, o padrão de consumo dos assalariados assume os novos níveis de salário impostos pela empresa capitalista estrangeira.

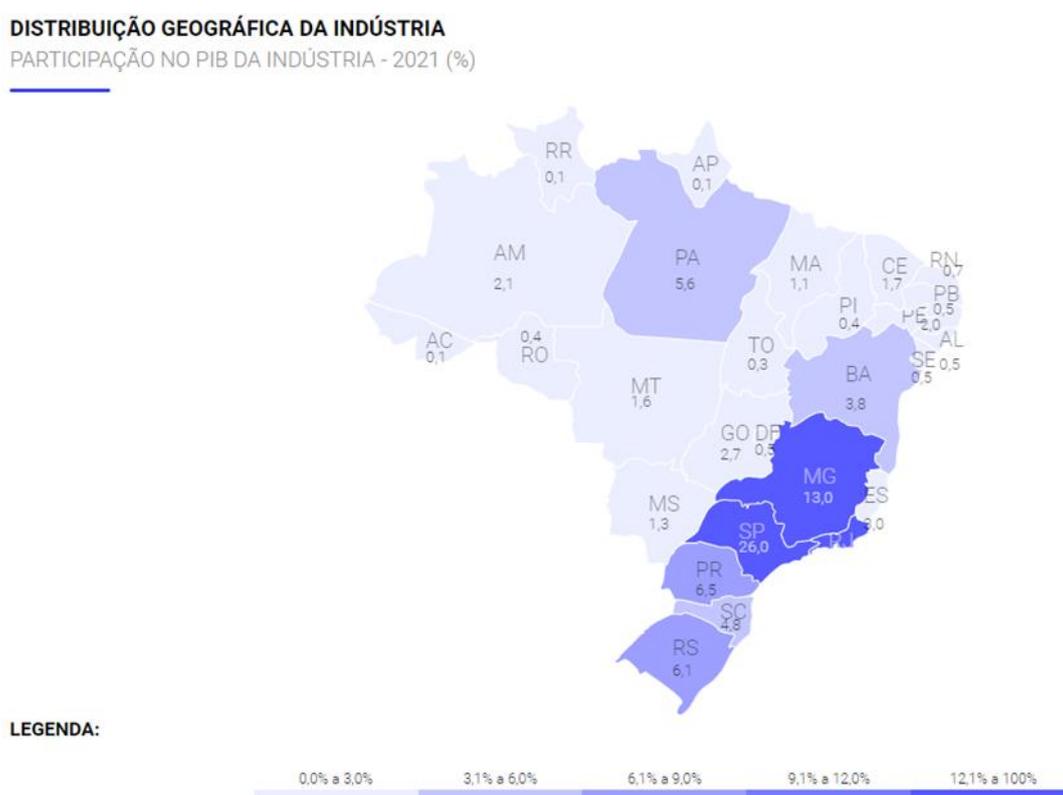
Portanto, tem-se uma ilusão de que o novo núcleo capitalista melhorou as taxas de crescimento populacional e econômico. Entretanto, como ocorrido nas primeiras etapas da Revolução Industrial, os custos de produção industrial precisam abaixar de forma considerável a fim de que haja total superação do sistema artesanal. Dado que ao mesmo tempo a economia arcaica passa obter melhores condições de importar produtos finalizados a custos de produção inferiores aos do sistema artesanal nacional, temos um problema gerado pela falta de investimento na inovação dos processos produtivos e da proteção da indústria nacional. Esse processo foi chamado de Teoria da Dependência Latino-americana pelos estruturalistas cepalinos. Durante o período desenvolvimentista da economia brasileira (1930-1980), as condições mundiais favoreceram o fortalecimento da indústria nacional com política de substituição de importações. Entretanto, o fim da Segunda Guerra Mundial e a reorganização dos países desenvolvidos com acordos comerciais e criação de organizações promotoras de desenvolvimento, criou-se uma onda de liberalismo econômico no mundo. Um dos principais setores focados pelo centro global foi a o setor automotivo e o consumo de combustíveis fósseis.

Segundo os dados do Perfil da Indústria Brasileira, a participação da indústria no PIB foi de 25,5% em 2023. Porém, a indústria está concentrada na região sudeste. Situação preocupante para economia brasileira, visto que as demais regiões têm um percentual muito baixo considerando a média nacional. Por outro lado, ao falarmos de Indústria 4.0, um dos principais pontos é a conectividade, entre consumidores, produtos, máquinas, fábricas e o mercado internacional. Desta maneira, a situação precária da infraestrutura geral no Brasil, apesar de ser um problema, permite uma reordenação da cadeia produtiva a fim de atender aos requisitos de funcionamento da Indústria 4.0.

Isso acontece justamente pela deficiência organizacional das cidades e estados no Brasil, a falta de infraestrutura de transportes entre os centros produtivos, na qual se constroem casas sem pensar nas possibilidades econômicas implicadas no aumento populacional da região. O investimento nas tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 em um primeiro momento, pode servir como forma de identificar a origem e o destino – através do

gerenciamento de dados e digitalização da cadeia produtiva – dos produtos feitos na estrutura industrial precária enquanto investimentos são direcionados para construção de novas fábricas inteligentes. O Brasil tendo a bioeconomia como uma vantagem em capital humano, pode se beneficiar desse conhecimento para proteger as áreas ambientais e aumentar sua vantagem comparativa no setor de energias renováveis, enquanto torna viável o desenvolvimento socioeconômico de regiões mais distantes de onde se concentra a industrial atual. A distribuição geográfica da indústria, mostra na imagem abaixo a desigualdade da participação industrial entre os estados:

Figura 4 - Distribuição Geográfica da Indústria Brasileira (2021)



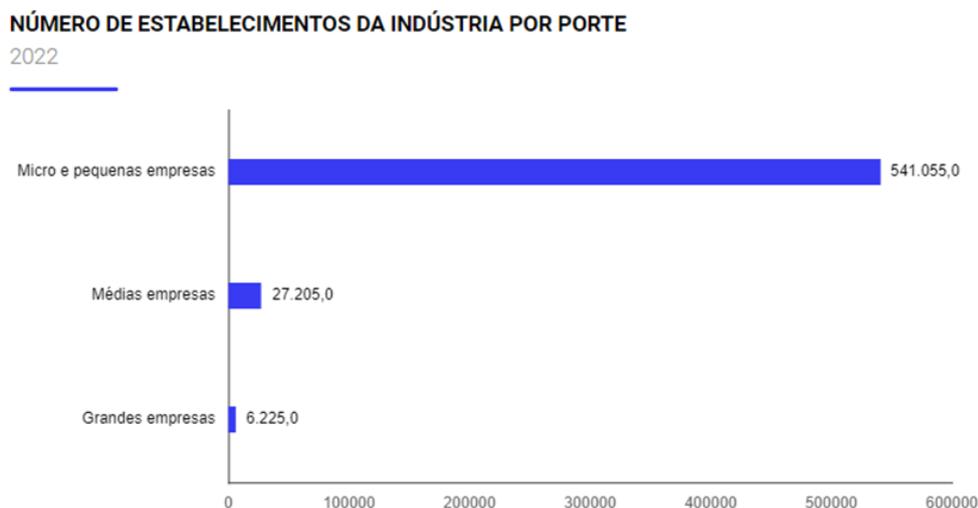
Fonte: Perfil da Indústria Brasileira (2024)

Ademais, a análise do Perfil da Indústria Brasileira também permite a caracterização empresarial da indústria brasileira por porte. Evidencia-se o domínio das Médias e Pequenas Empresas (MPEs) na estrutura produtiva brasileira, similar a estrutura produtiva europeia que passou por uma desindustrialização dos setores de baixa tecnologia. Por isso é um setor importante capaz de direcionar os esforços das grandes empresas na promoção do aumento da produtividade e eficiência com a análise de dados. Segundo Santos et al (2018), existe uma necessidade identificada de facilitar a transição das MPEs para o paradigma da Indústria 4.0, de forma a aumentar a sua integração em cadeias de valor digitais

(globais), promovendo a adoção de serviços digitais especializados e aumentando a recolha de dados para monitorar a produção.

Portanto, para que o Brasil se insira na Indústria 4.0, não se trata apenas de melhora na infraestrutura básica, industrial e de transportes, mas também na parte de gestão de processos, manutenção e adequação. Segundo o programa Indústria-2027, existem três grupos de MPEs no Brasil: MPEs inovadoras; MPEs capazes de evoluir para a fronteira de eficiência produtiva; e, MPEs defasadas do ponto de vista da digitalização. Um estudo realizado em 2017 para o programa identificou que 75,6% das MPEs da amostra analisada se encontrava nas gerações tecnológicas 1.0 e 2.0 pertinentes à evolução dos processos de automação da manufatura. Além disso, essas MPEs tinham 75% de probabilidade de serem de menor porte, com baixa capacitação em engenharia e gestão, e, precisavam de planos de digitalização e de automação. Em 2022, as MPEs representavam 58,7% da participação no emprego formal da indústria.

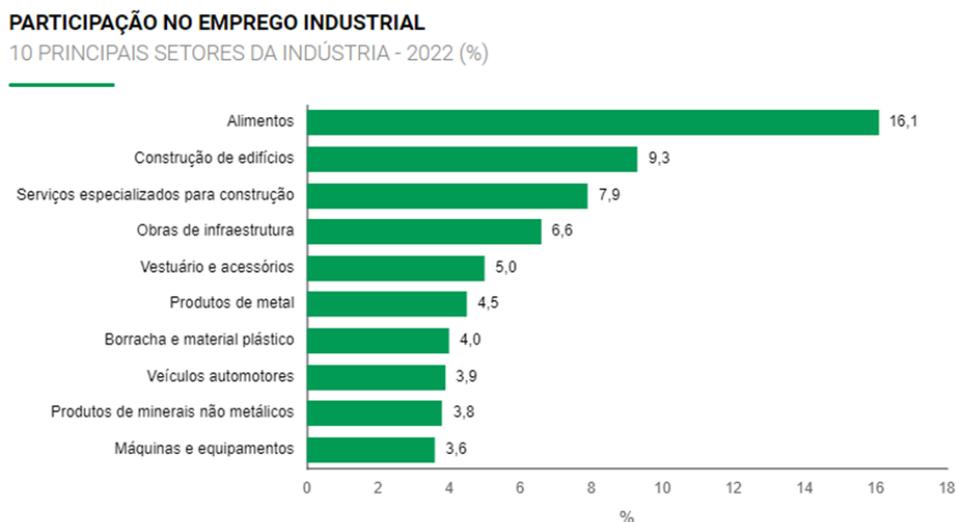
Figura 5 - Número de estabelecimentos da Indústria por porte (2022)



Fonte: Perfil da Indústria Brasileira (2024)

Segundo o Perfil da Indústria Brasileira (2024), a participação no emprego industrial em 2022 mostra que o setor de alimentos foi o que mais empregou no Brasil com 16,1%, o segundo lugar, setor de construção de edifícios teve apenas 9,3% na participação.

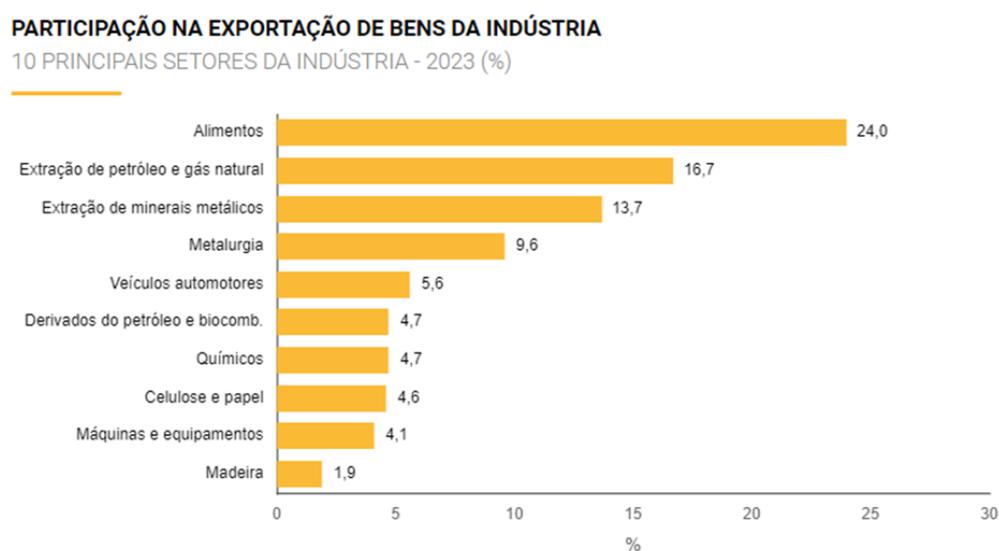
Figura 6 - Participação no Emprego Industrial - 10 Principais Setores da Indústria no Brasil (2022)



Fonte: Perfil da Indústria Brasileira (2024)

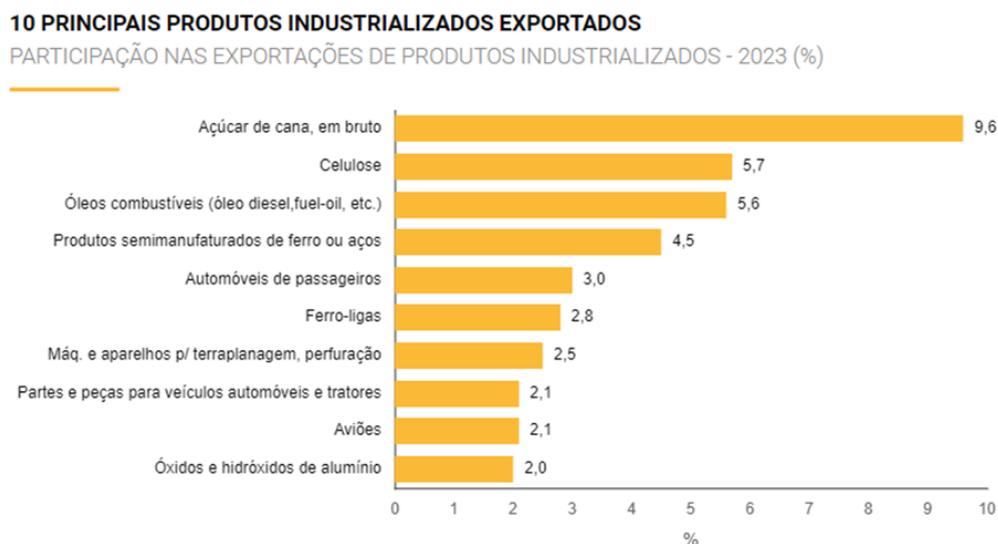
Esse dado é importante para mostrar que o desenvolvimento industrial ainda está ligado ao agronegócio-exportador, visto que o setor de alimentos também foi o setor com maior taxa de participação nas exportações brasileiras de 2023. Ou seja, o Brasil precisa fazer investimentos no aumento da complexidade da produção, pois o principal produto exportado, em 2023, foi o açúcar de cana (9,6%). Por outro lado, o setor que mais investiu em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), em 2021, foi o setor de veículos automotores (16,8%), o setor de alimentos (4,9%).

Figura 7 - Participação na exportação de bens da indústria brasileira (2023)



Fonte: Perfil da Indústria Brasileira (2024)

Figura 8 - Participação nas exportações de produtos industrializados (2023)



Fonte: Perfil da Indústria Brasileira (2024)

Doré (2022) destaca que as principais influências no crescimento Brasil são: instabilidade macroeconômica, comércio internacional, capital humano, pesquisa e inovação, mudanças estruturais e instituições (leis, cultura e política). De acordo com a literatura a respeito de crescimento econômico e desenvolvimento, a industrialização é a melhor forma de se promover melhora das condições de produção e trabalho de uma nação. O motivo para isso é o ganho de produtividade adquirido com a mecanização da produção, na qual se estabelece a divisão do trabalho que favorece a especialização dos trabalhadores e conseqüentemente, o aumento do valor adicionado das mercadorias.

Dessa forma, o crescimento econômico gerado com a industrialização de economia gera externalidades positivas relacionadas a investimentos de infraestrutura (rotas de transporte, saneamento básico, eletrificação), de pesquisa e desenvolvimento (criação de escolas, centros de educação técnica, universidades), e saúde pública. (NASSIF; FEIJÓ; ARAÚJO, 2019; ATOLIA ET AL, 2018; FURTADO, 2009; BRESSER-PEREIRA, 2008; CHANG, 1994)

Entretanto, a divisão internacional do trabalho aliada aos ganhos desproporcionais das empresas multinacionais gera dependência tecnológica no mercado global. Isso por causa das trocas desiguais que acontecem entre países subdesenvolvidos e altamente desenvolvidos. O processo de industrialização precisa ser repensado para além das necessidades produtivas de uma economia, pois, a desigualdade e a concentração de renda limitam a população dos países deficientes tecnologicamente. Portanto, políticas públicas a

respeito do desenvolvimento socioeconômico da população no longo prazo devem estar conectadas com o processo de crescimento econômico no curto prazo. O Brasil da Era Desenvolvimentista (1930-1980) é um exemplo de como o crescimento econômico sem reformas sociais, concentra a riqueza em uma parcela da população de uma maneira que prejudica todo o avanço realizado, causando retrocesso da economia.

Nesse sentido, a neointustrialização voltada para a Indústria 4.0 deve ser o foco para o Brasil como um instrumento de prevenção daquilo que ocorreu nas fases anteriores das revoluções industriais. Veja bem, a conectividade da Indústria 4.0 permite um maior controle da demanda e oferta da produção industrial baseada nos dados específicos das sociedades. Dessa maneira, em um certo momento de evolução produtiva, as indústrias terão a capacidade de suprir todos os desejos dos consumidores como acontecia com os produtores artesanais. A qualidade toma o lugar da quantidade, visto que as indústrias poderão produzir de forma mais eficiente, evitando maiores gastos que possam elevar o custo marginal. Em um mundo globalizado, onde impera o domínio das multinacionais com alta concentração de mercado, quando essas empresas se unem a capacidade de absorver e analisar dados das *Big Techs*, temos a possibilidade eminente de um redirecionamento do mercado para a imposição de produtos personalizados em tempo real com custos de produção inalcançáveis para os países tecnologicamente deficientes.

Isto posto, a produção dos bens de capital para Indústria 4.0 passa a ser uma possibilidade para o Brasil superar o subdesenvolvimento econômico, através da reindustrialização da cadeia produtiva. A transição industrial já está ocorrendo de forma gradual nos países altamente desenvolvidos, entretanto, as incertezas acerca do retorno dos investimentos nas tecnologias que compõem a estrutura da Indústria 4.0 diminuem a velocidade na qual essa transição é feita. Conforme o nível de desenvolvimento tecnológico atual de um certo setor industrial, de uma certa economia, os investimentos financeiros podem ter disparidades incompatíveis com a capacidade financeira das empresas que compõem o setor, portanto, para que aconteça inovação no setor industrial será necessária uma utilização/absorção eficiente dos Investimentos Estrangeiros Diretos (IED) no país. Considerando a competição imperfeita do sistema capitalista, as economias subdesenvolvidas que têm um sistema financeiro dependente de financiamentos estrangeiros para realizar a convergência de tecnologias.

Caso as instituições econômicas consigam alocar os recursos de forma eficaz na cadeia produtiva mundial, os resultados podem ser benéficos para os países. Por exemplo, quando o Brasil recebeu investimentos dos Estados Unidos da América no período pós-Segunda Guerra Mundial, diversas instituições foram criadas para promover melhores investimentos na indústria nacional, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) – atual Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) – e as superintendências regionais – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO), Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul (SUDESUL). Devido a influência da teoria keynesiana na criação de políticas econômicas e teorias de desenvolvimento em todo o mundo, a conclusão da época foi de que para a expansão da renda com foco no crescimento econômico, o governo precisaria ser o ator principal de investimentos com os gastos públicos, devido a insuficiência de investimento dos empresários. Pois, de acordo com a equação postulada por Dornbusch, Fischer e Startz (2013), a renda de um país é definida pelo consumo dos habitantes, o investimento dos empresários, os gastos do governo e o saldo de exportações e importações (PORTUGAL; SILVA, 2020).

A decisão de investir nas tecnologias da Indústria 4.0 guiadas apenas pelos critérios econômicos e financeiros podem ser arriscados, pois mostra apenas uma visão parcial a respeito das consequências, sejam elas esperadas, desejadas ou indesejadas (ALMEIDA et al, 2023). Segundo Almeida et al, os investimentos relacionados à Indústria 4.0 devem ser separados em três tipos: Investimentos estratégicos ou estruturantes, investimentos para criação de valor, e investimentos paralelos. O motivo para tal é que as tecnologias da Indústria 4.0 são interligadas, portanto, alguns investimentos com baixo retorno financeiro ou econômicos precisam ser feitos antes para criar uma infraestrutura que gerará esse tipo de investimento no futuro.

Em 2021, a Associação das Nações do Sudeste Asiático (ASEAN), afirmou que a importância da Indústria 4.0 para o desenvolvimento econômico e transformação industrial como forma de permanecer com participação efetiva nas cadeias globais de valor e o quanto o investimento estrangeiro direto tem sido um ponto chave para criar planos nacionais a introdução da Indústria 4.0 nos países da associação. Apesar da queda de investimentos por causa da pandemia global em 2020, os Investimentos Estrangeiros Diretos (IED) realizados

no setor manufatureiro da ASEAN cresceram de 29 bilhões de dólares em 2010 para 62 bilhões de dólares em 2018.

Segundo a associação, os investimentos foram motivados pelas características dos países do território, como: a divisão regional do trabalho, crescimento econômico e industrial, integração, baixo custo de mão de obra, e, os incrementos realizados no ecossistema industrial. Dessa forma, os estados membros da ASEAN criaram um plano de implementação da Indústria 4.0 para encorajar investimentos estrangeiros diretos e incentivar o desenvolvimento na indústria de manufatura com a adoção de tecnologias digitais (ASEAN, 2018). O plano é semelhante aos planos brasileiros, Indústria 2027, e o projeto criado em 2024, Nova Indústria Brasil (NIB).

### **3.2. Nova Indústria Brasil (NIB)**

A resolução CNDI/MDIC nº 1<sup>2</sup> aprovou em 2023 a Nova Indústria Brasil (NIB)<sup>3</sup>, uma política de neointustrialização implementada pelo governo federal com objetivos a serem alcançados até 2026. Serão destinados 300 bilhões de reais, além de novos instrumentos de captação, como a Linha de Crédito de Desenvolvimento (LCD) e um arcabouço de novas políticas – como o mercado regulado de carbono e a taxonomia verde. O processo de construção da nova política industrial brasileira concentra outros programas dentro do escopo da NIB. Foram destinados 2 bilhões de reais para o programa Brasil Mais Produtivo, que investe na transformação digital de micro, pequenas e médias indústrias; para o Mais Inovação Brasil, 60 bilhões de reais para financiamento de inovação da indústria brasileira. Além disso foram criados os programas: Mover (Mobilidade Verde e Inovação), que aumenta exigências de sustentabilidade na cadeia automotiva; e, o Depreciação Acelerada, para a renovação do parque industrial brasileiro.

A NIB foi desenvolvida através de discussões no Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) e baseia-se em três premissas:

---

<sup>2</sup> A resolução CNDI/MDIC nº1/2023, que propõe nova política industrial, com a finalidade de nortear as ações do Estado Brasileiro em favor do desenvolvimento industrial, foi republicada no Diário Oficial da União de 20/05/2023, Edição 137, Seção 1, pág. 16. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-cndi/mdic-n-1-de-6-de-julho-de-2023-\\*-497534395](https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-cndi/mdic-n-1-de-6-de-julho-de-2023-*-497534395)

<sup>3</sup> Plano de ação da Nova Indústria Brasil (NIB) – 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/brasil-ganha-nova-politica-industrial-com-metas-e-aco-es-para-o-desenvolvimento-ate-2033>; Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>

1. O fortalecimento da indústria é fundamental para o desenvolvimento sustentável do Brasil em aspectos sociais, econômicos e ambientais;
2. O Brasil enfrenta um processo de desindustrialização precoce desde os anos 1980, com a primarização da economia e a fragilização das cadeias produtivas;
3. As exportações brasileiras concentram-se em produtos de baixa complexidade tecnológica, limitando os ganhos no comércio internacional.

A NIB é uma política de longo prazo e integrada vários ministérios e agências, coordenação de diversos instrumentos (financeiros, regulatórios, compras públicas, entre outros), com foco em três objetivos principais:

- i. Estimular o progresso técnico para aumentar a produtividade e competitividade nacional, gerando empregos qualificados;
- ii. Aproveitar as vantagens competitivas do país;
- iii. Reposicionar o Brasil no comércio global.

A neindustrialização da cadeia produtiva brasileira foi formulada com base em políticas orientadas por missões que visam melhorar diretamente o cotidiano das pessoas. Estimular o desenvolvimento produtivo, tecnológico e a inovação em diversos setores e agentes. Orientar investimentos, engajando e criando confiança entre os setores público, privado e o terceiro setor. Promover transformações econômicas e sociais para superar os desafios do desenvolvimento no Brasil. Dessa forma, para atingir tais objetivos que buscam beneficiar a sociedade brasileira, a NIB é estruturada em seis missões:

- Missão 1: Cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética. Planeja-se para a agricultura familiar, aumentar a porcentagem de mecanização dos estabelecimentos de 18% para 70% até 2030, com uma previsão de 95% das máquinas sendo produzidas nacionalmente. Entre as prioridades dessa missão estão, a fabricação de equipamentos para agricultura de precisão, máquinas agrícolas para a grande produção, ampliar e otimizar a capacidade produtiva da agricultura familiar para a produção de alimentos saudáveis;
- Missão 2: Complexo econômico industrial da saúde resiliente para reduzir as vulnerabilidades do Sistema Único de Saúde (SUS) e ampliar o acesso à

saúde. A meta para a saúde é ampliar a produção no país de 42% para 70% das necessidades nacionais em medicamentos, vacinas, equipamentos e dispositivos médicos;

- Missão 3: Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades. A meta para essa missão é reduzir em 20% o tempo de deslocamento das pessoas de casa para o trabalho – em média, 4,8 horas semanais para o país. O foco será a eletromobilidade, na cadeia produtiva de baterias e na indústria metroferroviária, além do investimento em construção civil digital e de baixo carbono;
- Missão 4: Transformação digital da indústria para ampliar a produtividade. A meta é de aumentar a quantidade de empresas digitalizadas de 23,5% para 90% e triplicar a participação da produção nacional nos segmentos de novas tecnologias. O que torna prioritário o investimento na Indústria 4.0, no desenvolvimento de produtos digitais e na produção nacional de semicondutores;
- Missão 5: Bioeconomia, descarbonização e transição, e, segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras. Para essa missão espera-se ampliar em 50% a participação dos biocombustíveis na matriz energética de transportes, que atualmente representam 21,4%. Aumentar o uso da biodiversidade pela indústria, redução de 30% das emissões de carbono da indústria nacional que está em 107 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por trilhão de dólares produzido. São áreas prioritárias para a transformação ecológica da indústria a produção de bioenergia e de equipamentos para geração de energia renovável;
- Missão 6: Tecnologias de interesse para a soberania e defesa nacionais. A meta é a pretensão de alcançar autonomia na produção de 50% das tecnologias críticas de maneira a fortalecer a soberania nacional. Com ações prioritárias voltadas ao desenvolvimento de energia nuclear, sistemas de comunicação e sensoriamento, sistemas de propulsão e veículos autônomos e remotamente controlados.

O financiamento citado na CNDI/MDIC nº 1 de 300 bilhões para serem realizados até 2026, serão geridos por instituições como: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP); e, Empresa

Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII). Disponibilizados por meio de linhas específicas, não reembolsáveis ou reembolsáveis, e recursos por meio de mercado de capitais, em alinhamento aos objetivos e prioridades das missões para promover a neoindustrialização nacional.

A NIB usará compras públicas para impulsionar setores estratégicos da indústria nacional através de dois decretos que foram assinados pelo presidente Lula:

1. Prioridade na compra de produtos nacionais em áreas como transição energética, economia de baixo carbono e mobilidade urbana, nas licitações do Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). A Comissão Interministerial de Inovações e Aquisições do PAC (CIIA-PAC) definirá os produtos e serviços beneficiados, considerando as prioridades da NIB e a capacidade produtiva brasileira;
2. A criação da Comissão Interministerial de Compras Públicas (CICS), que aplicará critérios para priorizar produtos manufaturados nacionais e sustentáveis, visando gerar empregos, fortalecer a indústria e promover inovação. A CICS analisará propostas para usar compras públicas como ferramenta de desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Além disso, espera-se que haja melhoria do ambiente de negócios por parte da NIB para enfrentar os desafios do setor produtivo e assim aumentar a produtividade e competitividade das empresas brasileiras, com o foco na redução do Custo Brasil, estimado em 1,7 trilhão de reais por ano pelo Movimento Brasil Competitivo (MBC) em parceria com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

Dessa forma, o investimento na Indústria 4.0 é fundamentado no direcionamento eficaz dos recursos para setores tecnologicamente deficientes da economia brasileira, o maior foco do plano de ação da Nova Indústria Brasil. Entretanto, esses investimentos financeiros significam riscos para os empresários privados, principalmente considerando que maioria das empresas brasileiras são MPEs. Portanto, as políticas institucionais do Brasil são extremamente importantes para que essa oportunidade de emparelhamento com as economias industrializadas aconteça.

Nesse sentido, foi criado Observatório Nacional da Indústria pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), com a pretensão de ser o maior *hub* de dados da indústria

brasileira e fornecer inteligência estratégica para todo o complexo ecossistema industrial brasileiro. A plataforma oferece uma visão abrangente e de longo prazo das transformações globais, posicionando a indústria brasileira em relação a outros países. Através de algoritmos, indicadores e ferramentas como dashboards, relatórios, visualizações de dados e *big data*, o Observatório transforma dados em informações úteis para fortalecer a indústria. Além disso, suas informações serão apresentadas no metaverso e em uma Sala de Situação equipada com recursos audiovisuais para uma experiência imersiva.

O Observatório Nacional da Indústria tem três pilares, que definem toda a orientação estratégica e são a base de desenvolvimento de todos seus produtos e inteligência:

- **Prospectiva:** É a metodologia voltada para a compreensão do futuro e a definição de rumos e estratégias organizacionais. Essa visão permite antecipar ameaças ou oportunidades com o intuito de atingir os objetivos estratégicos da organização. Através da Prospectiva é possível criar estudos e tendências, projeções, cenários e novas rotas tecnológicas para a indústria brasileira.
- **Big Data:** São dados, vindos de diferentes bases pré-selecionadas por especialistas de vários setores do ecossistema industrial, passam por uma rigorosa metodologia de governança e arquitetura da informação. Esse processo de inspeção, limpeza, transformação e modelagem de dados tem o objetivo de descobrir informações úteis, apresentar conclusões e apoiar a tomada de decisões e dar subsídios a negócios e defesa de interesse.
- **Rede Colaborativa:** Fundamenta-se no princípio de que a inteligência coletiva é superior às iniciativas individuais. Através da troca de informações e conhecimento, cria-se uma malha interconectada que se conecta a outras redes ainda maiores e mais complexas. Essas redes fornecem dados e inteligência de forma complementar ao Observatório Nacional da Indústria.

O Observatório possui seis eixos iniciais, sendo grandes grupos temáticos que estruturam os produtos e a produção de conhecimento estratégico para a indústria do país. Esses eixos temáticos são: Saúde; Tecnologia e Inovação; Futuro da Indústria; Trabalho; Educação e Macrossetorial. Atualmente, o Observatório Nacional da Indústria possui 16 Produtos de Inteligência, que são resultados de análise e do processamento de dados e de informações originados a partir de problemas e sistemas complexos:

- Atlas da Inovação;
- *Big Data* da Indústria: Serviço de Dados;
- Cadeias Agroindustriais;
- Futuro da Indústria: Confeção de Vestuário;
- Futuro da Indústria: Logística.
- *HUB* da Inovação: Grafeno;
- Indústria 4.0: Automação e Digitalização;
- Inteligência Setorial;
- Mapa da Saúde;
- Mapa do Complexo Econômico da Saúde;
- Monitor da Indústria 4.0;
- Monitor do Emprego;
- Painel de Demanda x Oferta;
- Prospectiva: Setor Automotivo;
- Simulador de Impacto na Margem Equatorial;

Para os objetivos desta monografia, dois produtos serão aprofundados: Monitor da Indústria 4.0 e Atlas da Inovação.

### **3.2.1. Monitor da Indústria 4.0**

O estudo “Monitor da Indústria 4.0 – Automação e Digitalização” foi realizado com o objetivo de sanar dúvidas a respeito da Quarta Revolução Industrial como: a adaptação do mercado para as novas tecnologias; o impacto da Indústria 4.0 nas negociações internacionais; quais setores utilizam essas novas tecnologias; e como os países estão se enquadrando à nova era industrial. A proposta por trás deste produto do Observatório Nacional da Indústria é trazer maior clareza e perspectivas sobre os caminhos da Indústria 4.0. O objetivo principal é subsidiar a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) com informações sobre o panorama do desenvolvimento e difusão das tecnologias de automação e digitalização associadas à Indústria 4.0 no mundo. Para isso, o estudo foi baseado nas seguintes perspectivas:

- Regiões, tecnologias mais comercializadas, principais players e principais fornecedores;

- Ações de instituições públicas ou privadas tomadas por países para incentivar a difusão das tecnologias da Indústria 4.0 em suas indústrias e empresas, e dessa forma o Brasil pode tomar como base para a proposição de ações semelhantes ou adaptadas para a difusão em território nacional;
- Parâmetros de comparação entre a evolução dessas tecnologias no Brasil e outros países.

Assim sendo, o Monitor da Indústria 4.0 contribui para a proposições de ações, implementadas pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), modernização de setores industriais brasileiros comparando-os com a evolução dos concorrentes internacionais, junto aos órgãos governamentais e de financiamento responsáveis. Elaboração de insights para ações do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) sobre a oferta de serviços de tecnologia e inovação, de modo a auxiliar as empresas industriais brasileiras no processo de aquisição e uso dessas novas tecnologias, tomando como referência as que estão sendo mais consumidas no mundo, além das novas dinâmicas no setor de serviços e formação profissional. O Monitor também disponibiliza alertas aos Departamentos Regionais para a premência e urgência no desenvolvimento de serviços, em relação à evolução do mercado da Indústria 4.0 e o estágio evolutivo da indústria nacional. Como também para a atualização de profissionais dos setores envolvidos na transição tecnológica, sejam eles novos ou atuais, com perfis adequados à modernização tecnológica e desenvolvimento de produtos e de processos.

De acordo com o Relatório do Monitor da Indústria 4.0, o mercado global da Indústria 4.0 foi avaliado em 119,8 bilhões de dólares em 2022. A projeção é de atingir 354,6 bilhões de dólares até 2028, com uma taxa de crescimento anual composto (*Compound Annual Growth Rate - CAGR*) de 19,8%. Devido às possibilidades de ganhos de eficiência produtiva, redução do consumo de energia e de gastos com a manutenção de maquinário, estima-se que a adoção de conceitos da Indústria 4.0 na matriz produtiva brasileira poderá gerar uma economia de 73 bilhões de reais por ano no país. A análise de mercado feita pelo estudo baseado nas Forças de Porter, mostra que a alta rivalidade competitiva é composta por: ameaça de novos participantes é baixa, não há ameaças de substitutos, o poder de barganha dos compradores é moderadamente alto, e, o poder de barganha dos fornecedores é moderado.

Na análise do mercado da Indústria 4.0 pelo Monitor, as seguintes áreas da tecnologia foram consideradas mais relevantes para averiguação: Internet Industrial das Coisas (*Industrial Internet of Things – IIoT*), robótica industrial, Inteligência Artificial e *Machine Learning*, *Blockchain*, realidade estendida, Gêmeos Digitais (*Digital Twin*) e Impressão 3D. Os gastos globais com *IIoT* foram 62,1 bilhões de dólares em 2023, e estima-se que chegue até 148,5 bilhões de dólares em 2028. A evolução de dispositivos industriais e de consumidores conectados à *IoT* e *IIoT* com projeções até 2025 pode ser observada na imagem abaixo:

Figura 9 - Evolução do número de dispositivos conectados à *IoT* e *IIoT* - 2018 a 2025



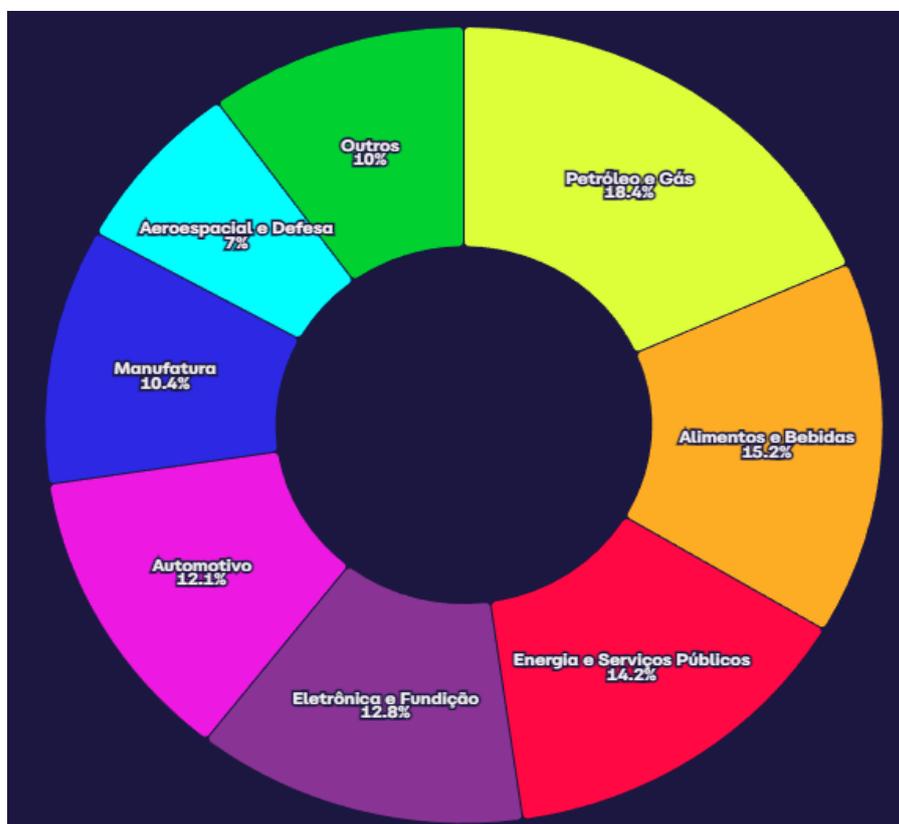
Fonte: Observatório Nacional da Indústria – Monitor da Indústria 4.0 (2024)

Na área de robótica industrial, foi observado a expectativa de crescimento nos gastos globais de 39,2 bilhões de dólares em 2023 para até 90,9 bilhões de dólares em 2028. A respeito da indústria de fabricação em 2019, a densidade, por país, de robôs instalados por 10 mil funcionários, foi maior na República da Coreia com 932, seguido por Singapura com 605, e, Japão com 390 robôs/10 mil funcionários. Enquanto no Brasil a densidade de robôs foi de apenas 9, a média mundial foi de 126. Em tecnologias de Inteligência Artificial e *Machine Learning*, a evolução esperada é de que os gastos passem de 7,9 bilhões de dólares em 2023, para até 20,5 bilhões de dólares em 2028. Além disso, em uma pesquisa realizada pela *Mordor Intelligence* em 2020, foi estimado que a Inteligência Artificial pode contribuir com 3,7 trilhões de dólares para a indústria manufatureira até 2035. No caso da tecnologia de *blockchain*, a evolução dos gastos globais esperada é que passe de 1,9 bilhões de dólares em 2023 para 6,2 bilhões de dólares em 2028.

O Monitor da Indústria 4.0, identificou que existe grande expectativa no aumento de gastos com tecnologias relacionadas a realidade estendida. Com possível crescimento de 3,6 bilhões de dólares em 2023, para até 10,5 bilhões de dólares em 2028. Os gastos globais com a tecnologia de Gêmeos Digitais (*Digital Twin*), pode chegar até 13,8 bilhões de dólares até 2028, quase o triplo do valor observado em 2023, 5 bilhões de dólares. Efeito semelhante foi observado com os gastos globais com Impressão 3D, de 5,7 bilhões de dólares em 2023 para até 15,6 bilhões de dólares em 2028. Por fim, espera-se que os gastos globais com tecnologias genéricas relacionadas a Indústria 4.0 possam evoluir de 19,4 bilhões de dólares em 2023, para até 48,8 bilhões de dólares em 2028.

Os setores usuários das tecnologias da Indústria 4.0, segundo a participação na receita (%) por usuário final em 2022. Foram liderados pelos setores de Petróleo e Gás com 18,4, Alimentos e Bebidas com 15,2% e Energia e Serviços Públicos com 14,2%. A participação na receita (%), por regiões geográficas, em 2022 foi de: 34,1% Europa; 28,3% América Anglo-Saxônica; 24,4% Ásia-Pacífico; 7,2% América Latina; e, 5,9% Oriente Médio e África.

Figura 10 - Setores usuários das tecnologias da Indústria 4.0 (Participação na receita (%)) em 2022



Fonte: Observatório Nacional da Indústria – Monitor da Indústria 4.0 (2024)

Segundo o relatório do Monitor da Indústria 4.0, estima-se que a implementação de tecnologias ligadas à Internet das Coisas cause um impacto de 39 bilhões de dólares no PIB brasileiro até 2030. No Brasil, o ganho pode alcançar 210 bilhões de dólares, caso sejam criadas condições para acelerar a absorção das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Para que isso ocorra será preciso realizar melhorias no ambiente de negócios, na infraestrutura, programas de difusão tecnológica e aperfeiçoamento regulatório. Até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20%, e, aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%.

### **3.2.2. Atlas da Inovação**

Outro produto disponibilizado pelo Observatório Nacional da Indústria e uma importante ferramenta para o desenvolvimento de capital humano no Brasil é o “Atlas da Inovação<sup>4</sup>”. Uma plataforma online e interativa voltada para pesquisadores, profissionais e tomadores de decisão. Com mapeamento geográfico e dados de ativos de inovação, a ferramenta visa promover o desenvolvimento e a colaboração no setor de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). O Atlas da Inovação apoia atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação industrial (PD&I), incentivando a diversificação industrial e o desenvolvimento sustentável. Também oferece filtros setoriais e geográficos, permite a visualização de dados em gráficos, tabelas e mapas interativos, com conteúdo que se atualiza automaticamente.

De acordo com a plataforma, o objetivo é de ser uma fonte robusta para a consulta de indicadores relevantes relacionados à inovação, para assim contribuir para a compreensão e o aprimoramento do cenário da temática de inovação no setor industrial. Com o foco no desenvolvimento econômico e social, a acessibilidade de dados e conhecimento é necessária para gestão dos ativos de inovação, cruciais para impulsionar o estímulo à pesquisa. A estrutura institucional composta por governos, instituições de pesquisa, empresas desempenham papéis importantes na criação, preservação e utilização desses ativos de CT&I. Portanto, os principais objetivos são:

- Promover a colaboração entre os centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e a indústria;

---

<sup>4</sup> Plataforma Atlas da Inovação. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/observatorio-nacional-da-industria/produtos/atlas-da-inovacao/>

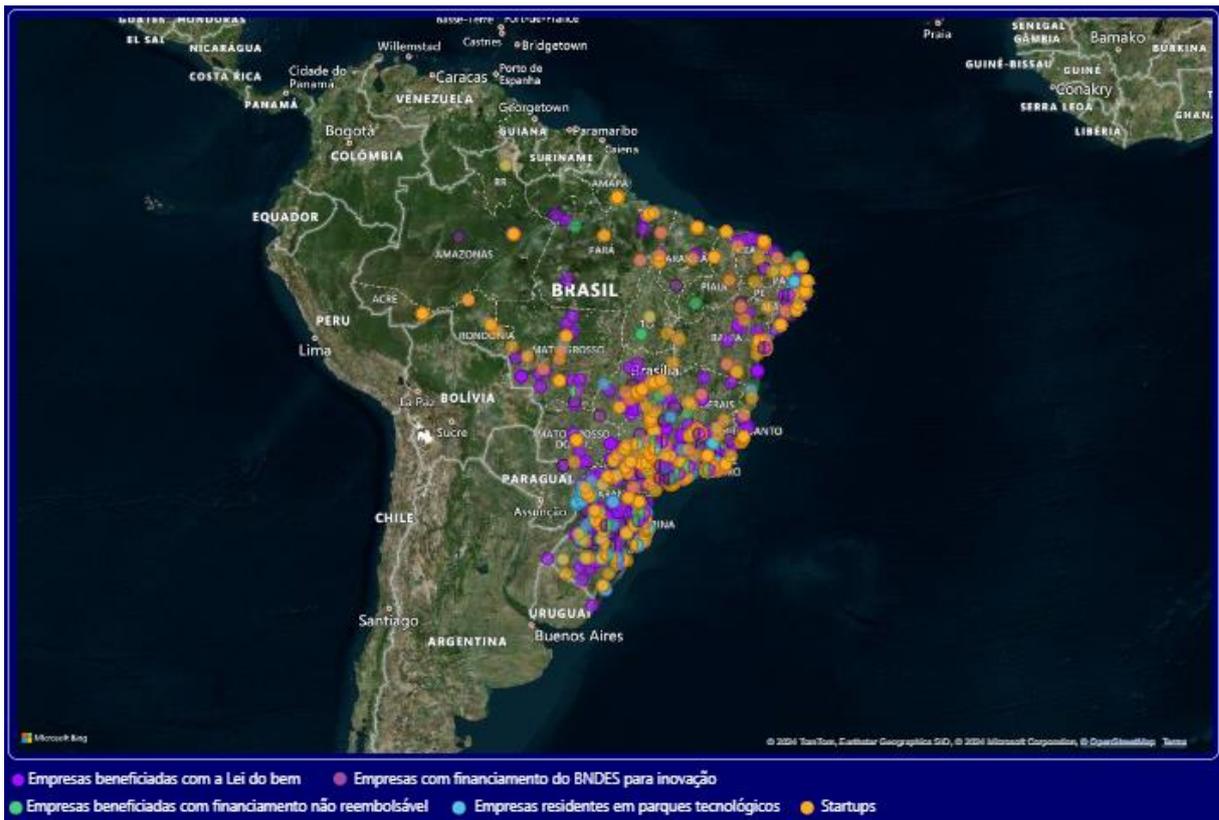
- Estimular a cooperação entre centros de CT&I e a indústria, potencializando frameworks de transferência tecnológica de propriedade intelectual;
- Fomentar a participação dos institutos SENAI de Inovação e Institutos SENAI de Tecnologia a partir da identificação das lacunas de CT&I para o desenvolvimento local;
- Identificar setores emergentes a partir dos ativos de conhecimento científico nas regiões brasileiras para subsidiar a prospecção de soluções;
- Otimizar estratégias estaduais e regionais de inovação e formulação de políticas públicas que visem à ampliação da oferta de CT&I.

O Atlas da Inovação reúne e faz o tratamento de dados dispersos em diferentes áreas de negócios, volume e barramento de informações e arquitetura de dados vigentes, disponibiliza a classificação de dados por setor econômico, buscas personalizadas através de filtros, informações detalhadas sobre cada ativo de CT&I, viabiliza a tomada de decisões com mais informações, visão abrangente do cenário de inovação em esfera regional. Os ativos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) referem-se a instituições, empresas ou recursos que atuam ou contribuem para o avanço da pesquisa científica e sua disseminação. É possível localizar no mapa digitalizado do território brasileiro através do georreferenciamento dos ativos na plataforma, em função da proximidade geográfica, permite identificar técnicas e tecnologias existentes em determinada região e campo de atuação, fomentando oportunidades de colaboração, incentivo à inovação, agregação de valor comercial, vigilância tecnológica, transferência tecnológica e acesso a novos mercados. Para facilitar a pesquisa são distribuídos em: Empresas com Potencial Inovador; Habitats de Inovação; e, Instituições de Ensino.

As regiões sul e sudeste concentram a maior porcentagem das Empresas com Potencial Inovador, o estado com a maior concentração no Brasil é São Paulo (38,7%), seguido por Rio Grande do Sul (13%), Paraná (8,2%), Santa Catarina (7,8%), Minas Gerais (6,4%) e Rio de Janeiro (5,4%). O único estado das outras regiões com porcentagem relevante (maior que 1,5%), é Pernambuco (4,4%). O setor com a maior quantidade de ativos é o de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) com 2.501. Entretanto, das 9 mil empresas selecionadas quase um terço delas (2.909) não especificaram o setor de atuação, o que comprova a necessidade de maior auxílio por parte das instituições para a transição digital nas empresas. Empresas com Potencial Inovador:

- 1.631 Startups;
- 3.978 Empresas beneficiadas com a Lei do Bem;
- 2.664 Empresas residentes em parques tecnológicos;
- 405 Empresas beneficiadas com financiamento não reembolsável;
- 561 Empresas com financiamento do BNDES para inovação.

Figura 11 - Distribuição Geográfica das Empresas com Potencial Inovador no Brasil (2024)



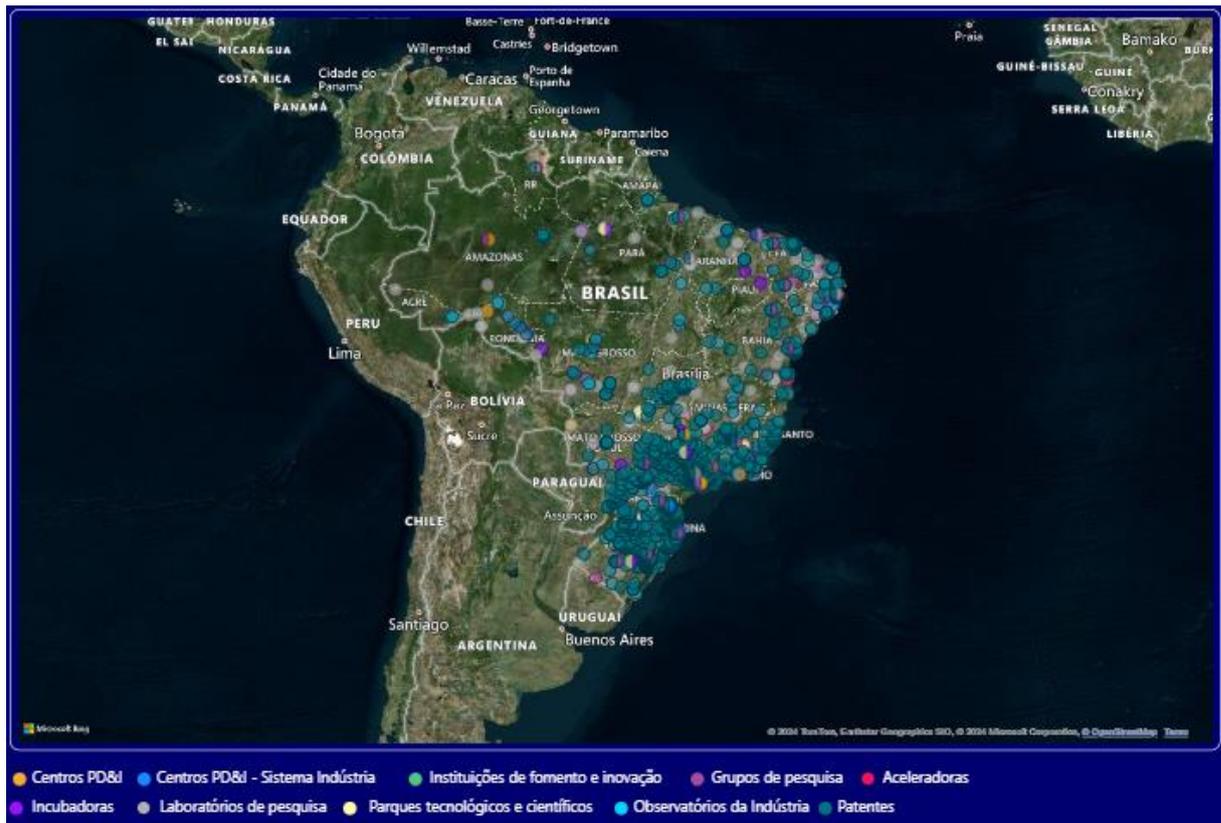
Fonte: Atlas da Inovação (2024)

As regiões sul e sudeste também concentram a maior parte dos ativos de Habitats de Inovação, o estado de São Paulo também concentra a maior quantidade de ativos (26,3%), porém a distribuição geográfica nesta região é mais homogênea, com exceção do Espírito Santo (1,9%), os demais estados possuem concentração entre 8-10%. O setor com maior quantidade dentre os 78 mil ativos selecionados, é o TIC (17.674). Habitats de Inovação:

- 26 Aceleradoras;
- 320 Centros de PD&I;
- 113 Centros de PD&I – Sistema Indústria;
- 25.308 Grupos de pesquisa;
- 69 Parques tecnológicos e científicos;

- 3.018 Laboratórios de pesquisa;
- 65 Instituições de fomento e inovação;
- 19 Observatórios da Indústria;
- 241 Incubadoras;
- 48.411 Patentes.

Figura 12 - Distribuição Geográfica dos Habitats de Inovação no Brasil (2024)



Fonte: Atlas da Inovação (2024)

Dentre as Instituições de Ensino, o cenário segue a mesma dinâmica dos outros ativos com maior concentração no estado de São Paulo (21,2%) dos ativos, seguido por Minas Gerais (12,5%). O Ensino Técnico é o tipo de instituição com melhor distribuição entre os estados, apesar disso a maior quantidade de instituições é de cursos de Pós-Graduação *Science, Technology, Engineering and Mathematics - STEM*, o que pode ser uma evidência de que os indivíduos estão buscando melhores qualificações nos setores de inovação e tecnologia. Instituições de Ensino:

- 2.574 Instituições de Ensino Superior – IES;
- 645 Institutos Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica;
- 472 Escolas Técnicas SENAI;

- 7.395 Escolas Técnicas;
- 8.735 Cursos de Pós-Graduação *STEM*.

Figura 13 - Distribuição Geográfica das Instituições de Ensino no Brasil (2024)



Fonte: Atlas da Inovação (2024)

Isto posto, podemos considerar que o Brasil está se articulando para acompanhar as novas tendências relacionadas a Indústria 4.0 através de direcionamentos de diversas instituições públicas e políticas econômicas alinhadas para alcançar o desenvolvimento socioeconômico do país. Portanto, o governo brasileiro está ciente das limitações tecnológicas, de infraestrutura e desigualdades regionais. Os projetos que estão sendo criados e os que já estão em funcionamento possibilitam uma visão abrangente a respeito de quais são os setores e regiões que merecem maior atenção para sanar os problemas industriais. Além disso, a gama de dados tratados e organizados que as plataformas ligadas aos setores da Indústria 4.0 servem como base para criação de novas políticas socioeconômicas não só do Brasil, como também de outros países. O foco nas MPEs pode proporcionar ao setor privado oportunidades de criação de softwares para o planejamento da Indústria 4.0 em todo o mundo, como uma forma de valorizar o setor de serviços digitais do Brasil.

### **3.3. Desafios e Oportunidades da Política de Neoliberalização Brasileira frente a Quarta Revolução Industrial**

Segundo Sacomano et al (2018), as mudanças tecnológicas, sociais e organizacionais que impactaram a produtividade mundial podem ser delimitadas em três períodos da história:

- 1) a era da industrialização entre o século XVIII até o início do século XIX;
- 2) logo após a era da produção em massa iniciada na segunda metade do século XIX;
- 3) a era da automação, com a introdução do computador e a automação na indústria.

No mundo anterior à Revolução Industrial, o desenvolvimento econômico era, basicamente, um processo de aglutinação de pequenas unidades econômicas e de divisão geográfica do trabalho. Onde a classe comercial era o agente dinâmico do desenvolvimento (FURTADO, 2009). A primeira era foi marcada pelo crescimento das cidades com a vinda da população do campo ao mesmo tempo em que a energia a vapor possibilitou o uso de máquinas aumentando a eficiência da produção (SACOMANO et al, 2018). Com a mecanização da produção, a quantidade necessária de mão de obra foi reduzida, favoreceu a divisão do trabalho e a especialização na indústria, e conseqüentemente houve um aumento da produtividade das manufaturas em comparação com o período anterior de produção individual e manual.

Portanto, os trabalhadores em busca de melhores condições de sobrevivência e salários migraram da zona rural para as cidades. Esse movimento migratório promoveu o crescimento das cidades, concentrando a mão de obra, recursos técnicos, insumos e os mercados nos grandes centros industriais. Surge então, com os assalariados um mercado consumidor que permitiu o aumento da produção. O aumento da produtividade transformada em capital financeiro era absorvido pela classe comercial, como não havia articulação entre produtores e comerciantes, o lucro acumulado pelos comerciantes não tinha grande efeito sobre as técnicas de produção. Dessa forma, não havendo maiores preocupações com os métodos de produção, a forma mais lucrativa de inversão se dava pela expansão territorial do comércio ou destruição de concorrentes.

Segundo Furtado (2009), a partir desse modo de produção, um núcleo industrial na Europa, foi baseado em duas transformações principais: o crescimento se torna endógeno ao

sistema econômico e força o avanço tecnológico através da articulação do processo de formação de capital pela maior importância dada a pesquisa científica empírica. Com isso, o lucro industrial é um pagamento a um fator de produção incorporado no preço de venda dos produtos. Cria-se, portanto, um sistema financeiro, a partir do preço de venda aliado a outros pagamentos a fatores de produção, como sendo operações de crédito. Esse crédito só era pago quando produto alcançava o consumidor final. Para que a produção fosse lucrativa, era preciso comercializar os produtos com preços menores que os dos concorrentes, com essa finalidade, as técnicas de produção precisavam ser mais eficientes que as dos produtores artesanais.

Dessa forma, o dinamismo da Revolução Industrial, em sua primeira etapa, atuava pelo lado da oferta, concentrando-se a atenção do empresário na grande tarefa de, por todos os meios, reduzir os custos (FURTADO, 2009). Devido a mecanização da produção têxtil, que gerou grande aumento da produtividade, o preço dos artigos diminuiu demasiadamente para dominar o mercado. Porém, a procura global pelos artigos de algodão e lã era baixa, então os produtores industriais ingleses desorganizaram a produção artesanal não só na Inglaterra como no mundo todo. Nesse sentido, é preciso considerar que as economias eram predominantemente agrárias, e após 1820, o crescimento econômico foi muito superior que em momentos anteriores da história. Em resposta da pressão demográfica, a atividade econômica mundial teve sucesso no longo prazo para a manutenção dos padrões de subsistência, entretanto o avanço tecnológico estava estagnado e a evidência de avanços na economia de bem-estar foi bem escassa (MADDISON, 1995).

Segundo Smith (1996), a necessidade humana de se realizar trocas de mercadorias e serviços com outros indivíduos, outras comunidades, sociedades e países distantes, foi o que favoreceu a divisão do trabalho e assim, proporcionou o avanço tecnológico na primeira era industrial. Assim como é por negociação, por escambo, ou por compra que conseguimos uns dos outros a maior parte dos serviços recíprocos de que necessitamos, da mesma forma é essa mesma propensão ou tendência a permutar que originalmente gera a divisão do trabalho. Sendo assim, ao considerarmos que a economia industrial inglesa ao absorver a produção artesanal interna, diminuir os custos de produção através da inovação de técnicas de produção, promovendo um sistema financeiro baseado no crédito, enquanto a maioria dos países praticava a permuta de mercadorias/serviços com a escassez de dinheiro, realizava desde o início uma troca desigual com os outros países. Além disso, para proteger-se dos concorrentes, segundo a teoria de *Drawbacks* (desvantagens) de Smith, as mercadorias que

eram importadas de outros países para serem reexportadas – como eram adquiridas em quantidades maiores que aquelas demandadas pelo mercado interno – tornava-se possível recuperar o valor pago nas taxas de importação. Entretanto, era proibida a importação, para consumo interno, de algumas mercadorias que constituíam conflito de interesses entre os produtores industriais ingleses. Para essas mercadorias eram exigidas taxas maiores para que as mesmas pudessem ser estocadas apenas para exportação, porém a taxa não era recuperada.

Consequentemente, temos uma valorização “mais que normal” dos artigos ingleses, movida a crédito, perante a produção mundial predominantemente agrícola e artesanal com taxas de produtividade menores e com escassez de moeda sendo absorvida com moeda inglesa. Enquanto os artigos produzidos pelos estrangeiros, com maior custo de produção, eram estocados de tal forma que para serem lucrativos para os exportadores ingleses, precisavam ter um preço maior que o preço praticado no país de origem. Dessa forma, os ingleses como protagonistas do livre-comércio mundial, iniciaram uma onda inflacionária no mundo enquanto era acumulado capital financeiro na Inglaterra. Ademais, os exportadores ingleses que estocavam parte da produção artesanal dos países agrícolas também contavam com iminente desvalorização dos produtos importados anteriormente em outras condições econômicas.

À vista disso, os produtos primários tomam o foco das exportações dos países que não conseguiam competir com a articulação comercial e econômica inglesa durante o início da Revolução Industrial. Perante a inocência da classe governante na América Latina:

Forjada no calor da expansão comercial promovida no século 16 pelo capitalismo nascente, a América Latina se desenvolve em estreita consonância com a dinâmica do capitalismo internacional. Colônia produtora de metais preciosos e gêneros exóticos, a América Latina contribuiu em um primeiro momento com o aumento do fluxo de mercadorias e a expansão dos meios de pagamento que, ao mesmo tempo em que permitiam o desenvolvimento do capital comercial e bancário na Europa, sustentaram o sistema manufatureiro europeu e propiciaram o caminho para a criação da grande indústria. (MARINI, 2017, p.3)

De acordo com Furtado (2009), o processo de desenvolvimento se realiza seja através de combinações novas dos fatores existentes no nível da técnica conhecida, seja através da introdução de inovações técnicas. Sendo assim, o desenvolvimento econômico no Brasil concentrou-se nas capitais e nas proximidades dos portos ativos do Sul do país, enquanto a estrutura produtiva do interior dependia da indústria extrativa e do agronegócio. Como

nesses setores o aumento dos lucros não necessariamente está ligado ao aumento da produtividade, a introdução de novas técnicas de produção teve ritmo lento.

O estudo de Doré (2022) definiu a inflação, a formação de capital humano e instabilidade institucional como fatores críticos que fortaleceram ou enfraqueceram o crescimento econômico brasileiro durante 1822-2019. O Brasil, país detentor de uma grande variedade de recursos naturais, continua a exportar bens primários como se fosse a solução para o desequilíbrio no balanço de pagamentos. Visto que com os avanços tecnológicos os produtos se tornam cada vez mais caros para a maioria da população mundial. A desigualdade social e econômica torna-se então um empecilho para o crescimento econômico sustentado não só no Brasil como também nos demais países do Sul Global. A partir disso as emissões de carbono vão além de ser um problema entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos, pois essas emissões estão associadas com consumo e investimentos financeiros.

Segundo o Relatório de Desigualdade Climática (2023), o grupo dos mais ricos (*Top 10%*) emitiu 17,8 (tCO<sub>2</sub>e/cap/ano) na América Latina em 2019; enquanto o grupo intermediário (*Middle 40%*), 7,3 (tCO<sub>2</sub>e/cap/ano); e o grupo dos mais pobres (*Bottom 50%*) apenas (2 tCO<sub>2</sub>e/cap/ano). O consumo direto de energia é um dos principais fatores que intensificam a emissão de gás carbono, pois os indivíduos são afetados pelo direcionamento das políticas públicas relacionadas a infraestrutura e os padrões de consumo indicados pelos países centrais.

Após a Segunda Guerra mundial os países passaram a investir mais na indústria automobilística em detrimento dos transportes coletivos, principalmente em relação as ferrovias – que exigiam maiores investimentos por parte dos governos. Por outro lado, as multinacionais viram essa fragilidade de capital financeiro dos países subdesenvolvidos como uma oportunidade de expandir suas operações instalando subsidiárias nesses territórios sem infraestrutura básica. Além disso, o fato de que os países do Sul Global serem primário-exportadores, determinou como se deu a construção da infraestrutura de transportes negligente com as conexões internas entre cidades e estados. Assim sendo, aliado ao processo irregular de formação das cidades, os maiores atingidos pela falta de infraestrutura básica foram os mais pobres, intensificado pelo rentismo do mercado financeiro, dos grandes proprietários de terra e os impostos regressivos.

Portanto, o problema da indústria brasileira se torna ainda maior quando percebemos que além dos recursos naturais que são exportados, o controle dos setores de utilidade pública (geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, tratamento e distribuição de água/esgoto) também está sob grandes empresas que veem apenas números e a possibilidade de se aumentar os lucros através do rendimento de ações.

Desde o início das privatizações nesses setores, pouco ou quase nada mudou com relação a infraestrutura básica, porém, as tarifas e a porcentagem de *dividend yield* crescem, se tornando um peso no bolso dos brasileiros e renda passiva para fundos de investimento. Essa situação é tão problemática para o Brasil que a CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, uma empresa estatal de capital aberto, que cede 92,2% para investidores variados e 7,78% para o FIA Dinâmica Energia S/A das suas ações preferenciais.<sup>5</sup> O estado de Minas Gerais não possui nenhuma ação preferencial. Segundo o Banco Data, em 2022 o Banco Clássico S. A. – banco de investimentos que atua principalmente no setor energético e proprietário da FIA Dinâmica Energia – obteve 232,4 milhões de reais em lucro líquido.

O Banco Clássico S. A. fundado em 1989, no Rio de Janeiro, originou-se de uma Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários. Sua principal atuação consiste na aplicação de recursos próprios no mercado financeiro através de Títulos Públicos Federais de longo prazo, e no mercado de títulos e valores mobiliários através de ações de empresas nacionais, principalmente do ramo de energia<sup>6</sup>. Segundo Caldeira (2017), apenas o pagamento de juros da dívida contraída no tratado de reconhecimento da Independência do Brasil consumia 300 mil libras anuais – 7% das exportações, ou por volta de 1% do PIB estimado no período. O valor acumulado do pagamento líquido de juros no Brasil em julho de 2024 foi de 870 bilhões de reais, 7,7% do PIB<sup>7</sup>.

Segundo Chancel et al (2022), o aumento da desigualdade global entre 1820-1910 e a persistência dos altos níveis entre 1910-2020 são decorrentes de fatores políticos e institucionais, e a luta ideológica entre poderes estatais e classes sociais concorrentes. Ademais, as pessoas nos países subdesenvolvidos tendem a trabalhar mais horas, historicamente, o que torna a desigualdade de renda da carga horária trabalhada ainda maior

---

<sup>5</sup> Composição do Capital Social da CEMIG (Quantidade de Ações), (2024). Disponível em: <https://ri.cemig.com.br/governanca-corporativa/composicao-acionaria>

<sup>6</sup> Banco Clássico, (2024). Disponível em: [https://www.bancoclassico.com.br/institucional\\_paginas/origem-e-historia](https://www.bancoclassico.com.br/institucional_paginas/origem-e-historia)

<sup>7</sup> Decomposição de juros nominais no Brasil entre 2002-2024, (2024). Disponível em: <https://observatorio-politica-fiscal.ibre.fgv.br/politica-economica/pesquisa-academica/decomposicao-de-juros-nominais-liquidos-no-brasil-2002-2024>

que a desigualdade global de renda. Portanto, do um ponto de vista da economia neoclássica, a explicação mais óbvia para a extrema desigualdade de produtividade é a desigualdade de dotações de capital. Caso os grupos econômicos mais pobres em um nível global tivessem recebido investimentos de capital suficientes, tanto em termos de capital físico e capital humano, a desigualdade de renda global teria diminuído consideravelmente.

Dessa forma, a menos que os grupos econômicos mais ricos sejam forçados através de uma revolução social, reforma agrária ou sistemas de taxaçaõ progressiva permanentes e redistribuiçaõ de riqueza, os grupos mais ricos não renunciaram aos seus ativos. Pois eles preferem emprestar os recursos e obter retornos extraordinários provenientes de seus investimentos de capital. Portanto, considerando que os mais pobres que se endividam e tem que pagar constantemente enormes montantes de dinheiro mais que os donos de ativos, esse grupo tem menos autonomia produtiva e menos incentivos para produzir. Como os ricos temem a expropriaçaõ de riqueza, isso os leva a regular as relaçaões com os pobres através dominaçaõ militar e colonial, e organizam os padrões de investimento de um modo que mantenham o controle dos processos produtivos mais valiosos e eficazes (CHANCELL et al, 2022).

Nesse sentido, é evidente que um dos fatores que afetaram o crescimento econômico brasileiro ao longo de sua história está ligado a disponibilidade de capital para investimento, consumo de energia e mão-de-obra especializada. O Brasil possui um enorme potencial de geraçaõ de energia via fontes renováveis, dessa forma, com os devidos investimentos no setor energético brasileiro, a dependência econômica externa diminuiria consideravelmente. Além disso, com a transiçaõ energética, o Brasil pode se tornar um grande fornecedor de tecnologia voltada para a geraçaõ de energia limpa. Desde as já conhecidas e utilizadas mundialmente como energia solar/eólica, como também se torna possível o desenvolvimento de tecnologia para geraçaõ de energia através de biomassa (com a reciclagem e gás metano) e hidrogênio.

Posto isso, com a grande variedade de recursos naturais, capacidade produtiva de alimentos, água potável e território extenso, o maior impedimento do desenvolvimento brasileiro é a tecnologia disponível para promover os avanços necessários nesses setores. Para que isso ocorra, o Brasil precisa de acordos internacionais com países e empresas que já possuem essas tecnologias, sendo obrigatória a transferêcia de tecnologia para o território brasileiro. Os investimentos do tipo *Greenfield*, que são investimentos nos quais as empresas

estrangeiras constroem seus empreendimentos do zero uma região específica, serão muito importantes para isso. Esse tipo de investimento demanda mão-de-obra especializada, consumo de matérias-primas e produtos regionais para que a construção seja realizada, sendo assim acarreta maiores movimentações financeiras e econômicas onde o empreendimento se instala.

A Indústria 4.0 aparece como o caminho principal para tal processo de desenvolvimento da economia brasileira por se tratar de uma evolução qualitativa da indústria e da sociedade que requer sustentabilidade na produção industrial, área para construção de novas cidades e plantas industriais, preservação da biodiversidade, reciclagem dos produtos que são tecnologicamente atrasados, tudo isso deve ser integrado ao sistema global de produção e consumo. Obviamente este trabalho primeiramente busca por soluções para o Brasil, entretanto, o estágio de desenvolvimento tecnológico atual do mundo demanda soluções globais para problemas globais. Com a globalização as distâncias foram encurtadas, o tempo foi distorcido e os padrões de consumo não são únicos de uma região específica.

A Organização das Nações Unidas (*United Nations – UN*), realizou o “*Earth Summit*” em 1992 no Rio de Janeiro, esse evento reuniu líderes políticos, diplomatas, cientistas, representantes da mídia e organizações não-governamentais (ONGs) de 179 países para se concentrar no impacto das atividades socioeconômicas humanas no meio ambiente. A conferência destacou como diferentes fatores sociais, econômicos e ambientais são interdependentes e evoluem juntos, e como o sucesso em um setor requer ação em outros setores para ser sustentada ao longo do tempo.<sup>8</sup>

Em 2015, foi criada a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, um plano compartilhado para a paz e a prosperidade para as pessoas e o planeta, agora e no futuro. Sendo o seu alicerce os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (*Sustainable Development Goals – SDGs*), que são um apelo urgente à ação de todos os países – desenvolvidos e em desenvolvimento – em uma parceria global. Esses objetivos foram estipulados por considerar que acabar com a pobreza e outras privações deve andar de mãos dadas com estratégias que melhorem a saúde e a educação, reduzam a desigualdade e estimulem o crescimento econômico. Enquanto combatem as mudanças climáticas e trabalham para preservar nossos oceanos e florestas.<sup>9</sup> Alguns dirão que é ingenuidade falar

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>

<sup>9</sup> Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>

em uma reordenação mundial para alcançar avanços tecnológicos e solucionar as inúmeras adversidades enfrentadas em todos os continentes, porém, foi exatamente através de acordos cooperativos que os países do Norte Global alcançaram o nível de desenvolvimento atual.

Por conseguinte, o termo “internacionalismo” que surgiu em 1864 com a Primeira Internacional – Associação Internacional dos Trabalhadores – está associado à ideia de que os trabalhadores e povos de diferentes nações devem se unir para lutar contra a opressão e a exploração, transcendendo as fronteiras nacionais. Serve como um determinante de como a Indústria 4.0 deve ser planejada e estabelecida em mundo globalizado onde as distâncias se dissolvem com a digitalização dos processos de produção e das relações sociais. Nesse novo contexto, onde o desenvolvimento regional é de extrema importância para redução das desigualdades, a Indústria 4.0 se torna um imperativo. Onde, “os sujeitos fundamentais da política mundial não seriam apenas os Estados e, acima de tudo, as grandes potências, como no *mainstream* do estudo das relações internacionais, mas também massas de terra e correntes oceânicas.”<sup>10</sup> Portanto, as condições peculiares de formação histórica da sociedade da América Latina e o Brasil sendo o maior país em extensão territorial e com o maior produto interno, devem comandar a reestruturação da indústria mundial. Principalmente porque os países latino-americanos possuem ótimas condições para geração de energia limpa e grandes reservas de recursos naturais que já foram explorados intensamente sem as devidas preocupações acerca das consequências.

O retrato do Brasil de 2024 é um Brasil em chamas. Nossos biomas estão sendo destruídos, as cidades enfumaçadas trazem um terror de guerra. Em 2015 contaminaram o Rio Doce, com o rompimento da barragem de Mariana. Em 2019, o crime foi contra o Rio Paraopeba e o São Francisco, com um segundo rompimento de barragem em Brumadinho. As empresas Vale S.A., BHP Billiton e Samarco foram condenadas a pagar 47,6 bilhões de reais pelo crime ambiental e social.<sup>11</sup> Entretanto, em uma Ação Civil Pública o Ministério Público Federal – MPF, estimou o valor das reparações em 155 bilhões de reais<sup>12</sup>. Além disso a Remuneração Anual de Debêntures Participativas da Vale S.A. foi de 284.859.604,30

---

<sup>10</sup> Disponível em: <https://outraspalavras.net/geopoliticaeguerra/por-um-novo-internacionalismo/>

<sup>11</sup> Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-01/samarco-vale-e-bhp-devem-reparar-dano-moral-coletivo-com-r-476-bi>

<sup>12</sup> A Ação Civil Pública nº 0023863-07.2016.4.01.3800 foi peticionada pelo Ministério Público Federal (MPF), o Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MP/MG), a Defensoria Pública da União (DPU), a Defensoria Pública do Estado do Espírito Santo (DPE/ES) e a Defensoria Pública do Estado de Minas Gerais (DPE/MG). Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/caso-samarco-ministerios-publicos-e-defensorias-publicas-pedem-retomada-do-tramite-da-acao-de-r-155-bi-suspensa-desde-2018>

em 2014 para 2.364.227.640,18 em 2021, um crescimento percentual de aproximadamente 729,87%.

O setor extrativista não tem ligações/obrigações com a população brasileira, os resultados financeiros que indicam lucros com base na exploração intensiva dos recursos naturais e juros da dívida para os já citados fundos de investimentos não se importam com a qualidade de vida dos brasileiros e aquilo que deveria significar crescimento econômico. As condições climáticas não são apenas variáveis passíveis de controle e ainda dizem que a Amazônia é o pulmão do planeta, porém, as metástases desse câncer chamado “acumulação de capital” estão se espalhando nos rios, lençóis freáticos, florestas, animais e pessoas.

As principais evidências encontradas na revisão bibliográfica que suportam a importância da Indústria 4.0 para o desenvolvimento econômico e social no Brasil fazem parte dos resultados empíricos do estudo sobre a troca desigual de trabalho entre Norte e Sul Global de Hickel, Hanbury Lemos e Barbor (2024), que sustenta a estudo de Marini (2017). Segundo Schumpeter (1997), o desenvolvimento econômico é definido pela realização de novas combinações, que engloba cinco casos: 1) Introdução de um novo bem; 2) Introdução de um novo método de produção; 3) Abertura de um novo mercado; 4) Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens-semimanufaturados; 5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

A Indústria 4.0 mostra alta eficiência do ponto de vista para estimular o desenvolvimento da economia do conhecimento, reitera-se a necessidade de parcerias público-privado para atrair maior volume de investimentos no financiamento de pesquisa científica na esfera da Indústria 4.0 (LOBOVA et al, 2019).

Os dados a respeito do crescimento do PIB, crescimento do PIB per capita, do percentual do PIB direcionado a investimentos e poupança, entre outras variáveis comumente utilizadas nos modelos econômicos para explicar a dinâmica do desenvolvimento econômico, evidenciam que a taxa referente aos países emergentes ou subdesenvolvidos estão continuamente em crescimento maior que as taxas mundiais e dos países desenvolvidos. Entretanto, nota-se que o ritmo de crescimento dos países emergentes depende muito de como estão os países desenvolvidos, a falta de políticas nacionais anticíclicas perante as crises globais impede a convergência econômica necessária para alcançar o desenvolvimento.

Assim sendo, o processo de industrialização por si só não é suficiente, pois as tecnologias mais avançadas pertencem aos países desenvolvidos. Portanto, quando a tecnologia chega nas economias do Sul Global como bens de consumo através das importações, a possibilidade de superação da dependência econômica distancia-se ainda mais. A população deseja os produtos que são divulgados constantemente em todos os cantos da internet, e dessa forma, a produção industrial nos países emergentes impossibilitada de competir com os custos de produção dos países centrais concentra-se em bens de menor tecnologia incorporada. Dessa forma, diminui-se o nível de especialização dos trabalhadores e aumenta-se a busca por empregos que não exigem qualificação profissional para suprir os desejos de consumo e custos de subsistência.

No caso do Brasil, segundo Albuquerque et al (2019), entre 1986-2016, as ocupações que demandam pouca preparação tiveram uma taxa de crescimento cumulativo (*cumulative growth rate - CGR*) significativamente maior que as outras ocupações conforme o houve aumento no PIB acumulado. Isso significa que os trabalhadores que perdem seu trabalho, seguem uma tendência de busca por postos de trabalho com salários mais baixos e que exigem menores níveis de preparação (mesmo que o trabalhador originalmente possua elevado nível de preparação) (ALBURQUERQUE ET AL, 2019). Em confronto com os resultados expostos por Hickel, Hanbury Lemos e Barbour (2024), no qual os autores identificam o aumento da dependência do Norte Global do trabalho pouco qualificado do Sul Global durante o período 1995-2021, e que atingiu a porcentagem de 71% em 2021 (HICKEL; HANBURY LEMOS; BARBOUR, 2019).

Portanto, quando Marini (2017), diz que, “O desenvolvimento das relações mercantis coloca as bases para que uma melhor aplicação da lei do valor tenha lugar, mas, simultaneamente, cria todas as condições para que operem os distintos mecanismos mediante os quais o capital trata de burlá-la.”, acrescentando Marx (2015) a respeito da compra e venda da força de trabalho, “A força de trabalho existe apenas como disposição do indivíduo vivo.”. Significa que o capital se alimenta da precarização dos indivíduos que cedem a mão-de-obra para a produção, através da necessidade de subsistência e procriação desses indivíduos. Não sendo suficiente apenas a especialização voltada para a produção de mercadorias, para que haja desenvolvimento, é preciso que sejam feitas políticas voltadas para educação edificadora, produção de ciência e reformas sociais para que os indivíduos tenham melhores condições de subsistência. Visto que a apropriação da mão-de-obra

especializada do Sul Global, pelo Norte, é muito menor se comparada com os outros níveis de especialização, 13% em 2021 (HICKEL; HANBURY LEMOS; BARBOUR, 2019).

Segundo Doré (2022), no Brasil, durante o período de 1822-2019, o crescimento econômico foi favorecido por três pontos principais: incremento em capital humano, as mudanças estruturais e qualidade das instituições brasileiras. Entretanto, devido as distintas ordenações políticas e econômicas avistadas durante esse período, é necessário destrinchar as etapas onde houve maior ou menor crescimento econômico e mudanças sociais significativas, tanto positivas quanto negativas. Assim sendo, por causa da limitação de dados e resultados significantes a respeito da Indústria 4.0, a análise do processo de (des)industrialização da economia brasileira é o melhor objeto de estudo para comparação.

Isto posto, o capital humano é um elemento de importância crítica para alcançar o crescimento econômico sustentado nos países emergentes. Ao aumentar os anos médios de estudos, melhora o nível de qualificação da mão de obra e mantém o desenvolvimento de habilidades mais avançadas. Dessa forma, a criatividade é estimulada e facilita a absorção de tecnologias importadas, tendo ganhos positivos de produtividade e crescimento econômico.

Por isso a educação do tipo *STEM* – que integra Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, ou *learning-by-doing* (aprenda fazendo) estão sendo disseminadas em diversos países com intuito de promover inovação, entretanto a aplicação “mal” coordenada deste tipo de educação pode causar efeitos negativos em uma região onde a população ainda necessita de desenvolvimento social e redução das desigualdades. Por outro lado, são diretamente relacionadas às novas tecnologias da Indústria 4.0, e o novo modo de trabalho em fábricas inteligentes, com a utilização da realidade estendida ou virtual (YAKIMOV; IOVEV, 2019; LAZAROU; MUSTATA; DRAGOMIRESCU, 2019; ANSARI; EROL; SIHN, 2018).

Sobre as mudanças estruturais, o estudo de Doré mostra que o crescimento do PIB real per capita tende a promover mudanças estruturais que favorecem em maior medida o setor industrial que o setor de serviços. Ou seja, no longo prazo, o progresso econômico intensificou a alocação e troca de recursos humanos do setor primário para o setor secundário (indústria de transformação). Precisamente através de investimentos para aumentar o valor agregado do setor secundário, ocorreram a partir de 1930 na era desenvolvimentista, quando

foram introduzidas técnicas mais avançadas e sofisticadas de manufatura que alavancaram o crescimento econômico. A autora aponta que a qualidade institucional é um fator crítico para o crescimento econômico, visto que promove o crescimento indiretamente da acumulação de capital humano (DORÉ, 2022). Conforme ocorre na sociedade melhora nos padrões de vida e poder de compra dos indivíduos, os produtos e serviços tornam-se mais complexos e assim, contribuem para mudanças estruturais associadas com a industrialização.

Historicamente os alimentos encontrados na América Latina são conhecidos pela diversidade e qualidade tanto para consumo quanto para a saúde, até mesmo o tabaco tinha esse carácter antes de se tornar um produto tipo exportação. Aquilo que era riqueza imaterial para os nossos ancestrais indígenas tem se tornado em morte com nota fiscal. Tornar a produção industrial de alimentos mais tecnológica e eficiente já é uma realidade em nosso território, entretanto o foco deve ser na alimentação saudável de toda a população do nosso país. Sendo um dos maiores exportadores de alimentos do mundo, é um dever dos produtores brasileiros exportar a saúde e não continuar um processo histórico de envenenamento dos seres humanos visando apenas o lucro. As inovações tecnológicas irão surgir tranquilamente após isso, nos mais diversos setores. Porque um indivíduo com fome, com dívidas e preocupações a respeito de subsistência que já deveriam ter sido resolvidas – visto os lucros aferidos no setor de energia e alimento – não consegue pensar direito, muito menos fazer a ciência acontecer.

Portanto, para que o Brasil alcance o crescimento econômico sustentado no longo prazo, o investimento na indústria precisa ser planejado e direcionado a setores de alta tecnologia em que o país possui vantagens comparativas, como o setor de energias renováveis, bioeconomia e a produção industrial de alimentos. A utilização de missões para o desenvolvimento destes setores pelo NIB é um grande avanço para a política industrial brasileira. Visto que estes setores, de acordo com o relatório do Monitor da Indústria 4.0 são alguns dos que mais utilizam as tecnologias associadas a Indústria 4.0, além disso, são setores no qual o Brasil atualmente possui alto nível de produção industrial, intelectual e possibilidades de expansão do comércio interno e externo.

O foco em políticas econômicas para a redução das desigualdades regionais e fortalecimento do mercado interno em áreas “esquecidas” pelos governantes seria benéfico para a disseminação de instituições de ensino de forma mais homogênea, investimento na infraestrutura básica (eletrificação, saneamento, tratamento de água, moradias e vias de

transporte), na infraestrutura digital com o foco na modernização das redes de comunicação, como também a criação de novos empregos mais qualificados em regiões onde a indústria é fraca – o caso do norte, nordeste e centro-oeste, evidenciado pelo Atlas da Inovação.

A Indústria 4.0 necessita de complexidade tecnológica para que seja funcional, de novas políticas direcionadas a economia circular e verde, não só para o Brasil como para a maioria dos países subdesenvolvidos. A produção industrial voltada para a construção planejada da Quarta Revolução Industrial exige paciência dos formuladores de políticas, e fornece novas possibilidades de consumo dos recursos naturais, novas tecnologias e uma expansão do comércio internacional de forma integrada. Caso os países do Sul Global insistam em um desenvolvimento independente da indústria em suas economias, ignorando o mercado interno com a permanência da exploração do trabalho por multinacionais provenientes dos países do Norte Global, a dependência nunca será superada. O Sul Global possui os recursos naturais necessários para a produção de alta tecnologia, capacidade de expansão sustentável da indústria, e de melhorar a qualidade de vida dessa população que tanto trabalha sem reclamar. O BRICS possui as ferramentas para o desenvolvimento das economias do Sul Global, e os novos tempos exigem força dos governantes destes países para que não haja disseminação de desigualdade social nessa nova revolução industrial.

O avanço tecnológico das últimas décadas possibilitou a diminuição do tamanho físico dos aparelhos eletrônicos e aumentou a capacidade de processamento. Devido a intervenção do setor público por parte dos países centrais no período pós-guerra, com o investimento intensivo nos semicondutores para os programas militares e espaciais garantindo apoio financeiro para a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Dessa maneira, o papel dos fatores econômicos, institucionais e sociais devem ser analisados detalhadamente para definir a direção no qual os países devem selecionar os possíveis caminhos rumo ao desenvolvimento socioeconômico.

Em um mundo globalizado, onde impera o capitalismo, desde a pesquisa até a produção relacionada as mudanças de paradigma tecnológico, precisam levar em conta os critérios mercadológicos sobre lucratividade, disponibilidade de mercado e lucratividade. Portanto, a estrutura institucional é extremamente importante no gerenciamento eficaz do conflito gerado pelas novas e velhas tecnologias, e as tecnologias alternativas que surgem no processo de inovação que são “peneiradas” pelo mercado internacional visando a redução de custos de produção e potencial de redução do trabalho envolvido nas novas tecnologias

que iram predominar nas economias. Um exemplo de tal situação foi o desenvolvimento dos padrões do Taylorismo de mudança técnica na engenharia mecânica (DOSI, 1984).

Segundo Dosi (1984), as mudanças das condições econômicas estão interligadas com o processo de seleção de novas tecnologias, seu desenvolvimento científico e sua obsolescência e substituição. Assim sendo, as mudanças nos preços relativos e nas participações distributivas inevitavelmente afetam a demanda pelas commodities e a rentabilidade relativa na fabricação destas. Da mesma forma que o controle das commodities por parte dos seus detentores originais, e a transformação em mercadorias intermediárias no próprio território, causa alterações significantes no mercado internacional. Racionalizando os efeitos da indústria extrativa e predatória, à economia e ao meio ambiente.

Em relação ao mercado financeiro internacional a atenção dos países, governantes, empresas e investidores devem estar atentos ao setor de semicondutores. O motivo para tal é a possibilidade de uma crise internacional gerada pela especulação a respeito das empresas que concentram a tecnologia dos semicondutores, *Web3* e engenharia genética no mercado financeiro internacional. Foram detectadas bolhas significativas nesses setores no período entre 2018-2023, relacionados aos avanços tecnológicos anunciados, aumento do interesse em criptomoedas e inovações médicas impulsionadas pela pandemia da COVID-19.

Corroborando com Dosi (1984), a necessidade dos tomadores de decisões políticas em distinguirem as inovações genuínas das especulações do mercado financeiro (WU, 2024). Portanto, as crises de 1929 e 2008 servem de exemplo para qual rumo o mundo deve seguir nos próximos anos com a evolução das tecnologias relacionadas a Indústria 4.0. Em 1929, a intervenção estatal foi limitada e inadequada, enquanto em 2008, devido a uma maior intervenção estatal e à cooperação estatal as consequências não foram tão drásticas para economia brasileira e mundial. Em 2008, exigiu-se dos países uma regulamentação financeira mais rigorosa, porém, caso venha a acontecer uma crise semelhante no setor tecnológico pode não ser suficiente para amparar os países mais vulneráveis (MAZZUCCHELI, 2008).

A Quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0 possibilitará às empresas a criação de processos produtivos cada vez mais eficientes, melhores rendimentos na produção, consumo energético e de insumos. Para que isso ocorra, os incrementos tecnológicos no setor industrial devem estar direcionados aos setores principais das cadeias de valor global, na redução de redundâncias nos processos, minimização das perdas qualitativas, e em tornar os

processos mais flexíveis e coerentes. Isso significa uma elevação do nível organizacional e de controle total da cadeia de valores do ciclo de vida dos produtos por parte das empresas e países, guiada pelo crescimento da demanda por produtos que atendem aos desejos individuais dos consumidores finais. Esse ciclo da produção inicia-se com a criação da ideia por trás do produto, passa por todo o desenvolvimento e fabricação a partir da ordem do pedido feito pelo consumidor, até a entrega do produto em sua residência e finaliza o ciclo com a reciclagem, englobando todos os serviços ligados a esse produto em uma rede de comunicações.

Dessa forma, a Quarta Revolução Industrial, vai além de apenas sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. A principal diferença dessa com as revoluções industriais anteriores é a fusão das tecnologias que foram introduzidas no passado e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos (SCHWAB, 2016). Portanto, a Indústria 4.0 é estruturada pelo compartilhamento em tempo real das informações por trás do processo, entre os diferentes setores da cadeia produtiva.

Assim sendo, torna-se imprescindível encontrar um ponto ótimo no fluxo de valor adicionado a qualquer momento da produção a partir dos dados disponíveis e compartilhados na rede. A conexão entre indústrias, pessoas, equipamentos, máquinas, produtos, insumos e coisas, dá vida a um sistema dinâmico, automático e em tempo real do valor adicionado otimizado das conexões dentro e entre empresas. Essa otimização pode ser feita com base nos custos de produção e transporte, disponibilidade e consumo dos recursos (Platform Industrie 4.0, 2024).

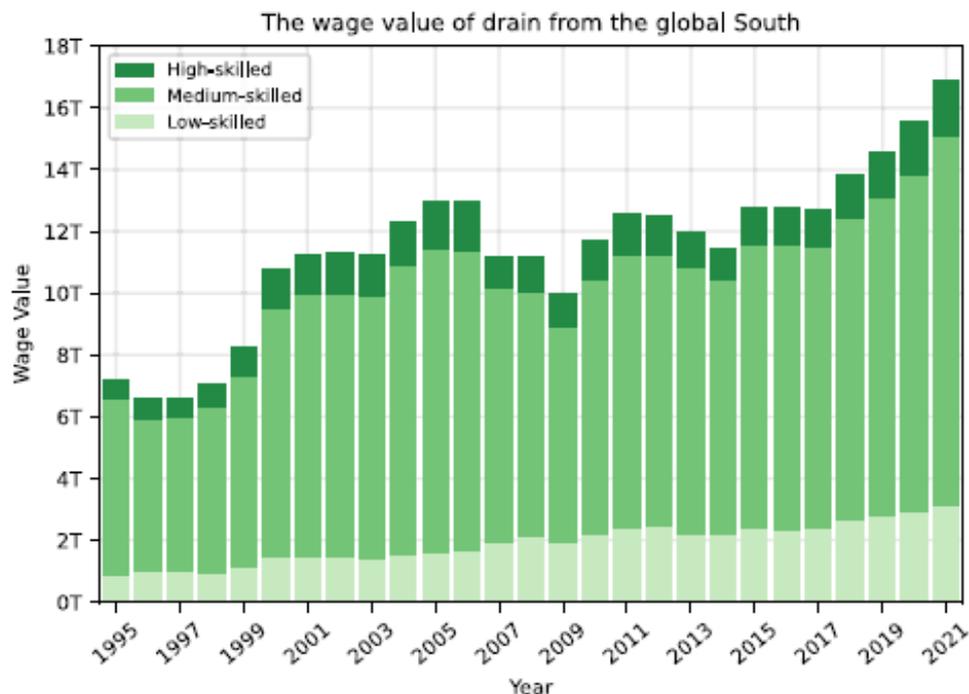
Esse complexo sistema produtivo não se desenvolverá da mesma forma entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos por causa da divisão internacional de trabalho. Nesse sentido, como o foco desta monografia é o Brasil, um país subdesenvolvido do Sul Global, os diferentes pontos abordados ao longo do estudo foram pertinentes as possibilidades de inserção do Brasil na Indústria 4.0. Os investimentos na economia brasileira e nos demais países do Sul Global precisam ser direcionados à melhoria da infraestrutura de comunicações e transportes, nas relações sociais, e o desenvolvimento socioeconômico. Devido a introdução das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, espera-se que haja um remodelamento da competitividade e uma redistribuição da direção e magnitude dos fluxos globais de trabalho e capital.

Por causa da atual a divisão internacional do trabalho os países do Sul Global cedem seus recursos naturais para adquirir produtos manufaturados idealizados por países do Norte Global, com os recursos naturais provenientes dos países subdesenvolvidos transformados por meio de tecnologias que só foram desenvolvidas por causa da supressão dos direitos da população pobre destes países. Portanto, os dados que são gerados a todo momento, através da tecnologia podem proporcionar um maior controle por parte do governo desses países para que haja melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

Segundo Lambrechts, Sinha e Marwala (2019), a Inteligência Artificial (*AI – Artificial Intelligence*) pode ser aplicada nos países em desenvolvimento para alcançar melhores níveis na educação, saúde, logística, prevenção e análise de desastres naturais. Além disso, essas inovações estão relacionadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para erradicação da pobreza, redução da desigualdade na saúde, acesso à educação e o aquecimento global.

Os salários no Sul são 87% menores para mão de obra altamente qualificada do que no Norte, 93% menores para mão de obra de média qualificação e 95% menores para mão de obra de baixa qualificação. A disparidade é tão extrema que a mão de obra altamente qualificada no Sul Global recebe 68% menos do que a mão de obra de baixa qualificação no Norte Global. Isso significa que para cada hora trabalhada em qualquer nível de especialização, os trabalhadores do Norte consomem de 8 a 19 vezes mais do produto global do que os trabalhadores do Sul. Enquanto os trabalhadores do Sul Global têm um salário médio de 1,62 euros por hora, e realizam a grande maioria (90%) da mão-de-obra que produz para a economia global, a grande maioria (91%) da mão-de-obra que produz bens comercializado, e quase metade (46%) do trabalho que sustenta o crescimento e o consumo no mercado global Norte (em transações líquidas), os trabalhadores do Norte recebem em média 24,95 euros por hora (HICKEL; HANBURY LEMOS; BARBOUR, 2024).

Figura 14 - O valor salarial líquido do trabalho apropriado do Sul global em trilhões de euros (2005 constante), por nível de qualificação, 1995-2021



Fonte: Hickel; Hanbury Lemos; Barbour, 2024.

De acordo com Alekseev et al (2018), à respeito dos países em desenvolvimento, mesmo com a alta taxa de crescimento do PIB per capita comparado com os países desenvolvidos (sendo 56% em 2017 e 98% em 2020), e com a economia global (22% em 2017 e 33% em 2020), além do intenso crescimento de exportações de bens e serviços, o crescimento relativo que reduz com o tempo mas permanece alto (duas vezes maior que comparado com os países desenvolvidos e 1,3 vezes maior comparado com a economia global em 2017), os países em desenvolvimento não obtêm vantagens sociais com esse crescimento. Portanto, surge uma dúvida, até onde o crescimento econômico e a produtividade é importante em um mundo globalizado que se desenvolve através da continuidade das desigualdades socioeconômicas?

Segundo Marini (2017), a entrada da América Latina na economia capitalista ocorreu em resposta à necessidade dos países desenvolvidos (industrializados) de aumentar seus lucros. Isso se deu por meio de uma nova forma de exploração do trabalho, que dependia de mudanças nas técnicas de produção. Com essas mudanças, o valor do trabalho dos trabalhadores diminuiu, o que permitiu que os empregadores pagassem menos, mesmo mantendo ou aumentando a produtividade. Nas palavras do autor:

Ao aumentar a produtividade, o trabalhador só cria mais produtos no mesmo tempo, mas não mais valor; é justamente esse fato o que leva o capitalista individual a

procurar o aumento de produtividade, já que isso permite reduzir o valor individual de sua mercadoria, em relação ao valor que as condições gerais de produção lhe atribuem, obtendo assim uma mais-valia superior à de seus competidores – ou seja, uma mais-valia extraordinária. (MARINI, 2017, p.329)

Considerando que mais-valia é a diferença entre o valor do que o trabalhador produz e o que ele recebe como salário, em outras palavras, é o lucro obtido pelos capitalistas quando pagam menos pelo trabalho dos indivíduos do que realmente vale. Os trabalhadores precisam trabalhar muito mais horas do que a quantidade real necessária, para receberem um salário não condizente com os custos reais de subsistência e lazer. Para os países do Sul Global esses custos da vida cotidiana, intensificado pelo aumento físico dos artigos tecnológicos produzidos pelo Norte Global e sendo parte dos padrões de consumo induzidos pela classe dominante como forma de suprir a falta de tempo disponível para descanso, que é consequência da exploração do trabalho, esse fenômeno é chamado de troca-desigual.

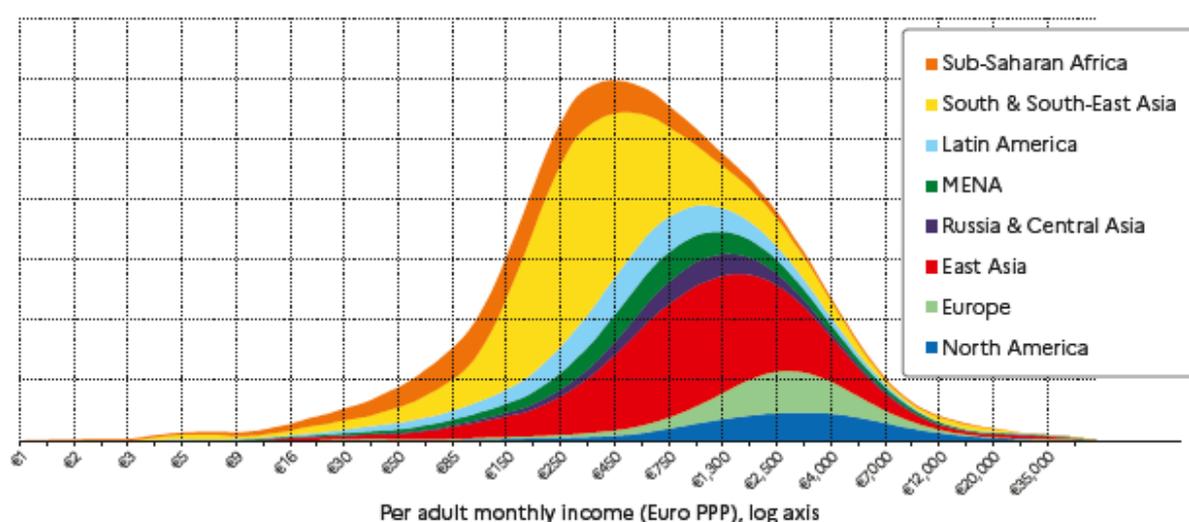
Segundo Hickel, Hanbury e Barbour (2024), as diferenças salariais entre Norte e Sul e a troca-desigual não podem ser explicados apenas pelo nível de especialização ou diferenças setoriais, visto que essa dinâmica de desigualdade acontece em todos os níveis de especialização e em todos os setores. Mesmo que a troca-desigual do trabalho possa ser explicada minimamente pelas transferências líquidas de diferenciais de produtividade, não é simples de se entender essa dinâmica empiricamente. Pois, as medidas padrões de produtividade do produto são definidas em termos de renda ou PIB per capita, e esses índices apenas dizem respeito sobre os preços praticados no mercado mundial e não revelam o necessário sobre o produto físico. De acordo com a pesquisa dos autores, a troca-desigual sustenta o fato de que os preços são resultado dos desequilíbrios de poder – entre trabalho e capital, fornecedores e empresas líderes, periferia e centro), portanto, não podem ser considerados uma representação precisa do real valor das coisas. Sendo assim, se os preços e salários do Sul Global são comprimidos, a produtividade se deteriorará mesmo que não haja mudança no nível de produção física. (HICKEL; HANBURY LEMOS; BARBOUR, 2024).

Para resultados honestos a respeito da dinâmica da produtividade mundial, seria necessário comparar o produto físico de indústria similares, e isso é algo quase impossível de ser feito na atual divisão internacional do trabalho. Visto que os setores exportadores das economias do Sul Global utilizam tecnologias produzidas no Norte Global, na maioria das vezes proveniente de investimento financeiro estrangeiro. Além disso, quando comparamos

indústrias similares, os trabalhadores do Sul Global produzem a mesma ou maior quantidade de produto físico que os trabalhadores do Norte Global (COPE, 2019).

Os níveis de desigualdade regional mascaram variações significativas na desigualdade entre países dentro das regiões, demonstrando ainda que os níveis de desigualdade não são determinados pela geografia ou pelos níveis de desenvolvimento (CHANCEL et al, 2022). Essas diferenças salariais entre o Norte e o Sul Global pode ser visualizada no gráfico abaixo sobre a distribuição da população adulta mundial por diferentes faixas de salário:

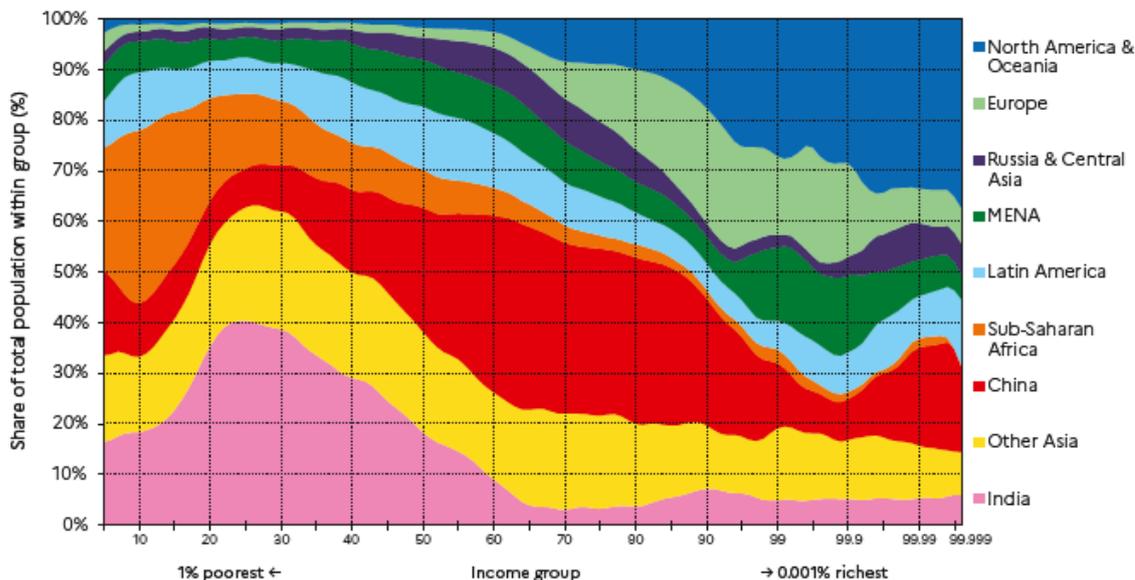
Figura 15 - Distribuição de renda mundial mensal de adultos (Euro PPP) em 2021



Fonte: Chancel et al, 2022.

O gráfico abaixo apresenta para cada percentil da distribuição de renda global, a participação de cada região. A Europa e a América do Norte estão quase exclusivamente presentes entre os 50% mais ricos da distribuição e mais ainda nos 30% mais ricos. Além disso, os países emergentes e em desenvolvimento são representados por uma grande desigualdade renda, com uma grande quantidade de indivíduos na extrema pobreza como também entre os mais ricos do mundo.

Figura 16 - Distribuição do nível de renda geográfico - 2022



Fonte: Chancel et al (2022).

Esse contexto de desigualdade torna-se muito perigoso para os países do Sul Global com a inserção das tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0, que tornarão as vantagens comparativas na produção definidas pela relação capital-trabalho e pela disponibilidade de funcionários altamente qualificados no país em questão. Considerando que haverá um preterimento pela baixa intensidade de mão de obra e matérias-primas baratas, pois a mão-de-obra semiqualiificada será amplamente substituída pelos processos automatizados e robôs industriais (SIMACHEV; FEDYUNINA; KUZYK, 2020).

### 3.4. Nível de Preparação do Brasil e mundo para adoção das tecnologias da Indústria 4.0

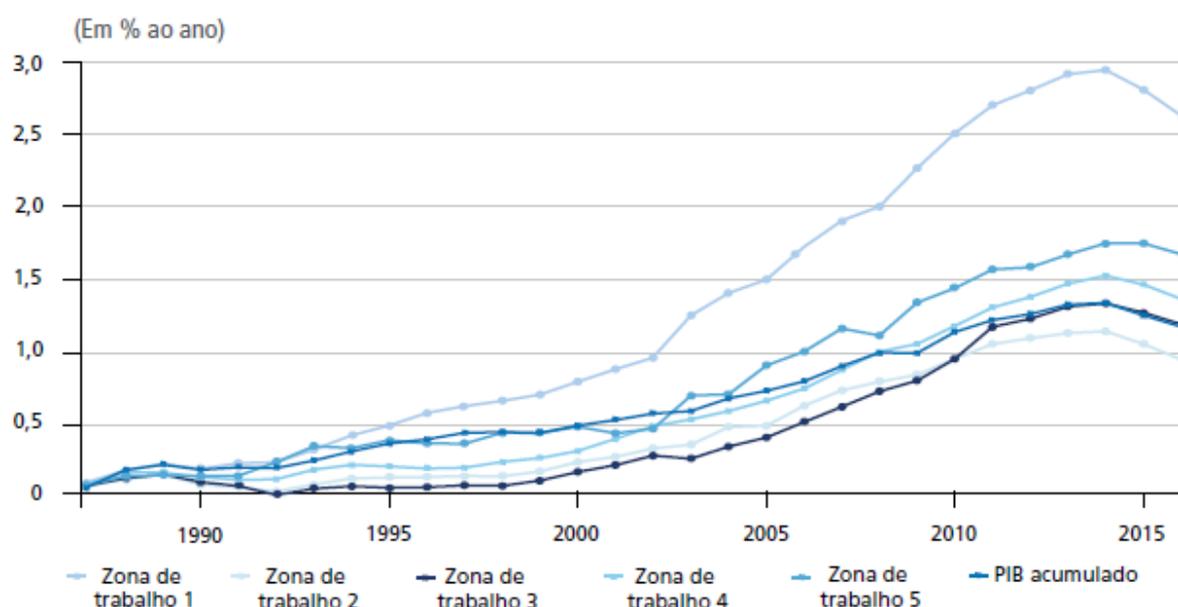
Devido ao atraso tecnológico que os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento foram submetidos ao longo das revoluções industriais anteriores, a indústria não se mecanizou da mesma forma que nos países desenvolvidos. Nesse sentido, Dvorkin (2016) classificou as ocupações nos Estados Unidos da América em 4 tipos, baseados nas habilidades exigidas sendo (manuais ou cognitivas): manual rotineiro; manual não rotineiro; cognitivo rotineiro; e, cognitivo não rotineiro. O autor constatou que os trabalhos rotineiros tanto manuais quanto cognitivos seguem uma tendência de estagnação, principalmente por causa da automatização. Por outro lado, foi observado uma crescente evolução nos postos de trabalhos não rotineiros cognitivos.

No Brasil, Albuquerque et al (2019) estimaram a probabilidade de automação a partir da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), associada com a classificação de zonas de trabalho da *Occupational Information Network (O\*NET)* – uma base de dados que contém as definições das ocupações desenvolvida pelo Departamento de Trabalho dos Estados Unidos. As zonas de trabalho foram divididas em:

- Zona de trabalho 1: ocupações que requerem pouca preparação;
- Zona de trabalho 2: ocupações que requerem pouca preparação;
- Zona de trabalho 3: ocupações que necessitam de um nível intermediário de preparo;
- Zona de trabalho 4: ocupações que necessitam de uma considerável preparação; e
- Zona de trabalho 5: ocupações que exigem alto nível de preparo.

Nesse sentido, os autores estimaram para essas zonas de trabalho uma taxa de crescimento cumulativo (CGR) no período entre 1987-2016. Os resultados podem ser visualizados no gráfico abaixo:

Figura 17 - Taxa esperada de crescimento cumulativo (CGR) para cada zona de trabalho e PIB brasileiro (1987-2016)



Fonte: Albuquerque et al (2019).

De acordo com os resultados exibidos no gráfico é possível observar que a zona de trabalho 1 (ocupações que requerem pouca preparação) cresceu de forma expressiva após

1990, quando política neoliberais foram instituídas pelo governo brasileiro. Consequência da desindustrialização da economia brasileira, o setor de serviços caracterizou-se por absorver a mão-de-obra menos qualificada. Segundo Albuquerque et al (2019), essa tendência de crescimento na zona de trabalho 1, foi um movimento realizado pelos trabalhadores das zonas 2, 3, 4, e com menor frequência pelos trabalhadores da zona de trabalho 5. Pois, os trabalhadores preferem receber menos em uma ocupação de baixo nível preparatório do que estar desempregado, mesmo que o trabalhador tenha qualificações acima do exigido.

Além disso, durante a crise política entre 2014-2016 quando houve o impeachment da presidente Dilma Rousseff e o PIB do Brasil caiu 3,9%, a zona de trabalho 1 foi a que mais sofreu redução no período (31,45%); zona de trabalho 2 (17,94%); zona de trabalho 3 (14,42%); zona de trabalho 4 (16,06%); e, zona de trabalho 5 (7,52%). Vale ressaltar que esses resultados consideram apenas o mercado de trabalho formal brasileiro. Portanto, a instabilidade política vulnerabiliza principalmente a população mais pobre e os trabalhadores que possuem menor poder de barganha de salários/condições de trabalho. Por fim, segundo os autores, caso as empresas decidam por automatizar as profissões com maior probabilidade de automação, aproximadamente 30 milhões de empregos estariam em risco até 2026.

Essa é uma tendência global, na qual o Brasil ainda está bem situado se comparado com outros países subdesenvolvidos. Por esse motivo a desigualdade socioeconômica da população evidenciada pelo o estudo de Chancel et al (2022), agravam-se ainda mais pela deterioração dos termos de troca e o aumento do custo de vida, principalmente para a população com baixa escolarização e os grupos de pessoas com desvantagens no mercado de trabalho. Nesse sentido, a Indústria 4.0 deve ser construída com o foco na redução das desigualdades socioeconômicas e climáticas. As tecnologias que serão estabelecidas nas fábricas, empresas, estabelecimentos e residências devem promover uma integração simples e intuitiva para os seres humanos/máquinas/objetos. A grande quantidade de dados que são e serão criados precisam de ser utilizados da melhor forma possível pelos governos e instituições econômicas para que essa crescente desigualdade socioeconômica entre indivíduos e países não se prolongue nos próximos anos, pois as consequências disso podem ser catástrofes mundiais nunca vistas. Os principais atores para promover a transição digital, facilitar a inserção das novas tecnologias entre os diversos setores da economia, empresas e

na vida dos indivíduos serão as MPEs, por causa da maior facilidade de mobilização exigida pela fragmentação das Cadeias Globais de Valor (CGV).

O Fórum Econômico Mundial – FEM (*World Economic Forum - WEF*)<sup>13</sup> realiza desde 2016 o *Future of Jobs Report*, um relatório que rastreia o impacto da Quarta Revolução Industrial no mercado de trabalho, identifica a escala potencial de queda ou crescimento das ocupações por meio de estratégias de empoderamento de transição laboral para as ocupações em declínio. Segundo o relatório divulgado em 2023, no qual foram realizadas pesquisas com os maiores empregadores do mundo sobre as tendências e direções para o mercado de trabalho no período entre 2023-2027.

A pesquisa envolveu 803 empresas que empregam por volta de 11,3 milhões de trabalhadores em 27 clusters industriais e 45 economias de diferentes regiões do mundo. A respeito da adoção das novas tecnologias, as maiores probabilidades estão relacionadas a big data, computação em nuvem e inteligência artificial. Mais de 75% das empresas analisadas estão buscando adotar essas tecnologias nos próximos 5 anos. As plataformas digitais e aplicativos são as tecnologias mais propensas de serem adotadas por de 86% das empresas para o comércio eletrônico e digital. Tecnologias que abrangem a área educacional e força de trabalho são as segundas mais bem classificadas. A adoção de robôs, tecnologia de armazenamento de energia e *Distributed Ledger Technologies (DLT)* ocupam as posições mais baixas na lista (DI BATTISTA et al, 2023).

A maioria das ocupações com crescimento mais rápido são relacionadas a tecnologia. Especialistas em *Machine Learning* e Inteligência Artificial (IA), ocupam as melhores posições. Seguido por especialistas em sustentabilidade, analistas de negócios, analistas de segurança em tecnologia de informação. Além disso, conforme os países realizam a transição energética, são visados engenheiros em Energia Renovável, Instalação de Energia Solar e engenheiros de Sistemas. Por outro lado, os dados mostram que as ocupações relacionadas a exigências cognitivas rotineiras, como secretariado, caixas de banco, funcionários de correios, caixas de supermercado e registradores de dados são os que mais tendem a diminuir rapidamente (DI BATTISTA et al, 2023).

---

<sup>13</sup> Criado em 1971 por Klaus Martin Schwab, é uma fundação sem fins lucrativos que envolve líderes políticos, empresariais, acadêmicos, da sociedade civil e outros líderes da sociedade para moldar agendas globais, regionais e industriais. É independente, imparcial, não vinculada a nenhum interesse especial. Tem sede em Genebra na Suíça, onde recebeu o status de organização internacional para cooperação público-privada em 2015. Disponível em: <https://www.weforum.org/about/institutional-framework/>

É esperado crescimento em larga escala para ocupações nas áreas de educação, agricultura, comércio digital e investimentos. As ocupações com maiores quedas são relacionadas a posições administrativas e em posições tradicionais de segurança privada, produção industrial e comércio. As habilidades mais exigidas são pensamento analítico e criativo, resiliência, flexibilidade e agilidade. Além disso, o novo padrão produtivo exige dos profissionais habilidades relacionadas ao trabalho em grupo, como: empatia, escuta ativa, liderança, influência social e controle de qualidade. Segundo o relatório, os empregadores darão prioridade para a contratação de mulheres, jovens abaixo dos 25 anos e pessoas com deficiência (DI BATTISTA et al, 2023).

No Brasil, as tendências que poderão direcionar a transformação industrial e impactar positivamente o mercado de trabalho, são guiadas pela aplicação mais ampla de padrões *Environmental, Social and Governance – ESG* (70%). Seguido pelos investimentos induzidos pela mudança climática para a adaptação das operações (62%), investimentos para a facilitação da transição verde nos negócios (62%). Os impactos negativos são o desaceleramento do crescimento econômico global e possíveis complicações na adoção de novas tecnologias da fronteira tecnológica.

Segundo a pesquisa, as tecnologias que tendem a direcionar a transformação industrial e impactar a criação de empregos são: Análise de *Big Data* (51%), plataformas digitais e aplicativos (44%), educação e desenvolvimento de tecnologias para força de trabalho (40%). A respeito do mercado de trabalho, espera-se um encolhimento de 21% da força de trabalho nos próximos 5 anos, abaixo da média global de 23%. As principais ocupações selecionadas para a transformação dos negócios pelas empresas para crescimento mais rápido foram em apenas duas áreas: Analistas e Cientistas de Dados; e, Profissionais de Desenvolvimento de Negócios.

Por outro lado, as demais ocupações da lista seguem tendência de queda, com a maior diminuição nas posições de Secretariado administrativo e executivo, contadores, profissionais de escrituração contábil e de folha de pagamentos. O motivo para tal seria a adoção de tecnologias de inteligência artificial e automação de tarefas cognitivas rotineiras, corroborando com os resultados da pesquisa de Dvorkin (2016) sobre o mercado de trabalho estadunidense (DI BATTISTA et al, 2023).

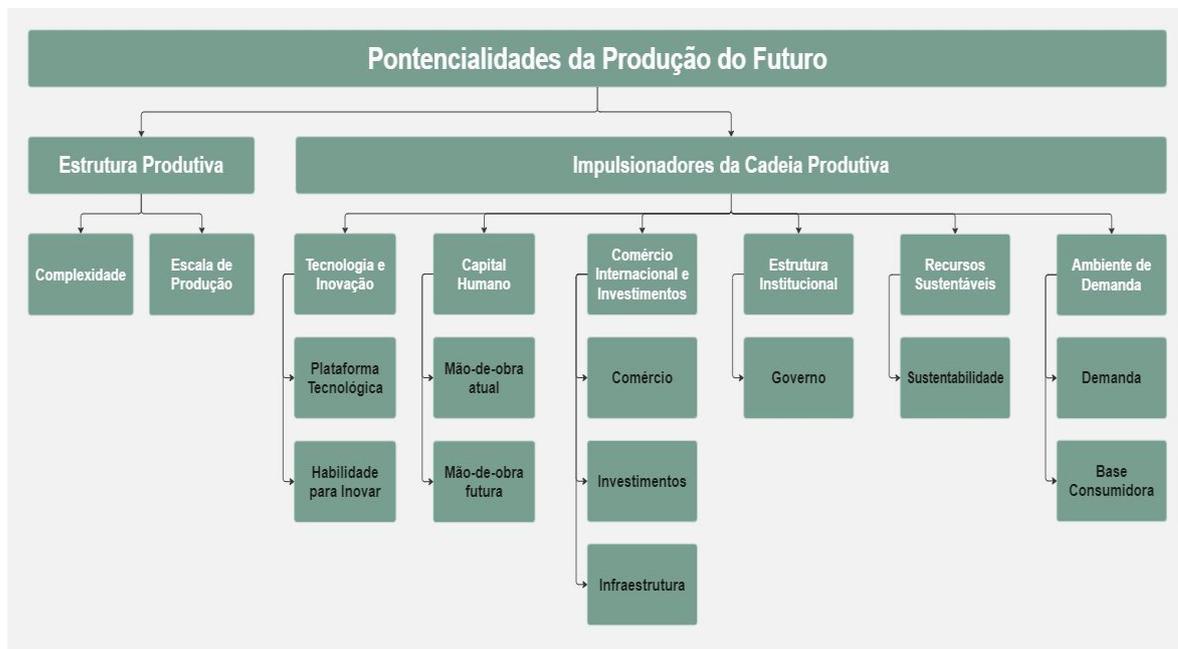
Em relação a Indústria 4.0, o *WEF* realizou o relatório “*Readiness for the Future of Production Assessment*”<sup>14</sup> em 2018, uma análise sobre a preparação dos países para a produção no âmbito da Indústria 4.0. Essa preparação é associada à habilidade dos atores públicos e privados em 100 países para capitalizar as oportunidades para o futuro da produção, reduzir os riscos e desafios, a agilidade e resiliência em lidar com possíveis choques futuros. A avaliação dos países tem dois componentes principais: Estrutura de Produção – a situação atual da cadeia produtiva de um país; e, Impulsionadores de Produção – fatores que habilitam um país a se capitalizar na direção da Quarta Revolução Industrial para transformar a cadeia produtiva. A avaliação dos componentes levou em conta 59 indicadores para medir o nível dos países nesses componentes. Os 100 países avaliados são classificados em quatro grupos com base em seu desempenho nesses dois componentes:

- *Leading*: Países líderes que possuem uma base produtiva forte atualmente, que mostraram alto nível de preparação para o futuro por causa dos melhores resultados no componente “Impulsionadores de Produção”. Esses países também possuem maior valor econômico para lidar com problemas no futuro;
- *Legacy*: Países que possuem uma base produtiva forte atualmente, entretanto os resultados fracos no componente “Impulsionadores de Produção”, os colocam em risco para enfrentar as novas tecnologias do futuro;
- *High-Potential*: Países que possuem uma base produtiva limitada atualmente e obtiveram resultados medianos no componente “Impulsionadores de Produção”, o que indica capacidade disponível para incremento produtivo no futuro dependendo das prioridades dentro da economia nacional;
- *Nascent*: Países com uma base produtiva limitada atualmente, que mostraram baixo nível de preparação para o futuro por causa dos resultados fracos no componente “Impulsionadores de Produção”.

---

<sup>14</sup> Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/readiness-for-the-future-of-production-report-2018/>

Figura 18 - Potencialidades da Produção do Futuro



Fonte: Traduzido pelo autor com base no relatório *Readiness for the Future of Production Assessment* (2018)

De acordo com o relatório de 2018, o Brasil obteve resultados mais satisfatórios nas áreas de Recursos Sustentáveis (7,6) e Ambiente de Demanda (6,1), e os piores resultados nas áreas de Capital Humano (4,4) e Estrutura Institucional (4,5). No geral, a análise mostrou resultados medianos para todas as áreas e o situou entre as melhores posições do grupo dos países com potencial “*Nascent*”. Os resultados nos principais componentes foram: Estrutura Produtiva (5,2), na 41ª posição entre os 100 países; Impulsionadores da Cadeia Produtiva (5,0), na 47ª posição. O Brasil destaca-se como um dos principais destinos para Investimentos Estrangeiros Diretos (IED), incluindo investimentos do tipo *Greenfield*. Para maximizar os benefícios desses investimentos, é necessário que o país aproveite suas conexões globais, facilitando a transferência de tecnologia.

Em 2018, o valor agregado da manufatura brasileira era o nono maior do mundo, ótima qualidade de universidades que ocupou a décima-terceira posição, mas situou-se entre as piores posições para a qualidade da matemática e ciência (97ª) e qualidade do treinamento vocacional (86ª). Por isso as habilidades da força de trabalho atual estão distantes das exigências contemporâneas, especialmente em áreas críticas como competências digitais, engenharia e pensamento crítico. Além disso, o Brasil é o pior país no indicador de práticas de contratações e demissões. A defasagem nessas áreas representa um obstáculo significativo para o desenvolvimento sustentável e a competitividade do país no cenário global. Dessa forma, é crucial que as políticas públicas e iniciativas privadas se concentrem

na capacitação e atualização das habilidades da força de trabalho brasileira para prosperar na Indústria 4.0. Um dos maiores desafios para o Brasil é a estrutura institucional, onde os resultados do relatório indicam fraca orientação governamental para o futuro, o que corrobora com o estudo de Doré (2022).

Para finalizar, o Brasil possui muitas fragilidades estruturais em relação a outras economias de potencial similar, isto torna o desenvolvimento econômico um processo a ser alcançado que exige planejamento em todos os setores da economia brasileira. Nesse sentido, o principal problema a ser enfrentado no Brasil é sua estrutura institucional e a forma como ela coordenará os próximos para que o crescimento econômico seja mais do que aumentar o volume do PIB. Atualmente várias instituições econômicas e de ensino brasileiras possuem projetos de investimento na Indústria 4.0, como FINEP, CNPq, SENAI, CNI, Institutos Federais (IFs), Embrapa e EMBRAPPII. Esses projetos que já estão sendo implementados e avaliados através de pesquisas, entretanto ainda possuem pouca penetração no mercado. As Instituições de Ensino estão desenvolvendo cursos de ensino superior e técnico relacionados as tecnologias da Indústria 4.0, que tentam mitigar as fragilidades na mão-de-obra e capacidade de inovação da cadeia produtiva evidenciada pelos estudos analisados ao longo desta monografia. Entretanto permanecem concentrados no Sul e Sudeste do país.

Dessa forma, para que as desigualdades regionais não se intensifiquem com a adoção das tecnologias da Indústria 4.0, o Brasil deve aproveitar suas vantagens comparativas em bioeconomia e energias renováveis durante o processo de neindustrialização. A dimensão continental do país não permite que a centralização das decisões políticas seja eficiente, as regiões com menor densidade demográfica não receberam a devida atenção durante a formação econômica do Brasil e a população destes lugares foram as mais prejudicadas. Os problemas de infraestrutura se intensificam no Norte, Nordeste e Centro-Oeste, enquanto o agronegócio em constante expansão territorial afeta a biodiversidade brasileira. O agronegócio que não promove melhora das condições de vida e salários dos trabalhadores da base, lucra com o descaso pelas políticas direcionadas ao desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

A renda da terra, portanto, é um assunto que deve trabalhado com seriedade pois implica diretamente no setor industrial brasileiro e no custo de vida da população. Uma reforma agrária, e sem reforma tributária por si só não resolveria os problemas socioeconômicos do Brasil. Assim sendo, as tecnologias da Indústria 4.0, a digitalização da

economia e os dados que estão sendo analisados por instituições públicas e privadas poderão ser úteis para rastrear e identificar por onde as mudanças devem começar a serem feitas. Bem como se utilizadas na modernização dos centros urbanos e infraestrutura básica, poderemos gerenciar os recursos naturais, que mesmo abundantes, como a água, se tornam escassos para a população que paga altas tarifas para sobreviver com o mínimo. Muito se fala em transição energética e no que deve ser feito para mitigar os efeitos da emissão de gás carbono, no entanto, como evidenciado no relatório sobre a desigualdade climática, a classe dos mais ricos do mundo é a maior responsável pelas emissões de carbono. Considerando que a matriz energética brasileira é uma das mais limpas entre todos os países, cabe aos formuladores de políticas prover o mínimo para a população brasileira sem colocá-los como culpados pelos desastres ambientais.

Além disso, a criação de softwares e a manipulação de dados também é uma área que pode aumentar os efeitos da troca desigual entre Norte e Sul Global no futuro, visto que as grandes empresas de tecnologia são provenientes de países do Norte e há uma tendência de migração da mão-de-obra especializada do Sul para o Norte em busca de melhores condições de vida. A Quarta Revolução Industrial é uma era onde os ativos intangíveis serão mais importantes que os físicos, e nesse sentido, os países do Sul Global precisam se coordenar a fim de diminuir as desigualdades tecnológicas, sociais e financeiras. Esse desenvolvimento socioeconômico só será possível para esses países caso isso ocorra, e se tornem, finalmente, os donos de suas próprias terras.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no desenvolvimento teórico e analítico desta monografia, podemos afirmar que neointustrialização do Brasil visando a introdução de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, representa uma oportunidade única para a promoção do desenvolvimento socioeconômico no país. A Quarta Revolução Industrial introduz no mercado internacional tecnologias disruptivas, como a Internet das Coisas (*IoT*), os Sistemas Ciber-Físicos (*CPS*) e automação avançada, que podem revolucionar não apenas o setor produtivo, mas também criar padrões de competitividade global, mudar as relações sociais e a dinâmica a respeito do consumo de mercadorias e recursos naturais em um nível mais abrangente que as outras revoluções industriais por causa da digitalização intensiva. Este estudo examinou como essas inovações tecnológicas podem ser adaptadas ao contexto brasileiro e as barreiras que precisam ser superadas para que o país aproveite ao máximo essa oportunidade elevar sua posição nas Cadeias Globais de Valor (CGV).

A análise histórica-econômica indicou que o Brasil, tradicionalmente dependente de exportações primárias, marcado por políticas econômicas variadas que impediram o planejamento do país para o longo prazo, intensificou a concentração de renda e terras dentre a classe dominante. Dessa forma, os maiores desafios do Brasil que dificultam a inserção plena na Indústria 4.0 são mais estruturais que tecnológicos. Entretanto, a revisão bibliográfica demonstrou que, por meio de políticas adequadas de investimento em infraestrutura, educação e inovação, o Brasil pode superar esses obstáculos. A capacitação da mão-de-obra e o desenvolvimento de instituições inclusivas são elementos cruciais para garantir que as novas tecnologias não apenas aumentem a produtividade, como também sejam promotoras de mudanças drásticas na estrutura do país a fim de diminuir as desigualdades socioeconômicas e preserve a biodiversidade. Essas novas tecnologias introduzem na sociedade um novo conceito de aprendizado que merece a devida atenção das instituições de ensino e empresas que pretendem se modernizar.

Nesse sentido o programa Nova Indústria Brasil (NIB), caso seja implementado de forma eficiente nos próximos anos, poderá sanar as ineficiências da economia brasileira. O foco em missões em áreas estratégicas fornece maior clareza sobre qual caminho a indústria poderá evoluir com os investimentos e direcionamentos das instituições. A CEITEC, como única produtora de semicondutores na América Latina, pode criar estratégias de expansão no mercado tomando como exemplo o setor de comunicações do Brasil no período em que

o controle era estatal e levaram a regiões distantes não apenas o produto, como também o conhecimento sobre a tecnologia com técnicos das empresas.

Atualmente, segundo o Atlas da Inovação, o setor de Tecnologias de Informação e Comunicação é o que possui a maior quantidade de ativos de inovação. Portanto, o investimento na infraestrutura digital e nas tecnologias de comunicação, é uma ótima oportunidade de proporcionar rápida transição digital da população, do setor produtivo e das empresas por meio da integração digital das cidades brasileiras. O que é um dos pontos fracos do Brasil no sentido de adoção da Indústria 4.0. Nesse sentido, a participação do governo deve ser ativa para coordenar as empresas privadas no direcionamento mais prático com parcerias público-privadas que possam viabilizar a adoção dessas tecnologias.

Além disso, ficou evidente que, para a plena implementação da Indústria 4.0, o Brasil precisa resolver suas deficiências em infraestrutura básica e digital, além de criar um ambiente institucional favorável à inovação. É necessário investir em reformas políticas e econômicas que garantam o fortalecimento de instituições capazes de sustentar o progresso tecnológico e a inovação, assim como aumentar a competitividade das indústrias locais no mercado internacional. A infraestrutura precária do país é uma oportunidade para se planejar um futuro para a sociedade que não se resuma em medidas paliativas e alto custo de subsistência dos brasileiros.

Sendo assim, a indústria da construção tem um amplo território para expansão no mercado interno e latino-americano, há muito para ser construído no saneamento básico, geração, distribuição e transmissão de energia elétrica, moradias, estabelecimentos comerciais e indústrias. No âmbito da Indústria 4.0, o planejamento regional não pode ser deixado de lado, sendo talvez o ponto mais crítico para que os estados brasileiros se tornem economicamente ativos de forma mais homogênea e desconcentrada. O potencial de mercado interno e externo deve ser explorado através da solução dessas deficiências.

Em suma, esta monografia reafirma que a Indústria 4.0 não é apenas uma oportunidade tecnológica, mas uma via crucial para que o Brasil alcance um crescimento econômico sustentado, com a redução das desigualdades internas e promover desenvolvimento econômico para melhorar sua posição no cenário global. Para isso, é fundamental que haja um esforço coletivo do setor público e privado, com políticas voltadas para a qualificação da força de trabalho de forma mais incisiva, modernização das

instituições econômicas, fortalecimento da regulação financeira, e a inovação tecnológica sustentável. No entanto, tais medidas necessitam de reformas institucional, tributária e agrária para impedirem a concentração de renda e gastos irresponsáveis do governo. Somente assim o país poderá garantir que os benefícios dessa revolução industrial sejam amplamente distribuídos entre nossa população.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABREU, Marcelo. **A Ordem do Progresso Edição Atualizada: Dois Séculos de Política Econômica no Brasil**. Elsevier Brasil, 2015.
- ACEMOGLU, D.; ROBINSON, J. **Por que as nações fracassam**. Nova York, Elsevier Campus, 2012.
- ALBUQUERQUE, Pedro H. et al. **Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimação da probabilidade de automação de ocupações no Brasil**. Texto para Discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2019.
- ALEKSEEV, Alexander N. et al. Financial strategy of development of industry 4.0 in the countries with developing economy. **Revista Espacios**, v. 39, n. 12, 2018.
- ALMEIDA, Rodrigo Pessotto et al. How to assess investments in industry 4.0 technologies? A multiple-criteria framework for economic, financial, and sociotechnical factors. **Production Planning & Control**, v. 34, n. 16, p. 1583-1602, 2023.
- ANSARI, Fazel; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. Rethinking human-machine learning in industry 4.0: how does the paradigm shift treat the role of human learning?. **Procedia manufacturing**, v. 23, p. 117-122, 2018.
- ATOLIA, Manoj et al. **Rethinking development policy: deindustrialization, servicification and structural transformation**. International Monetary Fund, 2018.
- BAKHTIN, Mikhail. **A cultura popular na Idade Média: o contexto de François Rabelais**. São Paulo: Hucitec; Brasília: Edunb, 1999.
- BIELSCHOWSKY, R. (Org.). **Cinquenta anos de pensamento na Cepal**. Rio de Janeiro: Record; Cofecon; CEPAL, 2000. p.15-68. v.1.
- BIELSCHOWSKY, Ricardo et al. (Ed.). **Padrões de desenvolvimento econômico (1950-2008): América Latina, Ásia e Rússia**. CGEE, 2013.
- BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **O conceito histórico de desenvolvimento econômico**. 2006.
- CALDEIRA, Jorge. **História da riqueza no Brasil: cinco séculos de pessoas, costumes e governos**. Sextante, 2017.
- CEITEC – Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. Estatuto Social. 2023.
- CEITEC – Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. Plano de Negócios 2020-2024. 2020.
- CEITEC – Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. Plano Estratégico 2020-2024. 2020.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – Boletim Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro (2024). Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_CNA\\_1triBoletim%20MT%20Agro\\_2024.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_1triBoletim%20MT%20Agro_2024.pdf)
- CHANCEL, Lucas et al. (Ed.). **World inequality report 2022**. Harvard University Press, 2022.

- CHANCEL, Lucas; BOTHE, Philipp; VOITURIEZ, Tancrede. **Climate inequality report 2023, Fair taxes for a sustainable future in the global South**. 2023. Tese de Doutorado. World Inequality Lab (WIL).
- CHANG, H. J. **Chutando a escada: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica**. Unesp. 2004.
- CHANG, Ha-Joon; AMSDEN, Alice H. **The political economy of industrial policy**. London: Macmillan, 1994.
- CHEN, Baizhu; FENG, Yi. Determinants of economic growth in China: Private enterprise, education, and openness. **China Economic Review**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2000.
- COPE, Zak. **The wealth of (some) nations: imperialism and the mechanics of value transfer**. London: Pluto Press, 2019.
- CORTEZ, Glauco Rodrigues. **Os espaços de comunicação na cidade medieval**. In: **E-Compós**. 2009.
- CURADO, Marcelo. Industrialização e desenvolvimento: uma análise do pensamento econômico brasileiro. **Economia e Sociedade**, v. 22, p. 609-640, 2013.
- DA SILVA ESQUERDO, Paula; GIUBERTI, Ana Carolina. **Benefícios Fiscais e a Nova Geografia Econômica: Um Estudo Sobre o Crescimento Econômico de Municípios Limítrofes em Diferentes Estados Brasileiros Para 2003 a 2012 no Âmbito do Icms Industrial**. **RPER**, n. 55, p. 79-94, 2020.
- DALPIAZ, Renata; PEREIRA, Leandro; MALASSISE, Regina. **Teorias do crescimento econômico**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.
- DE ALMEIDA, Alexandre Nascimento; DA SILVA, João Carlos Garzel Leodoro; ANGELO, Humberto. Importância dos setores primário, secundário e terciário para o desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 1, 2013.
- DE SOUZA, Pedro Herculano Guimarães Ferreira. **A desigualdade vista do topo: a concentração de renda entre os ricos no Brasil, 1926-2013**. **Sociedade e Estado**, v. 31, n. 3, p. 891-892, 2016.
- DI BATTISTA, Attilio et al. Future of jobs report 2023. In: **World Economic Forum, Geneva, Switzerland. 2023**. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>.
- DORÉ, Natalia Izelli. **Economic Growth and Convergence in the Very Long-run: The Case of Emerging Economies with a Focus on Brazil**. 2022.
- DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley; STARTZ, Richard. **Macroeconomia**. Bookman Editora, 2013.
- DOSI, Giovanni. **Technical change and industrial transformation: the theory and an application to the semiconductor industry**. Springer, 1984.
- DVORKIN, Maximiliano. Jobs involving routine tasks aren't growing. **On the Economy, Federal Reserve Bank of St. Louis**, 2016.
- ENGELS, Friedrich. **Esboço de uma crítica da economia política**. Temas de ciências humanas, v. 5, p. 1-29, 1979.

FALEIROS, Rogério Naques. **Do escravo ao imigrante: cafeicultura e relações de trabalho em São Paulo no século XIX**. Leituras de Economia Política, Campinas: Instituto de Economia/UNICAMP, 2000.

FONSECA, Marcus Vinícius. A educação da criança escrava nos quadros da escravidão do escritor Joaquim Manoel de Macedo. **Educação & Realidade**, v. 36, n. 1, 2011.

FONSECA, Marcus Vinícius. Educação e escravidão: um desafio para a historiográfica. **Revista Brasileira de História da Educação**, v. 2, n. 2 [4], p. 123-144, 2012.

FONSECA, Marcus Vinícius. O predomínio dos negros nas escolas de Minas Gerais do século XIX. **Educação e Pesquisa**, v. 35, p. 585-599, 2009.

FRIEDEN, Jeffry A. **Capitalismo global: história econômica e política do século XX**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2008.

FURTADO, Celso. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Contraponto: Centro Internacional Celso Furtado, 2009.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. Companhia das Letras, 2020.

GAY, Victor. **TSE M2 PPD Institutions and Long-Run Development (2022-2023)**. 2023. Tese de Doutorado. Toulouse School of Economics (TSE).

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress, 2016.

GONZAGA, Márcia Féldreman Nunes; SQUINA, Fabio Marcio. Estudo das oportunidades do mercado industrial relacionados a utilização bioplásticos microbianos em substituição a plásticos derivados do petróleo. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 33331-33348, 2022.

HARDY, C.; CLEGG, S. R. **Alguns ousam chamá-lo de poder**. In: CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. **Handbook de estudos organizacionais**. São Paulo: Atlas, 2001. p. 260-289. v. 2.

HARVEY, David. **Para entender O Capital-livro 1**. Boitempo Editorial, 2015.

HICKEL, Jason; HANBURY LEMOS, Morena; BARBOUR, Felix. **Unequal exchange of labour in the world economy**. Nature Communications, v. 15, n. 1, p. 6298, 2024.

HODGSON, Geoffrey M. What are institutions? **Journal of economic issues**, v. 40, n. 1, p. 1-25, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_definitivos.pdf).

JÚNIOR, Caio Prado. **História econômica do Brasil**. Editora brasiliense, 1978.

KRUGMAN, P. Geography and trade. Cambridge: Leuven University Press and The MIT Press, 1991a. Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99:483–499, 1991. **The role of geography in development**. In: Annual world bank conference on development economics. Washington, 1998.

LAMBRECHTS, Wynand; SINHA, Saurabh; MARWALA, Tshilidzi. The Global South and Industry 4.0: historical development and future trajectories. **The BRICS Order: Assertive or Complementing the West?** p. 249-281, 2021.

LAZAROU, Elisabeth; MUSTATA, Cristian; DRAGOMIRESCU, Cristian. Working and learning in industry 4.0 environments. **UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering**, v. 81, n. 4, p. 353-366, 2019.

LOBOVA, Svetlana V. et al. Successful experience of formation of industry 4.0 in various countries. **Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century**, p. 121-129, 2019.

LOPES, Herton Castiglioni. Instituições e crescimento econômico: os modelos teóricos de Thorstein Veblen e Douglass North. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 33, p. 619-637, 2013.

MARINI, R. M. (2017) [1979]. **Dialética da Dependência**. Germinal: Marxismo E Educação. Em Debate, 9(3), 325–356. <https://doi.org/10.9771/gmed.v9i3.24648>

MARX, Karl. **O Capital-Livro 1: Crítica da economia política. Livro 1: O processo de produção do capital**. Boitempo Editorial, 2015.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **Manifesto comunista**. Boitempo Editorial, 2015.

MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MAZZUCHELLI, Frederico. A crise em perspectiva: 1929 e 2008. **Novos estudos CEBRAP**, p. 57-66, 2008.

MESSA, Alexandre. **Indicadores de produtividade: uma breve revisão dos principais métodos de cálculo**. 2013.

MONYAE, David; NDZENDZE, Bhaso (Ed.). **The BRICS Order: Assertive or Complementing the West?** Springer Nature, 2021.

NARITOMI, Joana. Herança colonial, instituições e desenvolvimento. **Um estudo sobre a desigualdade entre os municípios Brasileiros**, 2007.

NASSIF, André; FEIJÓ, C.; ARAÚJO, E. Política industrial e desenvolvimento econômico: teoria e propostas para o Brasil na era da economia digital. **Macroeconomia moderna: as lições de Keynes para as economias em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 81-100, 2019.

NETTO, J. P. **Lukács e a crítica da filosofia burguesa**. Lisboa: Seara Nova, 1978. p. 74-75. v. 1

OLANREWAJU, Oludolapo A. **Predicting Industrial Sector's Energy Consumption: Application of Support Vector Machine**. In: 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). IEEE, 2019. p. 1597-1600.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PLATFORM INDUSTRIE 4.0. Home. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Home/home.html>.

POPKOVA, Elena G.; RAGULINA, Yulia V.; BOGOVIZ, Aleksei V. (Ed.). **Industry 4.0: Industrial revolution of the 21st century**. Cham: Springer, 2019.

PORTUGAL, Rodrigo; SILVA, Simone Affonso da. **História das políticas regionais no Brasil**. Brasília: IPEA, 2020.

PREBISCH, R. **O desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus problemas principais**. In: BIELSCHOWSKY, R. (Org.). **Cinquenta anos de pensamento na Cepal**. Rio de Janeiro: Record; Cofecon; CEPAL, 2000. p.70-136. v.1.

RANGEL, Inácio. **Dualidade básica da economia brasileira**. Ministério da Educação e Cultura, Instituto Superior de Estudos Brasileiros, 1957.

SACOMANO, José Benedito et al. **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018.

SCHUMPETER, Joseph A. Os Economistas – Teoria do Desenvolvimento Econômico. **Editora Nova Cultural. São Paulo**, 1997.

SILVA, Maria Abádia da. **Educadores e educandos: tempos históricos**. 2016.

SILVEIRA, Gabriel Eugênio de Aguiar. **Aprendizado de máquina aplicado à predição de potência de geração distribuída na rede de distribuição de média tensão**. 2021.

SIMACHEV, Yurii; FEDYUNINA, Anna; KUZYK, Mikhail. Industrial Revolution 4.0 in the BRICS countries: What are the challenges for industrial policy? **BRICS Journal of Economics**, v. 1, n. 3, p. 4-22, 2020.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. Nova Fronteira, 2017.

SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações: Uma Investigação Sobre Suas Naturezas e Suas Causas**, São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda. Coleção os Economistas, 1996.

SOZINOVA, Anastasia A. Causal connections of formation of industry 4.0 from the positions of the global economy. **Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century**, p. 131-143, 2019.

TOSI, Pedro Geraldo; FALEIROS, Rogério Naques. Domínios do café: ferrovias, exportação e mercado interno em São Paulo (1888-1917). **Economia e Sociedade**, v. 20, p. 417-442, 2011.

VAN RIEL, Arthur; VAN ZANDEN, Jan Luiten. The Maddison Project. 2023.

VEILE, Johannes W. et al. Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 5, p. 977-997, 2020.

VELOSO, Fernando et al. Evolução do índice de capital humano anual para economia brasileira: 1995-2022. **Estudos Econômicos (São Paulo) – FGV-IBRE**, v. 54, n. 2, p. 1-32, 2024.

VIANNA, Sérgio Besserman. Política econômica externa e industrialização: 1946-1951. **A ordem do progresso: cem anos de política econômica republicana**, v. 1989, n. 10, 1889.

WU, Cheng-Feng et al. **The relationship between economic growth and electricity consumption: Bootstrap ARDL test with a fourier function and machine learning approach**. **Computational Economics**, p. 1-24, 2021.

WU, Zewen. Are we in a bubble? Financial vulnerabilities in semiconductor, Web3, and genetic engineering markets. **International Review of Economics & Finance**, v. 90, p. 32-44, 2024.

YAKIMOV, Peter; IOVEV, Atanas. Towards industry 4.0 oriented education. In: **2019 IEEE XXVIII international scientific conference electronics (ET)**. IEEE, 2019. p. 1-4.

YUAN, Chaoqing et al. **The relation between Chinese economic development and energy consumption in the different periods**. Energy Policy, v. 38, n. 9, p. 5189-5198, 2010.