



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Brenda Caroline Geraldo Castro

**O Brasil, a Coreia do Sul e a inserção na Indústria 4.0:** um estudo comparado a partir da  
Economia Política dos Sistemas-Mundo

Florianópolis

2023

Brenda Caroline Geraldo Castro

**O Brasil, a Coreia do Sul e a inserção na Indústria 4.0:** um estudo comparado a partir da  
Economia Política dos Sistemas-Mundo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Relações Internacionais.

Orientador(a): Prof. Dr. Helton Ricardo Ouriques

Florianópolis

2023

Castro, Brenda Caroline Geraldo

O Brasil, a Coreia do Sul e a inserção na Indústria 4.0 : um estudo comparado a partir da Economia Política dos Sistemas-Mundo / Brenda Caroline Geraldo Castro ; orientador, Helton Ricardo Ouriques, 2023.

108 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico, Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Relações Internacionais. 2. Indústria 4.0. 3. Economia Política dos Sistemas-mundo. 4. Brasil. 5. Coreia do Sul. I. Ouriques, Helton Ricardo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais. III. Título.

Brenda Caroline Geraldo Castro

**O Brasil, a Coreia do Sul e a inserção na Indústria 4.0: um estudo comparado a partir da Economia Política dos Sistemas-Mundo**

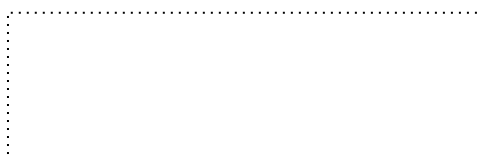
O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 28 de abril de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Helton Ricardo Ouriques Dr.(a)  
Instituição UFSC

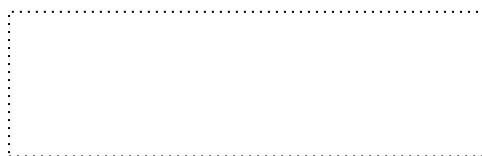
Prof.(a) Fábio Pádua dos Santos Dr.(a)  
Instituição UFSC

Prof.(a) Bruno Hendler Dr.(a)  
Instituição UFSM

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Relações Internacionais.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof.(a) Helton Ricardo Ouriques Dr.(a)  
Orientador(a)

Florianópolis, 2023.

*A minha mãe, minha maior incentivadora.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que sempre acreditou em mim quando me senti insegura e não suficiente. Vó, mãe, tia, Allyssan, vocês são minha maior motivação e suporte.

Não poderia deixar de agradecer aos meus antigos amigos da Graduação que tanto me apoiaram nessa jornada, Manu, André e Beatriz, sou muito grata por termos mantido contato mesmo longe. Agradeço também aos meus novos amigos que o Mestrado trouxe e que foram fonte constante de apoio: Paola, Daniela, João, Júlia, Jean, Luan e Gabriel, espero ter devolvido toda a parceria e consolo que vocês me proveram.

Com muito carinho expesso meu agradecimento aos meus professores do PPGRI que contribuíram para minha trajetória acadêmica e me guiaram quando estava um tanto perdida – Prof.<sup>a</sup> Iara sua disciplina foi um ponto decisivo na concepção dessa dissertação, obrigada. Em especial, sou grata ao GPEPSM que proporcionou tanto conhecimento e inspirou grande parte desse trabalho. Ao meu orientador prof. Helton, obrigada por toda a paciência e conselhos, assim como a liberdade de escrever sobre um tema tão valioso.

Agradeço com muita sinceridade a FAPESC que financiou parte dessa pesquisa. Tive o prazer de ser bolsista por um período da minha trajetória acadêmica e posso assegurar que o apoio prestado contribuiu enormemente no meu aprendizado. Espero que futuramente outros acadêmicos possam usufruir da mesma alegria e que o Estado siga difundindo recursos para a Pesquisa, que é uma área tão valiosa.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos da dança, que tanto me ouviram desabafar sobre minhas inquietações acadêmicas e proporcionaram horas de diversão no meu tempo livre: Ary, Rebeca, Georgia, Gaby, Isa, Natália, Sarah, Dani, Jéssica, Laura, Júlia, Guadi, Guto, Paula e Gaby. Amo todos vocês.

*“Se queres prever o futuro, estuda o passado.” (Confúcio)*

## RESUMO

Um novo paradigma industrial tem início a partir da década de 1990, conhecido como Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Como característica principal desse novo contexto, há a convergência de tecnologias que abrangem desde a esfera física até a digital e biológica. A assimilação desses novos paradigmas científico-tecnológicos implica em transformações radicais na produção, consumo e nas formas de sociabilidade dentro das indústrias e países. Wallerstein (2011) destaca o papel das mudanças tecnológicas na economia-mundo capitalista (EMC) e afirma que a competição presente na EMC faz com que o controle dos monopólios tecnológicos seja essencial para a acumulação de capital. Portanto, os Estados atuam com o objetivo de liderar as inovações tecnológicas e, assim, manter suas posições no sistema. Diante desse contexto, esta dissertação tem como objetivo apresentar um panorama comparativo entre o Brasil e a Coreia do Sul em relação à sua trajetória tecnológica e inserção na indústria 4.0, a partir da análise dos Sistemas-Mundo. Observou-se que o investimento sul coreano na inovação tecnológica possibilitou que o país ampliasse sua capacidade de acumular riqueza, aproximando-o do núcleo orgânico na EMC. Por outro lado, a dificuldade do Brasil em ter controle sobre o processo inovativo não somente afetou sua ascensão na hierarquia de riqueza, como ameaça a manutenção da sua posição semiperiférica.

**Palavras-chave:** Brasil; Coreia do Sul; Indústria 4.0.



## ABSTRACT

A new industrial paradigm began in the 1990s, known as the Fourth Industrial Revolution or Industry 4.0. A key characteristic of this new context is the convergence of technologies that span from the physical to the digital and biological realms. The assimilation of these new scientific and technological paradigms implies radical transformations in production, consumption, and social dynamics within industries and countries. Wallerstein (2011) highlights the role of technological changes in the capitalist world economy (CWE) and asserts that competition within the CWE necessitates control over technological monopolies for capital accumulation. Consequently, states strive to lead technological innovations to maintain their positions within the system. Given this context, this dissertation aims to present a comparative overview of Brazil and South Korea regarding their technological trajectories and integration into Industry 4.0, based on the analysis of World-Systems. It was observed that South Korea's investment in technological innovation has allowed the country to expand its wealth accumulation capacity, bringing it closer to the organic core in the CWE. On the other hand, Brazil's difficulty in controlling the innovation process not only affects its ascent in the hierarchy of wealth but also threatens the maintenance of its semi-peripheral position.

**Keywords:** Brazil; South Korea; Industry 4.0.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Principais temas das publicações científicas da Coreia do Sul (2011-2019) | 26 |
| Figura 2 – Crescimento da Economia Mundial x Ondas de Kondratiev                     | 40 |
| Figura 3 – Os Ciclos Sistêmicos de Acumulação (CSA)                                  | 42 |
| Figura 4 – Indústria 4.0: Tecnologias, Sistemas e Processos.                         | 51 |
| Figura 5 – Tecnologias base da Indústria 4.0.  | 52 |
| Figura 6 – Comitê Presidencial da Quarta Revolução Industrial.                       | 72 |
| Figura 7 – Mapa das províncias da Coreia do Sul.                                     | 76 |
| Figura 8– Principais atores do SNCTI.  | 91 |
| Figura 9– Plano de CT&I para a Manufatura Avançada no Brasil.                        | 92 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 – Participação da Manufatura na Pauta de Exportação (%), 1990-2000.....  | 24 |
| Gráfico 2 – Principais temas das publicações científicas do Brasil, 2008-2014.....                                       | 26 |
| Gráfico 3 – Patentes requeridas por residentes em países selecionados, 1980-2020 ..                                      | 27 |
| Gráfico 4 – Exportações de Alta Tecnologia, países selecionados, 2007-2021 (% exportação de manufaturados).....          | 30 |
| Gráfico 5 – Exportações de produtos relacionados a TIC, países selecionados, 2000-2020, (% do total de exportações)..... | 31 |
| Gráfico 6 – Evolução da renda per capital do Brasil, da Coreia do Sul e dos EUA.....                                     | 37 |
| Gráfico 7 - Participação da Manufatura na Pauta de Exportação (%), 1960-2000.....  | 65 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Número de pesquisadores envolvidos em P&D, 2000-2018, países selecionados (valor em mil).....          | 26 |
| Tabela 2 – Ondas K, CSA, <i>Loci</i> de Acumulação Sistêmica e Atividades típicas do núcleo orgânico-centro ..... | 43 |
| Tabela 3 – Grupos de Trabalho (GTs) da Câmara 4.0.....  | 94 |
| Tabela 4 – Áreas de Atuação do Plano Nacional de Internet das Coisas.....   | 95 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMC - Economia Mundo Capitalista

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CSA - Ciclos Sistêmicos de Acumulação

CT&I - Ciência, Tecnologia e Inovação

DIT - Divisão Internacional do Trabalho

ENCTI – Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

EPSM - Economia Política do Sistema-Mundo

Finep - Financiadora de Estudos e Projetos

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

ICT – Instituições de Ciência e Tecnologia

IED - Investimento Externo Direto

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial

IoT – Internet of Things

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MIIT – Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação

MOTIE - Ministério do Comércio, Indústria e Energia da Coreia do Sul

MSIT- Ministério da Ciência e Tecnologia da Coreia do Sul

PME - Pequenas e Média Empresas

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PACTI - Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação

PCFIR - Presidential Committee on the Fourth Industrial Revolution

PIB - Produto Interno Bruto

PINTEC - Pesquisa de Inovação Semestral

SNCTI - Sistema Nacional de Inovação

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development

UNESCO – Organização das Nações Unidas para educação, ciência e cultura

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2. INDICADORES DE CT&amp;I – PANORAMA COMPARATIVO ENTRE BRASIL E COREIA DO SUL.....</b>                          | <b>23</b> |
| <b>2.1 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3. A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA À LUZ DA ECONOMIA POLÍTICA DOS SISTEMAS-MUNDO .....</b>                                | <b>34</b> |
| <b>3.1 A PERSPECTIVA DO SISTEMA MUNDO: CONCEITOS RELEVANTES.....</b>  | <b>34</b> |
| <b>3.1.1 As Ondas Longas K, os Ciclos Sistêmicos de Acumulação e a Inovação Tecnológica no contexto da EMC.....</b> | <b>38</b> |
| <b>3.1.2. O papel do Estado e da inovação tecnológica no processo de desenvolvimento ....</b>                       | <b>45</b> |
| <b>3.2 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E OS SEUS PARADIGMAS TECNOLÓGICOS.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>3.3. CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4. A TRAJETÓRIA INDUSTRIAL-TECNOLÓGICA SUL COREANA .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>4.1 O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO: O PAPEL DO ESTADO E DOS CHAEBOLS.....</b>                                    | <b>58</b> |
| <b>4.2 A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA SUL COREANA.....</b>  | <b>65</b> |
| <b>4.3 AS INICIATIVAS SUL COREANAS PARA A INDÚSTRIA 4.0.....</b>  | <b>71</b> |
| <b>4.3.1 O Presidential Committee on the 4th Industrial Revolution (PCFIR).....</b>                                 | <b>71</b> |
| <b>4.3.2 Programa de Difusão e Avanço das Fábricas Inteligentes.....</b>  | <b>72</b> |
| <b>4.3.3 Flagship Projects Support Program .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>4.3.4 Manufacturing Renaissance Vision .....</b>   | <b>75</b> |
| <b>4.3.5 Desafios.....</b>  | <b>75</b> |
| <b>4.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....</b>  | <b>77</b> |
| <b>5 A TRAJETÓRIA INDUSTRIAL-TECNOLÓGICA BRASILEIRA.....</b>  | <b>79</b> |
| <b>5.1. A INDUSTRIALIZAÇÃO BRASILEIRA: UMA HISTÓRIA MARCADA PELA FALTA DE CONTROLE DO PROCESSO INOVATIVO.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>5.2. A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA BRASILEIRA.....</b>  | <b>87</b> |
| <b>5.3. AS INICIATIVAS BRASILEIRAS PARA A INDÚSTRIA 4.0.....</b>  | <b>92</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.3.1 Pro Futuro – Plano de CT&amp;I para a Manufatura Avançada no País</b> ..... | <b>93</b> |
| <b>5.3.2 Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0)</b> .....                  | <b>95</b> |
| <b>5.3.3 Plano Nacional da Internet das Coisas (IoT)</b> .....                       | <b>96</b> |
| <b>5.3.4 Desafios</b> .....  | <b>96</b> |
| <b>5.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO</b> .....   | <b>97</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO</b> .....  | <b>99</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre a existência ou não de uma Quarta Revolução Industrial após a década de 1980 tem sido discutida por inúmeros estudiosos (SCHWAB, 2019; PEREIRA; ROMERO, 2017). Recentemente denominada como Indústria 4.0, esse novo paradigma industrial tem coordenado ações de diferentes Estados em suas buscas por poder e riqueza, já que essas novas tecnologias têm contribuído expressivamente na acumulação e controle de capital. Independentemente dos argumentos dos contrários à sua existência, é inegável o impacto que esse novo paradigma causou na posição de muitos países na economia mundo capitalista.

Difundida principalmente a partir da década de 1970, a perspectiva dos Sistemas-Mundo, formulada inicialmente por Wallerstein (1979), defende a existência de uma economia-mundo capitalista (EMC), um sistema social histórico com surgimento na Europa no século XVI que se expandiu mundialmente desde então. A economia-mundo é definida como uma “grande zona geográfica na qual existe uma divisão do trabalho e, portanto, uma troca significativa de bens básicos ou essenciais, bem como um fluxo de capital e trabalho” (WALLERSTEIN, 2005, p.21). A economia-mundo e o sistema capitalista estão profundamente interligados, como bem observado na dependência das economias-mundo na divisão do trabalho, no que diz respeito a manter sua eficiência frente a ausência de um ator unificante (como por exemplo uma estrutura política ou uma cultura homogênea) (WALLERSTEIN, 2005).

Diversas unidades políticas estão presentes dentro de uma economia-mundo, e estas ligam-se entre si no sistema-mundo moderno dentro de um sistema interestatal. A perspectiva de Wallerstein enfoca principalmente nos Estados nacionais e o sistema interestatal dentro do contexto do sistema-mundo. Além disso, essa abordagem considera também as questões relacionadas às classes sociais e aos movimentos antissistêmicos desse sistema em escalas de longa duração (ACCO, 2018). O sistema interestatal foi amplamente discutido por Wallerstein em seus trabalhos como forma de explicar o arranjo político e econômico composto por múltiplos Estados independentes e suas interações entre si. Nesse sistema, os Estados são as principais unidades políticas e competem uns com os outros por riqueza e poder, seguindo a lógica capitalista de acumulação. Essa disputa é marcada por hierarquia e desigualdade, tendo-se Estados centrais e periféricos (WALLERSTEIN, 2011a). Essa multiplicidade de Estados dentro da divisão do trabalho aumenta a possibilidade de se obter vantagens visto que se tem maiores possibilidades de mercado e acordos (WALLERSTEIN, 2005).

Outro conceito muito importante para a perspectiva é discutido por Arrighi em “A ilusão do desenvolvimento”. A competição intercapitalista é posta como pressuposto, um ator fundamental do desenvolvimento capitalista e responsável pelas mudanças observadas nas hegemonias ao longo da história. Ao discutir a dinâmica do capitalismo, Arrighi (1997) esclarece que a competição intercapitalista não se restringe somente às empresas individuais, mas também às relações entre os Estados capitalistas. Para o autor, a competição intercapitalista é impulsionada pela disputa existente entre ambos, na busca destes por poder e riqueza. No caso dos Estados, têm-se como exemplo a busca por condições favoráveis para suas empresas nacionais no que diz respeito ao acesso de mercados, recursos e tecnologia.

Contudo, a capacidade de acesso a essas vantagens não são iguais para todos. As relações entre os países das zonas são marcadas por uma distribuição desigual de riqueza e recursos. No que diz respeito a tecnologia, que será o foco desse trabalho, fica também claro a importância do controle da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) nesse sistema. Elas são consideradas como uma resposta às necessidades e demandas do sistema econômico global que segue evoluindo. Assim como o acúmulo de capital é praticado como um meio de alcançar poder, o controle e acúmulo de CT&I também é um fenômeno constante desse sistema. Esse acúmulo implica em uma distribuição desigual da riqueza entre os países, e afeta a capacidade deles em responderem às revoluções tecnológicas que ocorrem. Essas revoluções são parte integrante da dinâmica do sistema-mundo, pois à medida que ele se desenvolve e se transforma, novas tecnologias emergem para atender às demandas dos Estados e das empresas em busca de vantagens competitivas (ARRIGHI, 1997; OURIQUES; VIEIRA, 2017).

A relação entre a acumulação de riqueza e as transformações tecnológicas pode ser observada ao longo da história do sistema capitalista. As revoluções tecnológicas desempenharam um papel fundamental na reconfiguração do sistema capitalista e na ascensão e queda de diferentes potências hegemônicas ao longo do século XX. O foco de países na inovação tecnológica em diferentes indústrias afetou diretamente a competitividade não apenas desses Estados, mas também as relações de poder e a dinâmica econômica em nível global (ARRIGHI, 1996). Wallerstein (2011) também destaca o papel importante das mudanças tecnológicas na EMC. Segundo o autor, a competição capitalista faz com que o controle dos monopólios tecnológicos seja essencial à acumulação do capital. Logo, os Estados atuam no intuito de liderar as inovações tecnológicas e assim manter suas posições no sistema.

Arrighi (1997), também discute essa dinâmica ao observar que a posição de um país não é permanente, já que o sistema capitalista está em constante movimento, marcado principalmente por transformações profundas (transições hegemônicas e tecnológicas). Isso

exige dos países a renovação dos seus sistemas de produção e instituições, porém, a estrutura do sistema influencia as oportunidades e desafios de cada país em sua busca por desenvolvimento riqueza e poder. Ao mesmo tempo, a posição individual dos países dentro da estrutura do sistema afeta sua capacidade de moldar e influenciar a estrutura em si. Arrighi também destaca que a posição individual dos países dentro da estrutura está sujeita a mudanças ao longo do tempo. Nesse sentido, o subdesenvolvimento das periferias em relação ao centro é apontado como uma condição do sistema, porém isso não significa que seja imutável. As revoluções tecnológicas foram responsáveis pelo salto de muitos países da periferia para a condição de semiperiferia, à medida que estes incorporaram tecnologias do centro e conseguiram competir com estes em certo nível ao deter maior controle sobre o processo inovativo (VIEIRA; OURIQUES; AREND, 2021).

Nesse mesmo contexto, Moreira (2020) destaca o interesse dos Estados e empresas ao estimular a aceleração do progresso científico e tecnológico, o que permite o impulsionamento da renovação dos processos produtivos dos países. Conforme pontua o autor, a capacidade em conceber e controlar processos de inovação tecnológica é o que separa países entre centro, periferia e semiperiferia. Essa hierarquização permite que os centros tenham maiores condições de exercer seu poder dentro do Sistema-Mundo Moderno. Pois, o aumento de produtividade - alcançada graças aos novos paradigmas tecnológicos - permite que Estados e empresas expandam seus níveis de lucro em escala global.

Amsden (1992; 1993; 2001; 2020) entende como essencial para o desenvolvimento a absorção de habilidades ligadas ao processo produtivo, principalmente no que diz respeito a tecnologia. Suas obras sobre o Leste Asiático defendem o conhecimento como veículo potencializador do processo de desenvolvimento econômico dos países, especialmente nos países que se deslocaram da periferia para a semiperiferia. A autora afirma que o processo de industrialização desses países impactou fortemente como o desenvolvimento de tecnologias viria a ser abordado por eles.

A acumulação de poder e riqueza (e por consequente o domínio da tecnologia) viria a apresentar um papel ainda mais relevante na EMC após a década de 1980, pois um novo paradigma industrial desponta, causando uma reconfiguração nas relações dentro do Sistema-Mundo Moderno. A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 como é comumente chamada, tem início e carrega como característica principal a convergência de tecnologias que vão da esfera física à digital e biológica, além de utilizar conceitos de Sistemas ciber-físicos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem (SCHWAB, 2019).

A assimilação desse novo paradigma de natureza científico-tecnológica implica em transformações radicais na produção, no consumo e nas formas de sociabilidade dentro das indústrias e países. Diante desse cenário, as transformações impulsionam a disputa entre os países na expectativa de se ter domínio dessas novas tecnologias, e assim se aproximar ou consolidar sua posição no núcleo orgânico da EMC.

O controle da inovação tecnológica é um fator determinante na posição dos países dentro da EMC, principalmente frente aos novos desafios impostos pela Quarta Revolução Industrial. Ouriques e Vieira (2017) apontam que a falta de consolidação da Indústria 3.0 (microeletrônica) no Brasil resultou em obstáculo ainda maior para a inserção brasileira nesse novo contexto, e ameaça sua posição como semiperiferia. Em contraponto, o desenvolvimento econômico da Coreia do Sul é utilizado como exemplo de sucesso por diversos autores no que diz respeito à ascensão de países periféricos.

Embora compartilhe em sua história alguns obstáculos semelhantes ao Brasil (colonização, golpes militares), os países divergem muito em suas respostas à industrialização e políticas tecnológicas. Desde a década de 1980, a Coreia do Sul tem despendido recursos para tecnologia e inovação, principalmente após sua abertura comercial. Inicialmente, esses investimentos partiram em grande parte do Estado, mas posteriormente passaram a ser liderados pelo setor privado. O papel do Estado foi essencial para a condição atual, devido a liderança deste nas políticas industriais e investimentos na formação de profissionais capacitados. Ainda, algumas regiões específicas do país foram selecionadas para construção de estruturas que aceleraram o processo tecnológico no país (SUNG, 2018).

O processo de industrialização sul coreano não ocorreu de maneira simples, principalmente por conta da natureza agrária do país e dependência tecnológica de outros países como Japão e EUA. Por conta disso, o governo sul coreano focou na absorção dessas tecnologias e em seguida buscou quebrar essa dependência com o desenvolvimento de tecnologias próprias. O Brasil também enfrentou obstáculos semelhantes, no entanto a falta de investimento no desenvolvimento de tecnologia independentes gerou um atraso do país em relação à evolução alcançada por outras semiperiferias (CGEE, 2013).

Contextualizações finalizadas, esta dissertação expõe uma discussão acerca do desenvolvimento econômico da Coreia do Sul e do Brasil, amparado principalmente na inovação tecnológica a partir da Economia Política dos Sistemas-Mundo. Partindo da compreensão de que os processos de industrialização impactaram na situação atual de ambos na EMC, se faz necessário um olhar para essas conjunturas. O modelo sul coreano com foco na manufatura, exportação e inovação tecnológica permitiu que o país acessasse os mercados e

acumulasse riqueza em poucos anos, mesmo com uma industrialização tardia, além de ter acesso as vantagens surgidas com a ascensão do Japão e do leste asiático como um todo. Por outro lado, o Brasil teve como foco uma industrialização baseada principalmente nas importações e dependente de tecnologia e capital estrangeiros, o que afetou sua capacidade de se diferenciar frente a concorrência global e ter controle sobre seu processo inovativo. O mesmo sendo observado na região da América Latina. A perspectiva contribui para o entendimento das limitações estruturais, indo além da culpabilização das políticas de cada país. É possível entender como a estrutura constrange os países pelo histórico de suas posições na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), desde a sua inserção. Contribui também para entender o papel fundamental do controle das novas tecnologias, como forma de acúmulo de riqueza.

Dito isso, este trabalho pretende responder à seguinte pergunta de pesquisa à luz da EPSM: **Por que condições inicialmente semelhantes levaram a consequências tão diferentes?** Neste contexto, este trabalho parte da hipótese que a inserção na indústria 4.0 (logo, a busca pelo controle do processo inovativo) por parte da Coreia do Sul foi possível graças à colaboração do Estado e do setor privado ao investirem em uma industrialização baseada na inovação, assim como as vantagens advindas do contexto geopolítico, como a ascensão do leste asiático e o auxílio estadunidense. Porém, o mesmo não ocorreu no Brasil, o que dificultou o desenvolvimento tecnológico do país. Essa parceria possibilitou (i) a formação de profissionais capacitados e a construção de um polo tecnológico nacional competitivo no território sul coreano, por outro lado (ii) no Brasil o setor público não conseguiu induzir o investimento privado em indústrias estratégicas para o desenvolvimento inovativo do país, que permitiria acesso a mais mercados.

Em relação aos termos metodológicos, a análise apresentada busca explicar e analisar os conceitos que permeiam a perspectiva dos Sistemas-Mundo, assim como o papel da inovação tecnológica no desenvolvimento do Brasil e da Coreia do Sul, e a posição de ambos na EMC. O período histórico analisado tem como ponto de partida principal a década de 1970, quando ambos observaram mudanças expressivas em suas posições na EMC. Em relação aos procedimentos, foram adotados métodos comparativos, partindo da ideia de Tilly (1984, p. 61) de que este permite “ identificar as conexões e variações essenciais nos grandes conjuntos de estruturas sociais fortemente interdependentes.” Segundo o autor, a perspectiva de Wallerstein dos Sistemas-Mundo oferece um relevante modelo para aplicação da *encompassing comparison* (comparação abrangente), devido a divisão de diferentes regiões dentro de um único sistema (o capitalista). Dentre os diferentes tipos de comparação discutidas por Tilly, a comparação abrangente será a utilizada neste trabalho devido a necessidade de análise de casos diferentes

em locais distintos, mas que pertencem ao mesmo sistema, que é o caso da Coreia do Sul e o Brasil.

Para isso, foram selecionados dados relacionados a CT&I de ambos (indicadores como patentes, número investimentos em CT&I, de cientistas, pauta exportadora etc.), comparando-os não apenas entre si, mas também à países considerados líderes neste campo. Esses dados estão diretamente relacionados também aos esforços de ambos no que diz respeito a inserção na Indústria 4.0, pois quanto maior são os investimentos nesse setor, maior as possibilidades de controle das novas tecnologias, capazes de aumentar o acúmulo de poder e riqueza deles na EMC. Foram identificados também os relatórios governamentais e de institutos no setor industrial (como o IEDI e Ministérios de Tecnologia), para identificar as iniciativas por parte do setor público e privado. Devido à grande parte das iniciativas terem um curto período de aplicação, mais do que analisar o seu resultado pretende-se compreender as dinâmicas do seu desenvolvimento em ambos os países.

A estrutura dessa dissertação tem como primeiro capítulo a apresentação e análise dos indicadores relacionados ao panorama tecnológico do Brasil e Coreia do Sul, desde os investimentos no campo da inovação, aos números do comércio internacional ligados a tecnologia. Será discutido também como esses números refletem a inserção deles na Indústria 4.0. No capítulo seguinte serão apresentados alguns conceitos relevantes da perspectiva sistêmica e o papel da inovação tecnológica no desenvolvimento capitalista. Nos capítulos 3 e 4 serão analisadas as trajetórias tecnológicas do Brasil e Coreia do Sul desde os seus processos de industrialização. Por fim, serão feitas as considerações finais.

A escolha dos países citados deu-se devido ao crescimento considerável do PIB de ambos durante o período de 1930-1980, o que representa bem a possibilidade de mobilidade de um Estado dentro da hierarquia de riqueza do sistema, visto que o Brasil e a Coreia do Sul deixaram de ser membros da periferia. Contudo, atualmente esses países ocupam posições diferentes na EMC. O Brasil segue estagnado como semiperiferia, enquanto a Coreia do Sul avançou para o núcleo orgânico. No intuito de entender o porquê de realidades tão diferentes, eles foram selecionados para comparação. O desenvolvimento econômico encontra-se cada vez mais ancorado na inovação tecnológica, por isso faz-se necessário analisá-lo para compreender de que forma isso impactará as relações entre os países dentro da EMC. À medida que a distância entre as capacidades dos países aumenta, intensifica-se a preocupação com as consequências para os países da periferia e semiperiferia, já que uma vasta gama das tecnologias na Indústria 4.0 são desenvolvidos (e controladas) pelos países centrais. Logo, o tema dessa

pesquisa faz-se relevante em compreender como esse fenômeno inicia e se expande, consolidando ou ameaçando a posição dos países na EMC.

## **2. INDICADORES DE CT&I – PANORAMA COMPARATIVO ENTRE BRASIL E COREIA DO SUL**

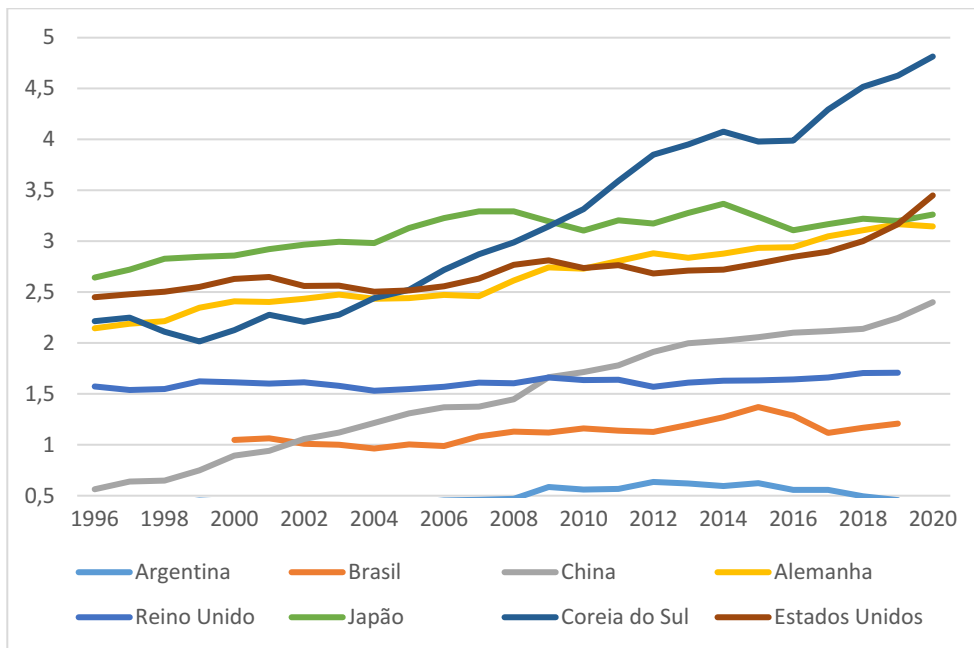
Com o surgimento do novo paradigma tecnológico após a década de 1980, a CT&I tornou-se um ator central nos processos produtivos, o que fez com que o investimento nesta configure um fator essencial para liderança na revolução tecnológica que emergiu (ARRIGHI, 1996). Como discutido no caso brasileiro e sul coreano, diversos mecanismos foram desenvolvidos como forma de incentivo à inovação tecnológica, dentre eles a criação de leis, órgãos e institutos de pesquisa.

No que diz respeito a P&D no Brasil, apesar da Lei do Bem, o nível de investimentos em P&D tem se mostrado insuficiente ao longo dos anos. Segundo os dados da Unesco (2021) e do Banco Mundial (2023c), em 2019 apenas 1,21% do PIB do país foi destinado a P&D. A Coreia do Sul por outro lado investiu 4,69% no mesmo ano, tornando-se não apenas o país asiático com maior número de recursos alocados para esse setor como também o 2º maior investidor globalmente (BANCO MUNDIAL, 2023c).

Conforme a evolução mostrada no gráfico 1, o Brasil tem feito poucos investimentos em uma das áreas mais importantes para a inserção e liderança da I4.0. O investimento em P&D está profundamente ligado a capacidade dos países em inovarem (AMSDEN, 2001). Os produtos com maior complexidade tecnológica do novo paradigma requerem gastos intensivos e constantes, porém como já observado no capítulo anterior, ao invés de aumentar, os recursos têm diminuído cada vez mais. Esse cenário se agrava ainda mais ao analisarmos o baixo investimento do setor privado em P&D. De acordo com a PINTEC (2021), somente 33% das empresas brasileiras investem em inovação e muito desses números estão ligados aos mecanismos oferecidos pelo Estado.

Em contraste, temos a Coreia do Sul, que, embora conte com grande investimento do setor público, tem atualmente grande parte (60%) da sua inovação liderada pelas empresas privadas (MSIT, 2022). Esse impulsionamento ocorreu principalmente após a década de 1990, com a parceria feita entre institutos, universidades e o setor privado. O país tem como agenda e preocupação central se manter a par das inovações tecnológicas que surgem cada vez mais rápido. Esse comportamento garantiu que o país conquistasse uma posição privilegiada no sistema mundial. O caso sul coreano ilustra bem a argumentação de Arrighi (1997) sobre a importância do Estado nos países semiperiféricos para a criação de políticas públicas que incentivem à inovação. Embora o Estado brasileiro tenha desenvolvido ações nesse sentido, estas não foram coordenadas de maneira que se tornassem políticas de Estado.



**Gráfico 1** – Investimentos em P&D de países selecionados, 1996-2020, (%) do PIB

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Banco Mundial (2023c).

Segundo Kim e Lee (2014) o aumento no orçamento de P&D no Brasil ocorre somente em períodos de crescimento econômico, como no ano de 2013 onde é possível observar um considerável aumento nos recursos dispendidos. A promessa de um investimento de 2% do PIB nessa área, definida no âmbito da ENCTI (2016-2019), não se cumpriu mesmo após o fim do ano de 2019 que era o prazo acordado.

Enquanto isso, os países do núcleo orgânico como EUA, Coreia do Sul e Japão tem como costume intensificar seus investimentos em períodos de crise, por verem na inovação uma forma de superar os desafios econômicos (CARNEIRO, 2022). No caso sul coreano em específico é notável o aumento nos recursos dispendidos para P&D após a Crise Asiática de 1997. Essa estratégia se provou frutífera, pois de acordo com a Unesco (2021) o investimento em P&D contribuiu para cerca de 40% do PIB do país no período de 2013 a 2017.

Além das questões de investimento em P&D, observa-se também uma grande disparidade entre os níveis de escolaridade da população brasileira e sul coreana. Segundo dados do IBGE (2020), 46,6% da população de 25 anos ou mais possuía até o ensino fundamental completo ou equivalente, enquanto 27,4% tinham o ensino médio completo ou equivalente e 17,4%, o superior completo. Em contrapartida, de acordo com os dados mais recentes levantados pela OCDE (2023a) na Coreia do Sul 89% dos adultos entre 25 e 64 anos completaram o ensino médio, enquanto 69% tinham concluído o ensino superior.

Outro dado interessante é apresentado pelo relatório da Unesco (2021) ao avaliar a área de formação no ensino superior de países da América Latina como Brasil e Argentina, e do Leste Asiático como Japão, Coreia do Sul e Cingapura. Mais da metade dos universitários na região latina não tem como foco áreas de estudo relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias, enquanto nos países do leste asiático a maior parte está concentrada em áreas da tecnologia e engenharia. A qualificação da população em setores mais voltados para a fronteira tecnológica contribui diretamente para a inserção deste na I4.0.

No que diz respeito ao número de pesquisadores presentes em ambos os países, temos o Brasil com um total de 200 mil pesquisadores (FAPEG, 2022), e cerca de 700 pesquisadores por milhão de habitantes (UNESCO, 2022) a Coreia do Sul possui aproximadamente 514 mil pesquisadores (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2022), com cerca de 6.400 por milhão de habitantes (UNESCO, 2022). A quantidade de pesquisadores envolvidos em P&D no Brasil em 2014 foi de 180 a cada mil, enquanto a Coreia do Sul possuía cerca de 356 no mesmo ano, conforme apresentado na tabela abaixo:

**Tabela 1** – Número de pesquisadores envolvidos em P&D, 2000-2018, países selecionados (valor em mil).

| País           | 2000  | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     |
|----------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Alemanha       | 257,9 | 264,4    | 265,8    | 268,9    | 270,2    | 272,1    | 279,8    | 290,9    | 302,6    | 317,3    |
| Argentina      | 26,4  | 25,7     | 26,1     | 27,4     | 29,5     | 31,9     | 35       | 38,7     | 41,5     | 42,2     |
| Brasil         | 51,6  | 59,8     | 71,5     | 76,9     | 88,9     | 94,7     | 102,2    | 105,5    | 113,4    | 121,3    |
| China          | 695,1 | 742,7    | 810,5    | 862,1    | 926,3    | 1.118,70 | 1.223,80 | 1.423,40 | 1.592,40 | 1.152,30 |
| Coreia do Sul  | 108,4 | 136,3    | 141,9    | 151,3    | 156,2    | 179,8    | 200      | 221,9    | 236,1    | 244,1    |
| Reino Unido    | 170,6 | 182,1    | 198,2    | 216,7    | 229      | 248,6    | 254      | 252,7    | 251,9    | 256,1    |
| Estados Unidos | 985   | 1.015,30 | 1.049,20 | 1.128,80 | 1.107,80 | 1.104,00 | 1.133,40 | 1.136,70 | 1.194,40 | 1.252,90 |
| Japão          | 647,6 | 653      | 623      | 652,4    | 653,7    | 680,6    | 684,9    | 684,3    | 656,7    | 655,5    |

|                | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 2016     | 2017     | 2018     |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Alemanha       | 328      | 338,7    | 352,4    | 354,5    | 351,9    | 388      | 399,6    | 419,6    | 433,7    |
| Argentina      | 46,2     | 49       | 50,5     | 50,8     | 51,7     | 53       | 54       | 53,2     |          |
| Brasil         | 134,3    | 145,7    | 157,1    | 168,6    | 180      |          |          |          |          |
| China          | 1.210,80 | 1.318,10 | 1.404,00 | 1.484,00 | 1.524,30 | 1.619,00 | 1.692,20 | 1.740,40 | 1.866,10 |
| Coreia do Sul  | 264,1    | 288,9    | 315,6    | 321,8    | 345,5    | 356,4    | 361,3    | 383,1    | 408,4    |
| Reino Unido    | 256,6    | 251,4    | 256,2    | 267,7    | 276,6    | 284,5    | 288,9    | 295,9    | 305,8    |
| Estados Unidos | 1.200,50 | 1.254,80 | 1.253,20 | 1.294,40 | 1.340,10 | 1.369,50 | 1.372,10 | 1.434,40 |          |
| Japão          | 656      | 656,7    | 646,3    | 660,5    | 682,9    | 662,1    | 665,6    | 676,3    | 678,1    |

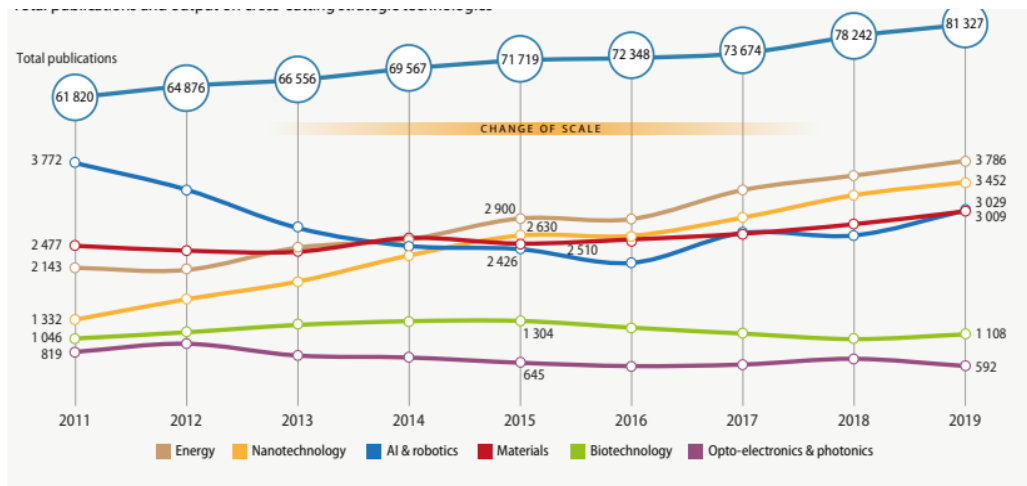
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da OCDE (2023b) e Brasil (2021).

Os dados presentes na tabela demonstram a grande importância dada pelos países do leste asiático a esse ator tão importante para a I4.0. Sobre as diferenças entre o Leste Asiático

e a América Latina, Kim e Lee (2014) discutem também a questão da produção científica. De acordo com o estudo dos autores, os países latinos possuem uma produção acadêmica baseada principalmente na produção de artigos. Já os países do Leste Asiático têm uma produção tecnológica com base em patentes, com maior aplicação prática.

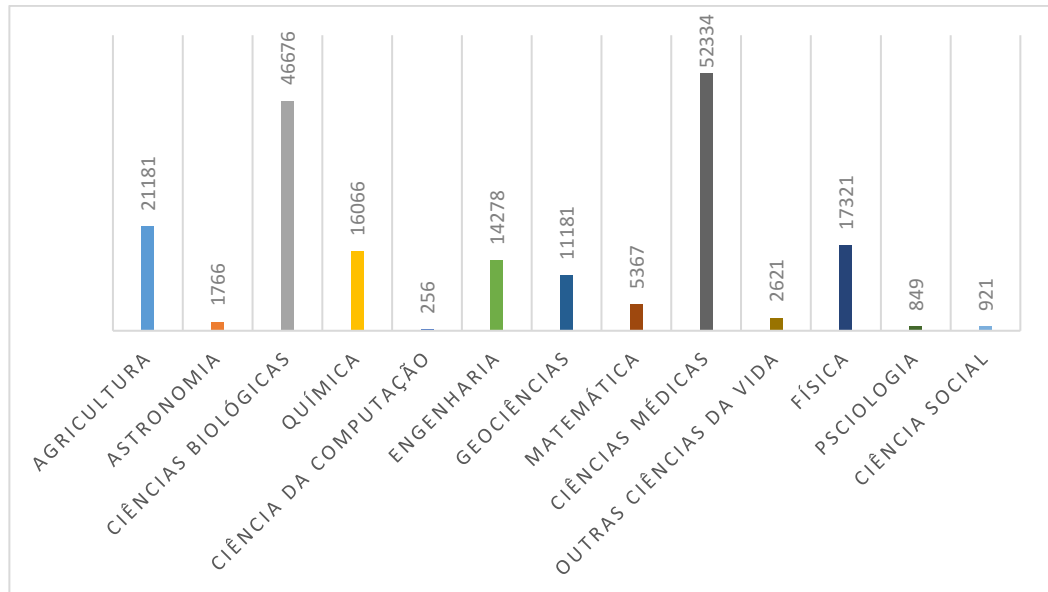
O total de publicações em âmbito geral dos dois países não possui grande diferença quantitativa. Segundo os dados do Banco Mundial (2022c) em 2018 o Brasil tinha 60 mil publicações, enquanto a Coreia do Sul tinha 66 mil. No caso coreano há um grande interesse entre 2011 e 2017 nas áreas sobre energia, nanotecnologia, IA, robótica e biotecnologia, todos temas muito relevantes para a I4.0 (UNESCO, 2021). O panorama da produção científica do Brasil no período de 2011 a 2016 apresenta um grande número de publicações nos temas ligados a bioquímica, ciências médicas e agricultura. Nos gráficos a seguir, é possível observar as temáticas que mais tiveram publicações em ambos os países ao longo dos anos:

**Figura 1** – Principais temas das publicações científicas da Coreia do Sul (2011-2019)



Fonte: Unesco (2021).

**Gráfico 2** – Principais temas das publicações científicas do Brasil, 2008-2014.

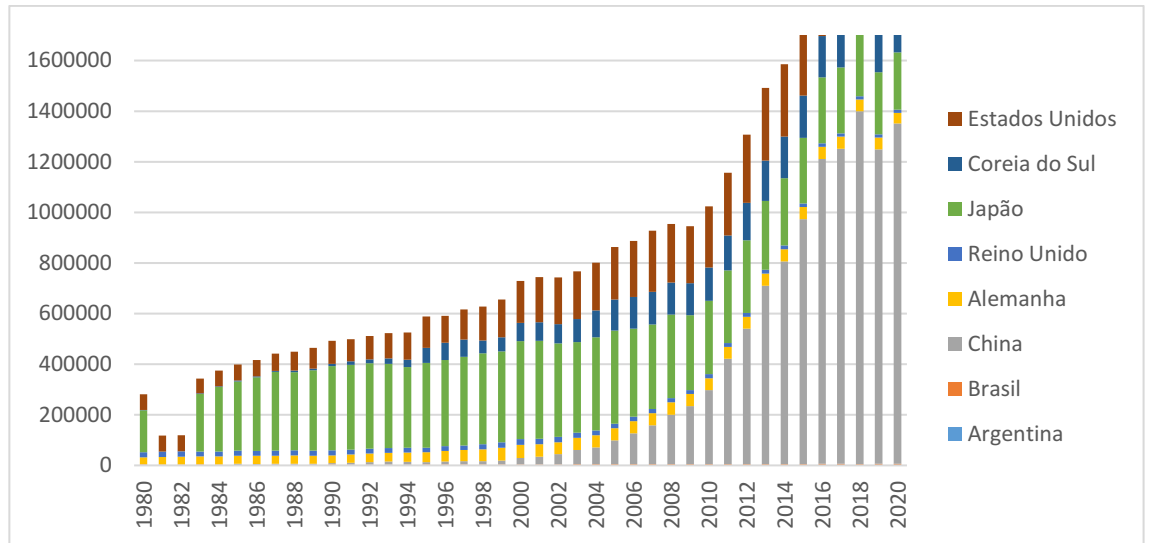


Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Unesco (2021).

Outro indicador muito importante para a inovação tecnológica é o número de aplicações de patentes dos países. Em um estudo realizado por Amsden (1997), ela analisa a correlação entre os dados das patentes, as áreas de publicação e as capacidades tecnológicas dos países com industrialização tardia. A autora destaca que a aplicação de patentes está profundamente ligada com a capacidade dos países inovarem tecnologicamente e se colocarem em uma posição vantajosa no comércio internacional.

Segundo os dados do INPI (2021), o número de aplicações de patentes no Brasil tem diminuído em aproximadamente 5% nos últimos 3 anos, e a situação fica ainda mais preocupante ao ser constatado que menos de 20% das aplicações são de residentes ou companhias brasileiras. No gráfico abaixo é possível comparar o número de requisições de patentes de residentes brasileiros em relação a outros países como a Coreia do Sul, e a China, que também possui uma posição semiperiférica no sistema interestatal.

**Gráfico 3** - Patentes requeridas por residentes em países selecionados, 1980-2020 (valores em milhão).



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Banco Mundial (2023d).

Os números do gráfico 3 revelam uma realidade discrepante do Brasil em relação a Coreia do Sul. No ano de 2020, o Brasil apresentou pouco mais de 5 mil registros, enquanto a Coreia do Sul teve mais de 180 mil. É importante ressaltar a baixa evolução do país em relação a esse quadro, pois em 1980 o país detinha cerca de 2 mil registros, ou seja, em mais de 40 anos o país nem mesmo triplicou esse número. Já a Coreia do Sul que detinha pouco mais de mil aplicações em 1980 superou a faixa de 15 mil na década seguinte e segue crescendo até hoje. A China também surpreende com sua evolução, pois o país saltou de 3 mil registros no início da década de 1980 para mais de 1 milhão no ano de 2022.

Conforme discutido na abordagem sistêmica, a liderança nas inovações tecnológicas assim como a manutenção do controle delas é um dos fatores mais importantes para o deslocamento dos países na hierarquia de riqueza do Sistema-Mundo. Dito isso, fica evidente ao observar esse dado por que a Coreia do Sul conseguiu alçar uma posição que parece tão distante da realidade do Brasil.

O Índice Global de Inovação (IGI) estabelecido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) em 2007 têm também se tornado uma das principais referências em relação a inovação em escala mundial, com diversas métricas relacionadas a inovação tecnológica. Todos os anos o órgão analisa desde o número de patentes registradas e a infraestrutura de CT&I dos países, às publicações científicas e pautas de importação e exportação (OMPI, 2022).

Desde o lançamento do índice o Brasil tem ocupado uma posição não muito satisfatória, até mesmo em relação aos seus vizinhos latinos. No ano de 2020 o país ocupou o 62º lugar no ranking, enquanto a Coreia do Sul ocupou o 10º lugar. Ambos subiram de posição no ano de 2022, ocupando o 54º e 6º lugar respectivamente. Foi nesse ano também que o Brasil

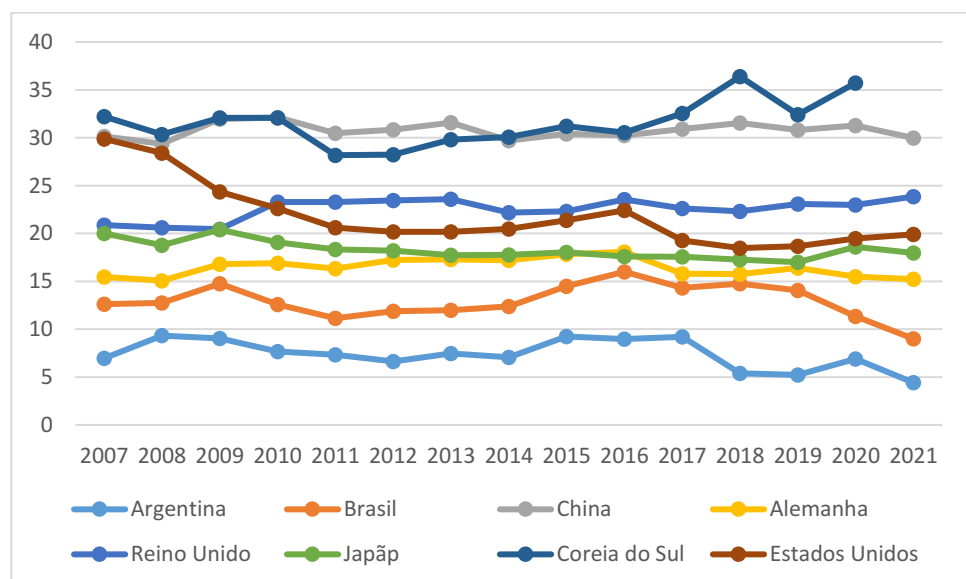
chegou à vice-liderança na região da América Latina, ficando atrás somente do Chile (OMPI, 2022). Embora possa ser considerado um avanço em relação ao histórico do Brasil no índice, é preocupante que este tenha dificuldade em ocupar uma posição de destaque até dentro da própria América Latina, uma região que já é comumente associada ao atraso no que se refere a inovação. Enquanto isso, outros países semiperiféricos como a China seguem avançando em suas posições, graças principalmente ao aumento nos investimentos em CT&I (OMPI, 2022).

Outro dado relevante para análise é a intensidade tecnológica da pauta exportadora de cada país. No caso sul coreano, os números da pauta exportadora e a grande proporção de produtos de alta tecnologia em relação ao total de suas exportações, refletem o bem-sucedido salto do país até o núcleo orgânico da EMC. Ele não é apenas um grande consumidor dessas tecnologias, mas também um grande fornecedor.

No gráfico 4 é possível ver a evolução da pauta exportadora dos produtos de alta tecnologia no país ao longo dos anos, chegando a um total de 36% no ano de 2020, um dos maiores números entre os países da própria OCDE. Por outro lado, o Brasil persiste como um grande exportador de *commodities*, um padrão presente na história do país.

Esse cenário reflete a problemática abordada por Vieira, Ouriques e Arend (2021), que destacam como a falta de interesse em investir em produtos de alto valor agregado afasta o país cada vez mais da disputa por um lugar no núcleo orgânico. Ouriques (2017) acrescenta que a participação do Brasil em poucas atividades de natureza mais complexa reafirma a posição do país como um membro da semiperiferia.

**Gráfico 4** – Exportações de Alta Tecnologia, países selecionados, 2007-2021 (% exportação de manufaturados)



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Banco Mundial (2023e).

Conforme indicado no gráfico 4, no ano de 2020 as exportações de alta tecnologia do Brasil representavam somente 11% do total dos manufaturados exportados. Segundo levantamento da CNI (2022), a queda nas exportações das categorias de alta e média-alta tecnologia é reflexo da baixa competitividade da indústria de transformação no país e acentuamento da competição internacional, principalmente com a ascensão de países asiáticos como a China e a Coreia do Sul.

O relatório destacou que em 2001 a participação de produtos de média e alta tecnologia representavam 33% da pauta exportadora, ou seja, ocorreu uma queda de mais de 19 pontos percentuais. Robson Braga de Andrade, presidente da CNI, salientou que o baixo desempenho do país nos setores de maior intensidade tecnológica – que agregam mais valor às cadeias produtivas-, tornam o Brasil um ator cada vez menos central no comércio global da indústria.

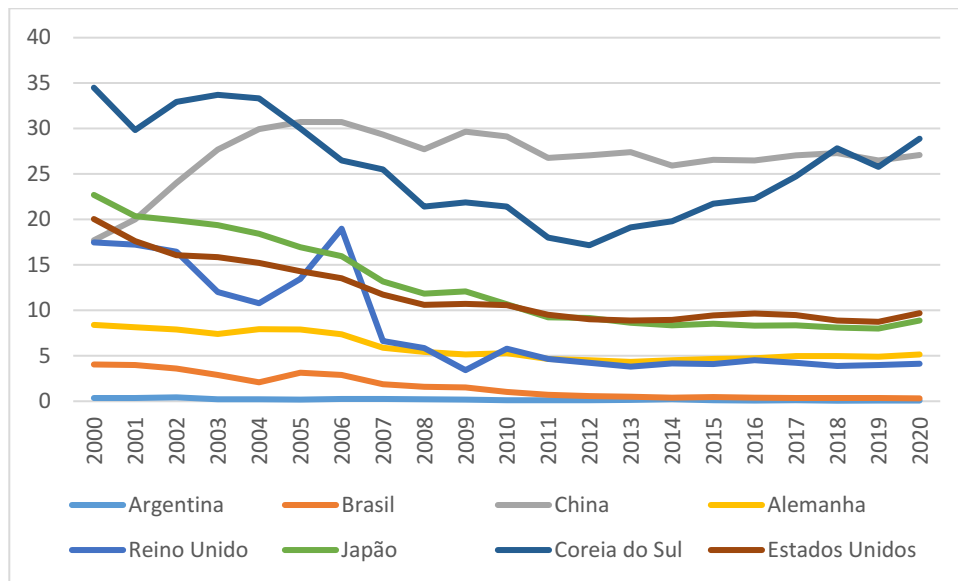
Sobre a baixa presença do Brasil em cadeias mais produtivas, Zucoloto e Cassiolato (2014) ponderam diversos fatores que levaram o país a sua situação atual. Os autores relembram que:

o desenvolvimento industrial brasileiro baseou-se historicamente no tripé de empresas nacionais privadas, estatais e multinacionais. Diferentemente do padrão coreano, a industrialização brasileira se caracterizou, entre outros fatores, pela liderança precária do empresariado nacional, especialmente, em setores mais dinâmicos. Poucas grandes empresas privadas nacionais dedicadas à manufatura foram criadas. A liderança nas indústrias portadoras do progresso técnico foi exercida, principalmente, por firmas multinacionais, cabendo às empresas nacionais, essencialmente estatais, a atuação em segmentos de siderurgia, petróleo e fertilizantes. [...] razões históricas, interesses de grupos específicos e pressão norte-americana limitaram o desenvolvimento das empresas domésticas, privilegiando a atuação de firmas multinacionais (p.67).

Já no que diz respeito ao país sul coreano a situação foi bem diferente. Como será futuramente discutido no capítulo 4, o país teve acesso a redes importantes não só do Japão como também dos EUA. Essas vantagens contribuíram para os números que vemos hoje. De acordo com os dados do MOTIE (2022) as exportações de tecnologias correspondem atualmente a 1/3 do total de exportações no país. A exportação de semicondutores corresponde a mais da metade do total dessas exportações, e em 2021 representaram um crescimento de 24% graças a demanda global (CHO, 2022). A inserção do país na cadeia dos semicondutores representa uma grande vantagem na sua posição no Sistema-Mundial.

Em relação as exportações de bens de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) com base no Sistema Harmonizado (SH), o panorama entre os dois países se mantém dispare. Conforme evidenciado no gráfico 6, as exportações de bens associados as TICs no Brasil foram de 0,3% em 2020, enquanto na Coreia do Sul o porcentual foi de 28%, bem acima da média mundial de 14%.

**Gráfico 5** – Exportações de produtos relacionados a TIC, países selecionados, 2000-2020, (% do total de exportações)



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Banco Mundial (2023f).

Segundo Arend (2015), a demanda nos setores de alta intensidade tecnológica pode ser traçada já na década de 1980, com base nos dados das importações em nível mundial. O autor acrescenta ainda que os produtos manufaturados representavam aproximadamente 50% das importações em 1980, e vinte anos depois já chegavam à marca de 75%. Essa evolução reflete o novo paradigma tecnológico-industrial que viria a revolucionar o comércio internacional.

O relatório da CNI (2022) evidencia que o Brasil infelizmente tem tido dificuldade de acompanhar essa evolução. Ao fim de 2021, a participação da indústria de transformação nas exportações brasileiras foi de 51,3%, contudo esse número apresenta uma grande queda em comparação ao tido no início da década de 2000 quando a indústria de transformação registrava 81,6% de participação na pauta exportadora.

Em relação a Coreia do Sul, Kim (1997) destacou a grande transformação na estrutura do setor industrial do país após a década de 1950. O autor pontuou que em 1953 a Indústria leve correspondia a cerca de 78,9%, enquanto a Indústria pesada era responsável por apenas 21,1%. Esses números já se encontravam equiparados em 1975, e no fim do ano de 1980 a Indústria Pesada já representava maior parte da estrutura industrial do país. Atualmente, grande parte das exportações da Coreia do Sul corresponde as indústrias ligadas as tecnologias do novo paradigma, conforme apresentado nos gráficos acima.



Arend (2015) explica que no caso do Brasil o movimento foi diferente. O autor discute que os Tigres asiáticos e outros países em desenvolvimento buscaram acompanhar a mudança em direção ao paradigma da microeletrônica. Porém, o Brasil rumava ainda em direção a setores industriais intensivos em tecnologia do paradigma fordista e *commodities* industriais e agrícolas.

## 2.1 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Feito esse panorama, é importante lembrar que a realidade atual de ambos os países não se deve apenas a suas ações internas. Havia um claro interesse geopolítico na região do leste asiático que permitiu que a Coreia do Sul tivesse acesso a redes muito importantes para a absorção de conhecimento e tecnologia (AMSDEN, 2001). Essas vantagens contribuíram para o processo de industrialização voltado para inovação tecnológica no país.

Em contrapartida, o Brasil não pôde desfrutar das mesmas condições. O investimento estrangeiro no país voltado para a inovação tecnológica na verdade pouco permitia inovar, e as empresas multinacionais foram as grandes responsáveis por conduzir esse processo, sem uma real absorção para criação de tecnologias próprias brasileiras.

A onda do neoliberalismo da década de 1980 e o acelerado processo da globalização impactou os países em escalas diferentes. Os Estados de ambos os países buscaram por meio de diversos incentivos desenvolver a CT&I nacional, dada a nova importância desta, contudo a coordenação e execução dessas ações em ambos os países teve resultados diferentes.

Em relação ao aspecto interno, o Brasil acabou ficando para trás ao focar em indústrias obsoletas e de baixo valor agregado para as cadeias mercantis. Ainda, a falta de um projeto nacional que unisse o setor público e privado na busca por mudanças estruturais no país voltadas para a inovação tecnológica acabou por impactar a capacidade do Brasil em consolidar as tecnologias do paradigma da microeletrônica. A consolidação dessas tecnologias é de grande importância, pois elas são a base para muitas das tecnologias da I4.0. Embora o país possua iniciativas voltadas para o desenvolvimento dessa nova indústria, fica claro com base nos números discutidos nesse capítulo que os investimentos em inovação no país seguem insuficientes.

A Coreia do Sul por outro lado teve desde o início um foco voltado para o desenvolvimento do país. A presença de um Estado forte coordenou a busca pela autonomia por meio do investimento em educação e inovação tecnológica. Isso garantiu que o país estivesse preparado para desenvolver e liderar as tecnologias da I4.0. Conforme demonstram

os números, a Coreia do Sul tem mantido um considerável e crescente número de investimentos voltados para CT& desde o seu processo bem-sucedido de industrialização.

Na sequência da dissertação, serão feitos os registros históricos que permitirão entender por que realidades tão diferentes são observadas em ambos os países, assim como de que forma a EPSM permite explicar como Brasil e Coreia do Sul ocupam suas posições atuais na EMC.

### 3. A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA À LUZ DA ECONOMIA POLÍTICA DOS SISTEMAS-MUNDO

Após a década de 1980, uma série de tecnologias mais complexas ganhou espaço à medida que a globalização se intensificava. O advento dessas tecnologias trouxe à tona a discussão do que muitos apontam como uma nova revolução industrial, devido aos seus impactos nas relações entre os Estados e nos modelos de produção. Diante desse novo paradigma, denominado comumente como Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 (I.40), muitos países lançaram-se na competição pelo controle e liderança dessas tecnologias capazes de impactar suas posições dentro da Divisão Internacional do Trabalho (DIT) (CARNEIRO, 2022).

Tendo como marco analítico a Economia Política do Sistema Mundo (EPSM), o presente capítulo tem como objetivo apresentar conceitos relevantes dentro da perspectiva sistêmica e discutir o papel da inovação dentro do sistema capitalista. Para Arrighi (1997), as inovações são protegidas e incentivadas pela interrelação entre o Estado e as empresas.

Com base em Schumpeter (1942), que defende que o surgimento de uma nova tecnologia é responsável pela saída da economia de um estado estacionário para um estado de expansão, Arrighi debate sobre as Ondas Longas de *Kondratiev*, os Ciclos Sistêmicos de Acumulação (CSA) e o papel do Estado na mobilidade dos países dentro da hierarquia de riqueza. É a partir principalmente das suas análises que este capítulo procurará entender como a inovação se comporta no processo do desenvolvimento capitalista.

A importância da inovação tecnológica é discutida por grandes estudiosos como Immanuel Wallerstein (2011), Giovanni Arrighi (1996; 1997) e Alice Amsden (2001; 2003). Wallerstein (2011) destaca a influência das mudanças tecnológicas na EMC. Segundo o autor, a competição capitalista presente faz com que o controle dos monopólios tecnológicos seja essencial à acumulação do capital. Por isso, o objetivo deste trabalho é entender como as ações do Brasil e da Coreia do Sul em relação as políticas de inovação tecnológicas refletiram e refletem no estado atual de ambos na EMC.

#### 3.1 A PERSPECTIVA DO SISTEMA MUNDO: CONCEITOS RELEVANTES

Em sua obra *O Sistema Mundial Moderno*, Wallerstein (1979) discute uma perspectiva que viria a pautar diversas análises em estudos de diferentes áreas: A análise dos Sistema-Mundo. Segundo o autor, uma das maiores contribuições dessa análise seria sua aplicação abrangente a todos os países (WALLERSTEIN, 2012), independente das suas diferenças

culturais ou históricas. Isso é possível pelo método de análise interdisciplinar que esta adota, onde o objeto de estudo não está de maneira alguma isolado e sim ligado a diversos atores e contextos.

Conforme cita Wallerstein (2012) a análise dos Sistemas-mundo é “uma ferramenta capaz de desafiar as premissas epistemológicas até então dominantes e que tinham moldado as assim chamadas disciplinas” (p.12). Os elementos dela foram fomentados por debates que vinham decorrendo nas ciências sociais desde o fim da Segunda Guerra Mundial. Dentre eles, podemos citar a discussão sobre centro-periferia e a teoria da dependência da Comissão Econômica Para América Latina (CEPAL); a discussão sobre o modelo asiático de produção; o debate sobre transição do feudalismo para o capitalismo presente na Europa Ocidental; e a discussão sobre a “história total” e o triunfo da Escola dos Annales da historiografia na França (WALLERSTEIN, 2012).

Ao unir elementos desse debate, fez-se um esforço em combinar de forma coerente as discussões sobre a unidade de análise, as temporalidades sociais, e extinguir as barreiras que haviam sido criadas entre as disciplinas sociais. Esse caráter permitiu que a perspectiva fosse expandida como uma relevante corrente teórica, com contribuições de áreas da economia, da sociologia, da ciência política e da história (WALLERSTEIN, 2012).

O desenvolvimento da abordagem sistêmica teve como seus principais contribuintes Immanuel Wallerstein, Giovanni Arrighi e Fernand Brudel. A perspectiva baseia-se no estudo do sistema social e suas interações com o avanço do capitalismo em nível mundial, que por consequência impactam na posição dos países dentro deste sistema. Essas interrelações levam a uma divisão internacional do trabalho, separando os países em zonas denominadas como centro, periferia e semiperiferia.

Arrighi (1996) defende a existência de uma economia mundo capitalista (EMC), um sistema social histórico com surgimento na Europa do século XVI e que se expandiu mundialmente durante o século XIX. O autor a define como uma extensa zona geográfica, dentro da qual se tem uma divisão do trabalho, com fluxo de capital e trabalho. A EMC é pautada por subsistemas compostos pelos Estados nacionais e pelo subsistema econômico e suas cadeias mercantis (OURIQUES; VIEIRA, 2017).

Segundo Wallerstein (2012), os sistemas históricos devem ser utilizados como unidades de análise, onde o “mundo” e não o Estado-nação ganha foco. Para ele, as questões econômicas, sociais e políticas devem ser estudadas de maneira conectadas e não separadas. O sistema fundamenta-se principalmente em premissas relacionadas a economia e política. Em relação ao fator econômico, a perspectiva discute a questão do fluxo livre dos fatores de

produção, e sua estrutura marcada pela expropriação individual, racial, sexista e de classe, assim como a divisão do trabalho nas zonas de centro e periferia.

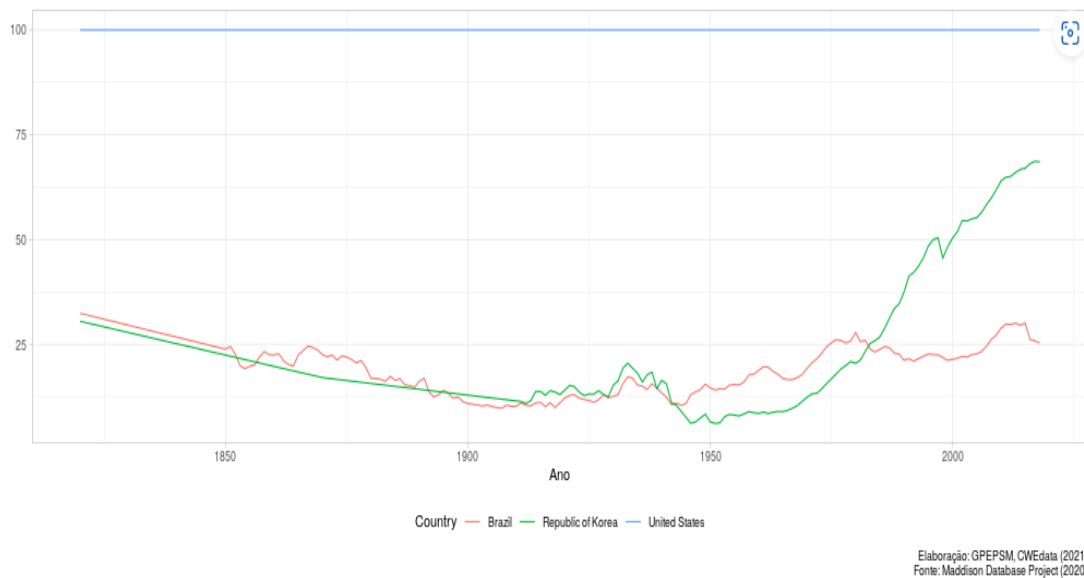
Ao discutir sobre essas zonas, Arrighi (1997) cita diferentes agrupamentos de países separados por uma hierarquia de riqueza. O núcleo orgânico ou centro ocupa o andar superior, enquanto o intermediário seria a semiperiferia, e o inferior a periferia. Conforme explica o autor, os Estados do centro se apropriam de uma parcela significativa dos benefícios da DIT, e assim compõem o núcleo da EMC. Já os semiperiféricos apropriam-se dos benefícios que excedem os custos a longo prazo da sua participação na DIT, mas não o suficiente para se igualar ao padrão de riqueza estabelecido dos países do centro. Por último, os Estados periféricos recebem apenas os benefícios que cobrem parte dos custos a longo prazo da sua participação DIT. Para Arrighi (1997) as relações dentre essas zonas não são determinadas por um conjunto específico de atividades, mas sim pelo resultado sistêmico da destruição criativa e pela disputa dos benefícios gerados na DIT.

Ouriques e Vieira (2017) trazem alguns apontamentos importantes sobre o conceito desta zona, discutido inicialmente por Wallerstein (1979). Para Wallerstein, as regiões semiperiféricas têm um papel especial, não apenas no sentido econômico e político, mas também no holístico. O papel dela seria a de estabilizar, tal qual o faz a classe média junto às classes sociais. Essa zona é para o autor um elemento estrutural necessário em uma economia-mundo, pois os países dela desempenham o papel de desviar “parcialmente as pressões que de outra maneira os grupos localizados nas áreas periféricas poderiam dirigir contra os estados centrais e os grupos que operam dentro deles e através de seus aparatos estatais” (OURIQUES; VIEIRA, 2017, p.27).

O conceito é discutido também por Arrighi e Drangel (1986) em seu artigo sobre a estratificação dos países na economia-mundo. Ao se debruçar sobre o conceito da semiperiferia, os autores analisaram empiricamente o PNB per capita de 96 países ao longo do tempo para identificar as posições relativas desses países na estrutura da EMC - dentro dessa estrutura tripartite, a posição dos países é determinada exclusivamente em relação à divisão mundial do trabalho e não ao sistema interestatal-. Eles encontraram evidências de que a semiperiferia era uma categoria distintiva que persistia ao longo dos anos, com alguns países permanecendo consistentemente na semiperiferia enquanto outros buscavam ascender ao núcleo ou desciam para a periferia. A grande maioria dos países não avançou significativamente em termos de posição relativa de renda, enquanto poucos conseguiram subir ou foram rebaixados aos estratos inferiores.

A partir disso, podemos olhar para a evolução do PIB per capita do Brasil e da Coreia do Sul em comparação com os EUA, país representante do centro. Conforme demonstrado no gráfico abaixo, a Coreia do Sul tem apresentado um crescimento contínuo do seu PIB per capita em relação ao dos EUA desde a década de 1950, melhorando a sua posição na hierarquia de riqueza e assegurando em 1980 sua proximidade com o núcleo orgânico. Já o Brasil, embora tenha observado também um aumento considerável entre 1930 a 1980, e saído da posição de periferia para semiperiferia, tem enfrentado uma estagnação após esse período. O contexto que levou a realidades tão distintas será discutido nos capítulos adiante.

**Gráfico 6** – Evolução relativa da renda per capita do Brasil, da Coreia do Sul e dos Estados Unidos



Fonte: Elaborado pelo GPEPSM (2021) com base em Maddison Database Project (2020).

No aspecto político, a perspectiva aborda a questão da igualdade entre os Estados nacionais e suas soberanias, ressaltando as diferenças entre o seu poder e as suas capacidades. Como pontuado anteriormente, há uma relação de subordinação entre as zonas, no qual os países do centro, graças à exploração e expropriação da mais-valia da periferia, praticam a manutenção do seu alto grau de desenvolvimento (WALLERSTEIN, 2011; ACCO, 2018). Enquanto os países centrais detêm parques industriais consolidados e tecnologias avançadas, a periferia atua como fornecedora de mão-de-obra barata, assim como de produtos de baixo valor agregado (WALLERSTEIN, 1979).

Neste sentido, compreendendo como essas relações ocorrem, Vieira e Ferreira (2013) afirmam que a busca dos Estados pela acumulação de poder e capital, aliados à luta capital-trabalho, alimentam conflitos que funcionam como impulsionadores da Ciência, Tecnologia e

Inovação (CT&I). A corrida pela liderança nas inovações tecnológicas tem estado presente há décadas, mas se intensificou nos últimos anos com o avanço da globalização. Neste mesmo debate, Moreira (2020) acrescenta que os países centrais buscam a liderança nas inovações tecnológicas como manutenção da sua condição de centro hegemônico.

No que diz respeito aos países semiperiféricos, faz-se necessário compreender os obstáculos que cada país enfrenta em responder às revoluções tecnológicas, tendo em mente os aspectos estruturais ligados ao desenvolvimento desses e as suas posições dentro da hierarquia presente no sistema. No caso do Brasil e da Coreia do Sul, durante seus processos de industrialização e transição para a semiperiferia fatores externos e internos impactaram suas ações em relação à inovação tecnológica. Porém, antes de olhar para a trajetória desses países a seção abaixo terá como foco discutir o desenvolvimento do capitalismo e o impacto da inovação dentro dele.

### **3.1.1 As Ondas Longas K, os Ciclos Sistêmicos de Acumulação e a Inovação Tecnológica no contexto da EMC**

Uma das dinâmicas da EMC desde sua gênese são as ondas de expansão e retração. Essas ondas são caracterizadas por fases de crescimento econômico e integração durante a expansão, seguidas por períodos de desaceleração econômica e competição intensificada durante a retração. Contudo, como esperado da natureza desigual desse sistema, essas ondas não atuam de maneira semelhante em todo o sistema-mundo. Se por um lado alguns Estados e regiões podem se beneficiar mais durante as fases de expansão, outros também podem sofrer mais durante as fases de retração. Essa dinâmica acaba por contribuir para a formação e a transformação das hierarquias econômicas e políticas dentro do sistema-mundo (WALLERSTEIN, 2011). Ao analisar o desenvolvimento do capitalismo ao longo da história, Arrighi (1997) olha para a economia mundial por meio de quatro ondas longas. Para o autor, essas ondas são “primordialmente um reflexo temporal dos processos competitivos da economia capitalista mundial” (p.19).

Tendo como base Schumpeter, Arrighi (1997) defende que a competitividade dentro da economia capitalista se altera de acordo com a força do costume e da inovação. Sobre essa afirmação ele explica que assim como no caso de outros sistemas sociais, o capitalismo possui seus costumes, suas regras e normas que coordenam o fluxo da vida econômica dentro dele. Contudo, para o autor a diferença do capitalismo está na capacidade das inovações geradas romperem com a ordem e costumes já pré-estabelecidos.

É nessa conjuntura que as pressões competitivas se intensificam, o que leva a criação de novas ordens costumeiras segundo Arrighi (1997). Embora os sistemas sociais anteriores ao capitalismo também tenham tido como natureza a criação de novas ordens, o autor destaca uma particularidade que diferencia o capitalismo deles: o papel das empresas capitalistas em prestar subsistência e proteção. Isso se deve segundo Arrighi (1997) ao grande interesse dessas empresas no estabelecimento de acordo costumeiros que permitam a estabilidade das suas atividades (p.21).

Como produtoras de mercadorias essas empresas necessitam de redes que envolvam não apenas clientes, mas também fornecedores que consumam seus produtos, e forneçam insumos de maneira constante. É neste contexto que essas empresas buscam novas formas de acumulação e geração de lucro por meio de novas combinações de padrões já existentes entre as relações de insumo-produto (ARRIGHI, 1998, p. 21).

Sobre as pressões competitivas dentro do capitalismo, o autor destaca que é na alternância delas que encontramos as ondas longas de prosperidade e depressão. Conhecidos como Ciclos de Kondratiev ou Ondas K, essas ondas longas do desenvolvimento capitalista são caracterizadas pelas duas fases já citadas acima, uma de expansão (A) e outra retração (B). Em relação as lutas competitivas que ocorrem dentro dessas ondas, Arrighi (1997) explica que três estágios podem ser observados.

No primeiro, têm-se uma melhora nas condições econômicas graças ao estabelecimento de relações de cooperação e complementariedade no sistema interempresas, que permite a criação de novas combinações de insumo-produto. Aqui o autor destaca o uso da inovação como um mecanismo de ofensa ou defesa, dependendo da condição da empresa nesse contexto de acumulação desigual. É nesse cenário que novas combinações levarão a um surgimento de inovações secundárias, e acirra-se a demanda por recursos (ARRIGHI, 1998).

O segundo estágio inicia quando a fase A se transforma em fase B, a partir do que Arrighi (1997) chama de intensificação das contradições entre os padrões antigos e o emergente nas relações de insumo-produto. Têm-se então uma competição por recursos que comprime a renda das empresas e as faz escolher pelo princípio da substituição, onde buscam nichos mais vazios dentro do sistema interempresas como uma forma de economizar. A partir disso, Arrighi (1997) pontua duas situações que podem ocorrer: (i) a redistribuição dos ganhos iniciais da onda de inovações ou (ii) a eliminação ou subordinação das empresas que não tem meios de substituir ou economizar.

É neste contexto que o terceiro estágio é iniciado. Da mesma forma que as novas combinações intensificam a prosperidade da fase A, o desmanche das antigas combinações

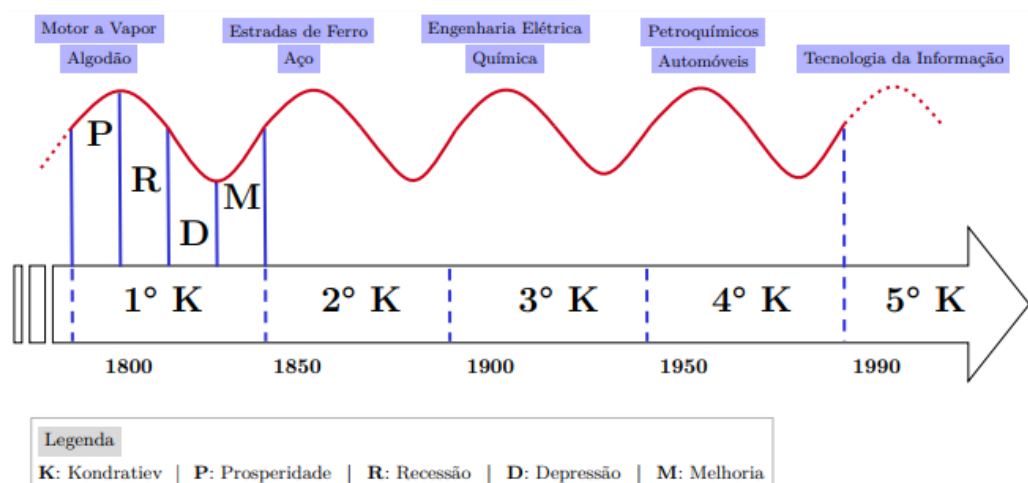


acentuam a depressão da fase B. Arrighi (1997) explica que a luta competitiva cessa quando aqueles que sobreviveram a ela criam novos acordos costumeiros que findam os efeitos destrutivos da disputa excessiva. Uma nova fase A inicia-se nesse sistema, com um novo ponto de cooperação e a reversão do padrão cumulativo que aprofunda a depressão. Embora se tenha uma melhoria nas rendas das empresas, o autor alerta que ao longo do tempo essa mudança constrói o palco para uma nova rodada de competições (ARRIGHI, 1998).

Arrighi (1997) discorre sobre as duas primeiras ondas K, como um exemplo real das características de uma onda longa. Durante a fase A da primeira onda (1787/90-1810/17) o autor destaca que graças a Revolução Industrial na Grã-Bretanha foi possível a consolidação da liderança destes no sistema interempresas. Já na fase B (1810/17-1844/51), a competição (excessiva) por insumos entre as empresas britânicas levou a criação de um novo conjunto de acordos costumeiros: o Sistema de Livre Comércio da Grã-Bretanha. Esse novo acordo deu espaço a novas formas de cooperação e complementaridade, que se estendeu também as empresas ao redor do mundo. Assim, as pressões competitivas diminuíram.

Na figura 2, é demonstrada a evolução da economia mundial de acordo com o surgimento dos novos meios de produção e tecnologias, surgidos no contexto das Revoluções Industriais.

**Figura 2** – Crescimento da Economia Mundial x Ondas de Kondratiev



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme discutido por Arrighi (1996), é possível notar que após os períodos de prosperidade e recessão uma nova fase se inicia com o surgimento de uma nova inovação. Outro conceito importante para a compreensão do desenvolvimento capitalista e que também trabalha com a ideia de ondas de longa duração são os Ciclos Sistêmicos de Acumulação (CSA)

discutidos por Arrighi em sua obra *O Longo Século XX*. Pereira e Sardo (2022) defendem a importância dos CSA para entender as dinâmicas de poder nas relações internacionais e na formação do Moderno Sistema Mundial. Os autores baseiam-se nas análises de Arrighi ao afirmar que as relações internacionais “são guiadas por ciclos periódicos do capitalismo que podem ser traçados de volta ao século XV até os dias atuais e (...) cada ciclo é movido sob os auspícios de uma classe capitalista de um Estado, sendo este o centro dinâmico de um CSA específico” (p.11).

Arrighi (1996) baseou-se na fórmula do capital de Marx (DMD’) na composição da sua teoria sobre os CSA. O autor explica que cada ciclo é formado por um momento de expansão material e comercial (D-M), e que após essa expansão haverá uma crise do capitalismo, o que levará a uma nova expansão financeira deste ciclo (M-D’). Arrighi (1996) defende que após isso, uma última crise ocorrerá e assim, um novo ciclo terá início. Baseando-se em Arrighi (1996), Pereira e Sardo (2022) destacam que:

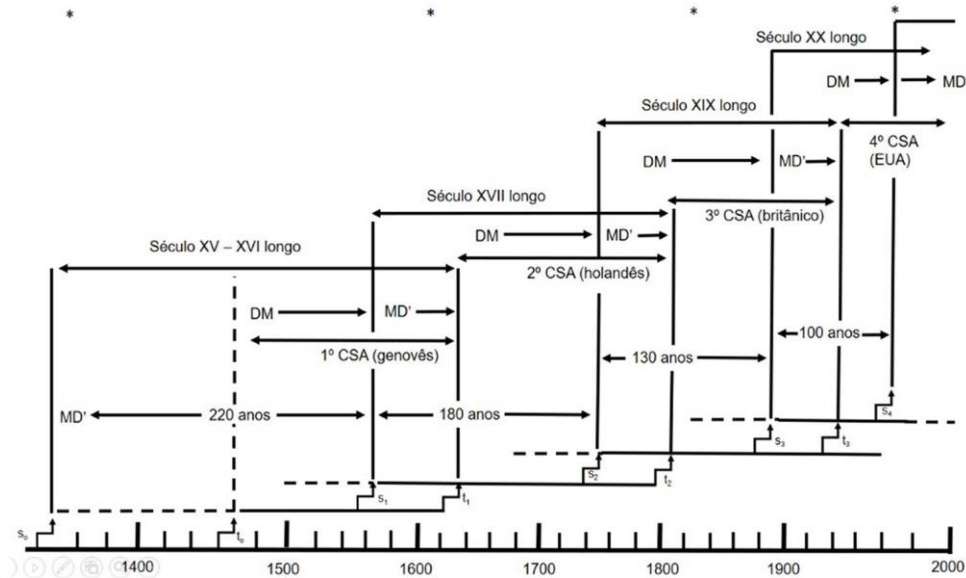
(...) Na expansão material, os Estados dominantes atuam para concentrar e controlar as cadeias globais de valor e ciclos de insumo-produto, guiando o processo de acúmulo de capital em escala mundial; (...) na expansão financeira, (...) o CSA se encontra em declínio, porque a classe capitalista deste Estado não tem mais incentivos em repor o capital circulante, uma vez que há uma forte pressão sobre os lucros, e passa a aproveitar o capital portador de juros, o qual financia uma expansão material em outro espaço (p.12).

O conjunto dessas duas fases completam um CSA. Pereira e Sardo (2022) acrescentam ainda que essa fórmula não demonstra apenas a lógica dos investimentos capitalistas individuais como no caso da defendida por Marx, mas também um padrão contínuo do capitalismo histórico como sistema mundial. Os CSA são muito importantes para compreender as mudanças que ocorrem na EMC, pois assim como as fases de expansão levam a momentos de crescimento econômico (principalmente de países centrais), elas também geram desigualdades econômicas e acentuam desequilíbrios de poder. O aprofundamento dessas tensões e o declínio do acúmulo de capital levam à reconfiguração das relações de poder no sistema-mundo e muitas vezes ao surgimento de novas hegemonias. Logo, os CSA têm a capacidade de moldar a competição entre os Estados, à medida que afetam suas relações econômicas e políticas, assim como suas posições dentro EMC (ARRIGHI, 1996; 1997).

Em sua obra, Arrighi (1996) pontua a existência de quatro ciclos presentes na história do Sistema Mundo Moderno: o genovês (1453-1648), o holandês (1580-1784), o britânico (1740-1929) e o norte-americano (1870-atualmente). Cada um desses ciclos foi marcado pelas duas fases defendidas. No centro de cada ciclo estava o Estado atuando junto a classe dominante

capitalista. Para o autor, o Estado possui um papel importante nas transições de cada CSA, visto que este possui controle sobre questões que permeiam as relações monetárias e diplomáticas de um país. Na figura a seguir são representados os quatro CSA ao longo dos anos e seus representantes:

Figura 3 – Os Ciclos Sistêmicos de Acumulação (CSA)



Fonte: Arrighi (1996).

É durante o quarto CSA que diversas mudanças nas relações dentro da EMC levaram ao que hoje defende-se como a ascensão do leste asiático e da China como epicentro do capitalismo. A expansão financeira ocorrida no núcleo orgânico do Sistema-Mundo abriu espaço para a expansão material do leste asiático, principalmente após a década de 1950 (PEREIRA; SARDO, 2022). Foram essas transformações que acabaram por permitir a consolidação e adição de diversos países dessa região como membros do núcleo orgânico e líderes em inovação.

Sobre a duração desses ciclos, Wanderley (2011) destaca um comportamento relevante. O autor observa que à medida que os padrões de tecnologia evoluem (assim como os de organização empresarial e social), a evolução histórica dos longos séculos, ou seja, o período entre cada ciclo, se contrai. Conforme demonstrado na figura 3, há uma redução contínua na duração de cada CSA. O autor acrescenta que esse fenômeno:

(...) mostra uma retração do capital em sua forma rígida (materializado na produção) e, em sua forma flexível (financeira) se movimenta em escala internacional através de transferências de um Estado-nação para outro, caracterizando a transição entre os ciclos sistêmicos de acumulação. A dinâmica dos ciclos sistêmicos ocorre através dos vetores da economia e da política. No âmbito econômico temos o natural processo de produção e reprodução ampliada que, em determinadas circunstâncias de ordem tecnológica e/ou social e política, saturam-se as condições de maximização do

lucro real, levando o capital a priorizar a sua capacidade multiplicativa através das finanças. O vetor político pauta-se pelos conflitos de hegemonias entre estados nações em que tem sido recorrente na história as situações de “caos sistêmicos”, resultando em demandas sociais de algum tipo de ordem, permitindo-se a presença de um novo Estado hegemônico (p. 40).

Wanderley (2011) discute que os padrões tecnológicos da segunda revolução industrial (metalmecânica) e da terceira (microeletrônica) deram base ao terceiro ciclo sistêmico e parte do quarto. Segundo o autor, os modos de produção e o alcance espacial da integração econômica entre os países foi fortemente influenciado pelas invenções técnicas e científicas da época.

A relação das tecnologias com as mudanças ocorridas ao longo da história também é discutida por Perez (2010). Ao olhar para o desenvolvimento através de ondas, a autora defende que:

Uma grande onda de desenvolvimento é (...) o processo pelo qual a revolução tecnológica e seu paradigma se propagam pela economia, levando a mudanças estruturais na produção, distribuição, comunicação e consumo, bem como a mudanças profundas e qualitativas na sociedade. O processo evolui de pequenos começos, em setores e regiões geográficas restritas, e termina englobando a maior parte das atividades no país ou países centrais e difundindo-se em direção a periferias cada vez maiores, dependendo da capacidade das infraestruturas de transporte e comunicações (p. 15).

Ao analisar os padrões tecnológicos e a importância da inovação tecnológica segundo os CSA e as Ondas K, Espindola (2021) relaciona as atividades típicas dentro da EMC, ligadas aos padrões industriais da época. Conforme demonstrado na Tabela 1, o autor alerta para a destruição criadora que acompanha o desenvolvimento dos CSA. Logo, o controle sobre a inovação tecnológica é um fator chave dentro do sistema mundial capitalista, por impactar diretamente a capacidade dos países de acumular riqueza e poder, e assim ascender na EMC. Ao elaborar sua análise baseando-se nos padrões tecnológicos, Espindola (2021) defende que o desenvolvimento econômico pode ser entendido como um processo de enormes ondas, permeado por mudanças estruturais e produtivas.

**Tabela 2** – Ondas K, CSA, *Loci* de Acumulação Sistêmica e Atividades típicas do núcleo orgânico-centro.

| <b>Período</b> | <b>Ondas K</b> | <b>CSA</b> | <b>Loci de acumulação Sistêmica</b> | <b>Atividades típicas do núcleo orgânico-centro</b> |
|----------------|----------------|------------|-------------------------------------|---|
| 1787-1817      | K1 A           | Holandês   | Europa                              | Indústria Têxtil                                    |

|           |      |                |                           |  |
|-----------|------|----------------|---------------------------|--|
| 1810-1851 | K1 B | Britânico      | Europa                    | Indústria Têxtil > tecnologia a vapor e ferrovias                                    |
| 1844-1875 | K2 A | Britânico      | Europa                    | Tecnologia a vapor e ferrovias   |
| 1870-1896 | K2 B | Britânico      | Europa                    | Tecnologia a vapor e ferrovias > Engenharia pesada, eletricidade e indústria química |
| 1890-1920 | K3 A | Britânico- EUA | Europa > América do Norte | Engenharia pesada, eletricidade e indústria química                                  |
| 1914-1945 | K3 B | Britânico- EUA | América do Norte          | Engenharia pesada, eletricidade e indústria química > Automobilística e eletrônicos  |
| 1945-1973 | K4 A | EUA            | América do Norte          | Automobilística e eletrônicos  |
| 1970-1994 | K4 B | EUA            | América do Norte          | Automobilística e eletrônicos > Microeletrônica                                      |
| 1994-2008 | K5 A | EUA            | América do Norte – Ásia   | Microeletrônica  |
| 2008- ?   | K5 B | EUA > Chinês   | América do Norte- Ásia    | Microeletrônica > Tecnologias inteligentes   |

Fonte: Espindola (2021).

Tanto os CSA quanto as Ondas K debatem o papel das mudanças e das inovações tecnológicas no processo de acumulação de capital, e por consequência nas dinâmicas econômicas dentro do sistema mundial. As transformações tecnológicas possibilitam o crescimento econômico em setores chave, o que leva a vantagens competitivas para determinados Estados. Como discutido anteriormente, esse crescimento econômico pode levar

a uma fase de expansão econômica de uma onda K, assim como de um CSA. À medida que essas novas tecnologias deixam de ser limitadas a poucos países, ocorre-se um declínio das vantagens competitivas geradas, e inicia-se um período de estagnação econômica seguido pelo fim de uma Onda K/CSA (ESPINDOLA, 2021).

Na seção a seguir, será discutida a importância da inovação tecnológica no processo de desenvolvimento capitalista, assim como as implicações dela na mobilidade de hierarquia de riqueza do sistema capitalista e o papel do Estado nesse processo.

### **3.1.2. O papel do Estado e da inovação tecnológica no processo de desenvolvimento**

Ao debater sobre o papel do Estado no contexto da perspectiva sistêmica, Arrighi (1997) defende que os Estados são atores-chave nos processos de acumulação de capital. Para o autor, os Estados detêm os meios necessários – como a distribuição de investimentos e aplicação de leis - para se apropriar dos benefícios da divisão internacional do trabalho e assim influenciar na posição dos países dentro da hierarquia de riqueza. A ingerência dos Estados permite a eles gerir as cadeias de mercadorias, criando (e protegendo) os quase monopólios e assim assegurando a fonte de lucro. Isso gera um constante incentivo à inovação, pois os produtos que garantem maiores ganhos possuem alto valor agregado e complexidade tecnológica. Logo, para acumular riqueza e manter sua posição ou ascender na hierarquia, os Estados precisam ter controle sobre as novas tecnologias (ARRIGHI, 1997).

Arrighi e Drangel (1986, p.23) destacam sobre a mobilidade dos Estados dentro da EMC:

[...] Numa economia capitalista mundial, dividida numa multiplicidade de jurisdições de Estado e continuamente sujeita aos choques endógenos das inovações nas funções produtivas, o poder que cada aparato de Estado tem de dar forma às relações núcleo orgânico-periferia é sempre limitado pelo poder que os outros Estados têm de fazer o mesmo e, sobretudo, pelas pressões competitivas geradas continuamente pelas inovações econômicas.

Segundo Arrighi (1997), a especialização em atividades por parte dos Estados permitiria vantagens competitivas destas dentro do sistema. Logo, o autor entende que utilizando essas vantagens como oportunidades seria possível uma mobilidade dos Estados, embora julgue estas como ocorrências excepcionais. Contudo, é importante ressaltar que esse deslocamento causa também impacto na configuração de outros Estados, assim como é limitado também pela configuração deles na estrutura a qual o sistema foi historicamente construído. Quanto mais alta a posição de um Estado, maior é a sua vantagem na disputa pelos benefícios

do sistema. Os Estados em posições hierárquicas têm maior controle dos processos de inovação, e acesso aos benefícios deles, além de conseguirem se proteger melhor dos efeitos negativos trazidos pelas mudanças acompanhadas por esses novos processos. O mesmo não se aplica aqueles que estão em posições mais baixas.

Conforme enfatizado por Wallerstein (1979), as atividades exercidas pelos países do centro na EMC exigem um maior nível de capitalização e qualificação. Por outro lado, os países periféricos executam as tarefas de menor complexidade econômica. Essa dinâmica de desenvolvimento dentro da EMC amplia ainda mais a distância entre os níveis social e econômico dos centros e periferias, principalmente no que diz respeito às atividades pautadas pelos processos de inovação tecnológica.

Sobre esse aspecto definidor da inovação, Arend, Cario e Enderle (2012) pontuam-no como uma característica do sistema, que se atrela a necessidade contínua de revolucionar as forças produtivas dentro dele. Ao discutir o papel da inovação, Schumpeter (1954) atribui a esta a capacidade de introduzir novos métodos de produção, de mercadorias e até mesmo novas rotas de comércio e mercado, assim como novas formas de organização. Para o autor a natureza da inovação leva a uma revolução e estruturação econômica, onde há uma destruição constante das velhas inovações que dão origem as novas. Esse processo é denominado de destruição criativa. Esse processo é apontado por Schumpeter (1984) como essencial ao capitalismo, pois gera e sustenta as pressões competitivas, ao estabelecer uma nova forma de produção.

Nesse sentido, Moreira (2020) destaca o interesse dos Estados e empresas ao estimular a aceleração do progresso científico e tecnológico, o que permite o impulsionamento da renovação dos processos produtivos dos países. Conforme defende o autor, a capacidade em conceber e controlar os processos de inovação tecnológica é o que separa os países entre centrais e periféricos. Ainda, o aumento de produtividade alcançada graças aos novos paradigmas tecnológicos permite que os Estados e as empresas expandam seus níveis de lucro em escala mundial.

A relevância da CT&I no desenvolvimento dos países é pontuada por Vieira, Ouriques e Arend (2021). Dado o seu impacto no funcionamento e posicionamento dos países dentro da EMC, a capacidade dos Estados em relação à produção de tecnologia e dependência em relação ao mercado externo impactam o processo ou até mesmo a possibilidade de desenvolvimento dos países.

Um grande defensor da importância da inovação tecnológica, Furtado (2000) também relaciona o desenvolvimento econômico dos países desenvolvidos com a questão da acumulação de novos conhecimentos científicos e seu progresso na aplicação destes. Em

paralelo a isso, estaria o desenvolvimento dos países em desenvolvimento - as semiperiferias - , que o autor associa com a assimilação das técnicas prevaletes presentes.

Segundo Furtado (2000), os ganhos de produtividade de um país permitem compreender como o desenvolvimento deste ocorre, e como as diferenças de produtividade separam o centro da periferia. Dois fatores são apontados como geradores principais dessa produtividade: a acumulação de capital e o progresso técnico. De acordo com o autor, o progresso técnico ocupa grande relevância nessa relação pois afeta a acumulação de capital, portanto, Furtado defende que o desenvolvimento deve ocorrer fazendo uso das inovações tecnológicas.

Enquanto nos países do centro o progresso técnico baseia-se principalmente na criação de tecnologias e disseminação destas, na periferia consiste principalmente na replicação, o que limita o crescimento dos países. Por conta dessa dinâmica, e da clara assimetria no poder entre estados, Furtado (2000) vê como necessário o papel ativo do Estado, onde este deveria liderar os investimentos em apoio à CT&I e áreas relacionadas.

Contudo, o autor salienta que para isso deveriam ser implementados projetos de longo prazo, com foco nos agentes do progresso técnico, pois assim seria possível acompanhar as mudanças ocorridas na divisão internacional do trabalho (FURTADO, 2000).

Amsden (1993b) compartilha do mesmo pensamento, e aponta como essencial para o desenvolvimento a absorção de habilidades ligadas ao processo produtivo, e principalmente no que diz respeito a tecnologia. Suas obras defendem o conhecimento como veículo capacitante do processo de desenvolvimento econômico dentro dos países, especialmente nos países que se deslocaram da periferia para a semiperiferia, os quais a autora denomina ‘resto’.

A autora discute que o processo de industrialização desses países impactou fortemente como o desenvolvimento de tecnologias viriam a ser abordados por essas regiões. O pós-guerra foi um período de intensas mudanças para os países em desenvolvimento, principalmente no que diz respeito à industrialização. Haggard et al., (1991) afirmam que essa industrialização implicou em mudanças na divisão internacional do trabalho, mas que isso não significa que as capacidades industriais desses países estivessem equiparadas, como é o caso dos países da América Latina e do Leste Asiático.

Carneiro (2002) relembra que o acesso da periferia às novas tecnologias que surgiram durante a Segunda Revolução Industrial, e a capacidade de reprodução interna destas, foram ponto chave para que muitos países periféricos se deslocassem para a semiperiferia. Durante esse período, os processos de inovação ocorriam de maneira mais lenta, o que possibilitou que países da América Latina e do Leste Asiático acompanhassem essas mudanças e até mesmo



realizassem a internalização desses novos setores produtivos, como ocorreu com a substituição de importações no Brasil e Coreia do Sul.

Contudo, conforme levantado por Ouriques e Vieira (2017), mesmo que um país ou região tenha desenvolvido capacidade para aproveitar determinada conjuntura da economia-mundo e assim logrado ascender na hierarquia de riqueza do sistema, isso não garante que ela seguirá ascendendo. O mesmo se aplica a sua capacidade em manter a posição conquistada. Isso ocorre pois segundo a perspectiva sistêmica o sistema se move como um todo, e implica em transformações em todos os atores presentes nele. Essa realidade pode ser observada nos casos da Coreia do Sul e do Brasil, pois embora ambos tenham saltado da periferia para a semiperiferia durante o período de 1930-1980, somente o primeiro seguiu ascendendo e conquistou uma posição no núcleo orgânico, enquanto o último encontra-se hoje estagnado e até mesmo ameaçado de perder sua posição (OURIQUES; VIEIRA, 2017).

Dito isto, com o propósito de fazer uma recapitulação das mudanças geradas pelas Revoluções Industriais e dos paradigmas industriais que viriam a definir a posição atual desses países, na seção a seguir será feito um breve panorama das características de cada uma. Por fim, será introduzida uma discussão a respeito das tecnologias habilitadoras da Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0.

### 3.2 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E OS SEUS PARADIGMAS TECNOLÓGICOS

As revoluções industriais tiveram como fatores exponenciais os momentos de irrupção gerados pelas transições hegemônicas e seus ciclos de acumulação dentro do Sistema-Mundo (MOREIRA, 2020). Esses fenômenos vão ao encontro do que discutia Arrighi (1996) a respeito das revoluções tecnológicas possibilitarem novas fases de expansão dos regimes de acumulação de capital. A acumulação de riqueza está ligada à capacidade dos Estados e das elites econômicas de liderar a inovação tecnológica em um determinado período histórico. A capacidade de acumular riqueza está relacionada à posição estrutural dos países na economia-mundo. Os países que estão no centro do sistema, dominando os setores econômicos mais avançados e as tecnologias de ponta, têm maior capacidade de acumular riqueza em comparação com os países periféricos. Empresas e países que lideram em termos de inovação tecnológica tendem a acumular mais riqueza, pois conseguem gerar maior valor agregado em seus produtos e serviços.

A Primeira Revolução Industrial ocorreu no fim dos anos 1700, tendo como país central a Inglaterra. Esse período foi marcado pela mudança do sistema de produção domiciliar

para o sistema de produção em fábricas. Substituiu-se a manufatura artesã pelos teares mecânicos, graças ao desenvolvimento da tecnologia da energia a vapor movida a carvão e petróleo. Ainda, novas tecnologias siderúrgicas e extrativas foram concebidas, o que possibilitou a expansão das ferrovias e criação de métodos de produção mais rápidos. Esse cenário deu origem a um novo paradigma na indústria, a mecanização, o que possibilitou o primeiro salto em escala na produção de mercadorias (HOBSBAWM, 2015; MOREIRA, 2020).

Um novo paradigma se estabelece nos anos 1850 com a chegada da Segunda Revolução Industrial, tendo como ator principal os EUA. Lima e Gomes (2021) destacam que diferente da primeira, as indústrias surgidas nesse período requeriam o desenvolvimento de tecnologias com maior conhecimento científico. Novos processos produtivos surgiram graças à incorporação da energia elétrica. Isso permitiu um aumento substancial das escalas produtivas, aliados à criação de linhas de montagem que também agregaram novo caráter ao modo de produção, permitindo a criação em massa de produtos, alavancados pela indústria automobilística e do petróleo. Essas condições dariam fruto a uma intensa competição entre empresas pela busca de novas tecnologias, ao passo que os padrões de concorrência cresciam.

A transição para a Terceira Revolução Industrial (e a chegada do paradigma da microeletrônica) levou mais tempo comparada às últimas duas. Seu surgimento no fim da década de 1970, e marcou mudanças nas indústrias devido a introdução de um novo paradigma, no qual os computadores eram atores centrais. Moreira (2020) cita que o aprimoramento e massificação da comunicação possibilitaram um maior controle dos processos produtivos. Teve-se a ampliação da produtividade e as estruturas produtivas puderam ser gerenciadas de forma descentralizada e interconectada. Luiz e Gomes (2021) acrescentam que os avanços da microeletrônica foram possíveis graças ao conhecimento científico desenvolvido nas revoluções anteriores, e aos investimentos em P&D por parte de empresas, universidades e governos.

### **3.1.1 A Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0**

Embora se discuta o surgimento de uma Quarta Revolução Industrial desde o fim da década de 1990, a ideia de uma ‘‘Indústria 4.0’’ foi apresentada oficialmente em 2011 na Alemanha, durante uma feira promovida pelo governo, universidades e empresas. Os principais objetivos dessa feira eram encontrar meios para desenvolver sistemas de produção avançados que pudessem aumentar a produtividade e eficiência da indústria nacional alemã (KAGERMANN, 2013).

Sung (2018) defende que embora os conceitos de Indústria 4.0 e Quarta Revolução Industrial tenham sido amplamente utilizados como sinônimos, ambos representam na verdade conceitos diferentes. Segundo o autor, a Quarta Revolução Industrial refere-se a uma transformação sistemática com impacto que se estende da sociedade civil aos processos de manufatura dos países e suas economias. Outro ponto levantado pelo autor é o debate dos estudiosos se de fato essa transição da terceira revolução industrial já ocorreu. Apesar da sua existência ou não, o autor defende que a I4.0 tem como foco único os processos de fabricação no contexto atual, logo, o seu escopo é bem menor.

Em contraponto, Schwab (2019) refere-se a ambos como parte de um mesmo fenômeno. Para ele, a característica principal desse paradigma seria sua convergência de tecnologias que vão da esfera física, digital à biológica. No Brasil, o conceito é difundido pelo Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) como um fenômeno que compreende a organização e administração de toda a cadeia de valor do ciclo de vida dos produtos. Segundo o relatório, “a integração e o controle remotos da produção, associados à sistemas ciberfísicos, dados e serviços inteligentes de internet, são o futuro da produção” (BRASIL, 2017, p.5).

Já Kagermann (2013) resume esse fenômeno como:

Uma realidade em que as redes globais são estabelecidas pelas empresas sob a forma de Sistemas Físico-Cibernéticos, que incorporam máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção que são capazes de trocar informação e cooperar de forma autônoma através da Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) desencadeando ações e controlando uns aos outros de forma independente (p.11).

De acordo com a Germany Trade & Invest (GTAI), a I4.0 representa a evolução tecnológica de sistemas embarcados para esses sistemas ciberfísicos. Nela, várias tecnologias como Identificação por Radiofrequência, computação em nuvem, realidade aumentada/realidade virtual (AR/VR), sensores/atuadores e *big data*, estão contribuindo para que esses sistemas subjacentes integrem o espaço virtual com o mundo físico.

A assimilação desses novos paradigmas científico-tecnológicos implica em transformações radicais na produção, no consumo e nas formas de sociabilidade dentro das indústrias e países. Nesse sentido, a crise do atual ciclo sistêmico e essas transformações impulsionam a disputa dos países pela liderança hegemônica por meio da absorção dessas novas tecnologias, como forma de ocupar um papel central no sistema.

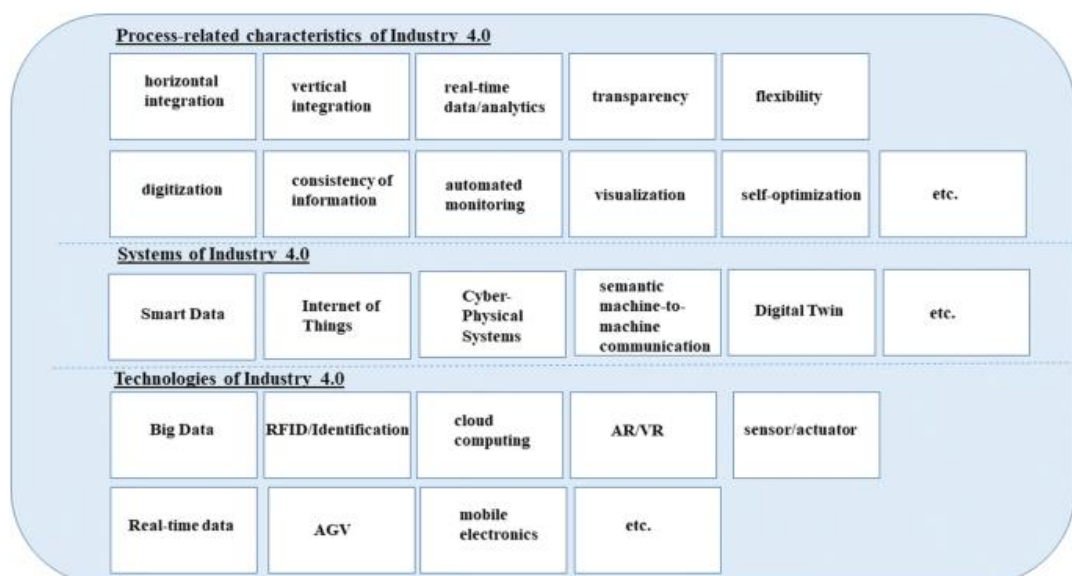
Koh, Orzes e Jiah (2019) pontuam que a I4.0 representa uma revolução nos sistemas de produção, visto que suas tecnologias emergentes agregam maior valor aos produtos e nos seus ciclos de vida. A natureza da I4.0 está profundamente associada no conceito de Produção Inteligente (*Smart Manufacturing*), o que leva a uma necessidade de alteração também do aspecto sociotécnico do papel do ser-humano nos sistemas produtivos e atividades performadas nas cadeias de valor, que passam a exigir abordagens inteligentes e pautadas em tecnologias da informação e comunicação (KOH; ORZES; JIAH, 2019).

Como exemplo das características da integração e das trocas de informações dentro das cadeias de valor no contexto da I4.0, Tseng *et al.* (2018) destacam: (i) a sincronização da produção com fornecedores para reduzir prazos de entrega, e (ii) a combinação de recursos em manufatura colaborativa, o que permite que as empresas se concentrem em suas competências principais e compartilhem ideias para a inovação de produtos na indústria.

Dombrowski *et al.* (2017) e Shahin *et al.* (2020) discutem a respeito da divisão de opiniões referentes aos elementos que constituem a I4.0 e suas relações entre si. Embora não haja uma unanimidade sobre o assunto, é possível pontuar uma estrutura básica das tecnologias, sistemas e características associadas a esse novo paradigma.

Com base em um estudo realizado em 260 casos da indústria alemã, Dombrowski *et al.* (2017) montaram uma proposta de estrutura que compõe a I.40. O modelo inclui elementos separados por processos relacionados a I4.0, os sistemas que a compõe e suas tecnologias base.

**Figura 4.** Indústria 4.0: Tecnologias, Sistemas e Processos.



Fonte : Dombrowski et al. (2017) e Shahin et al. (2020).

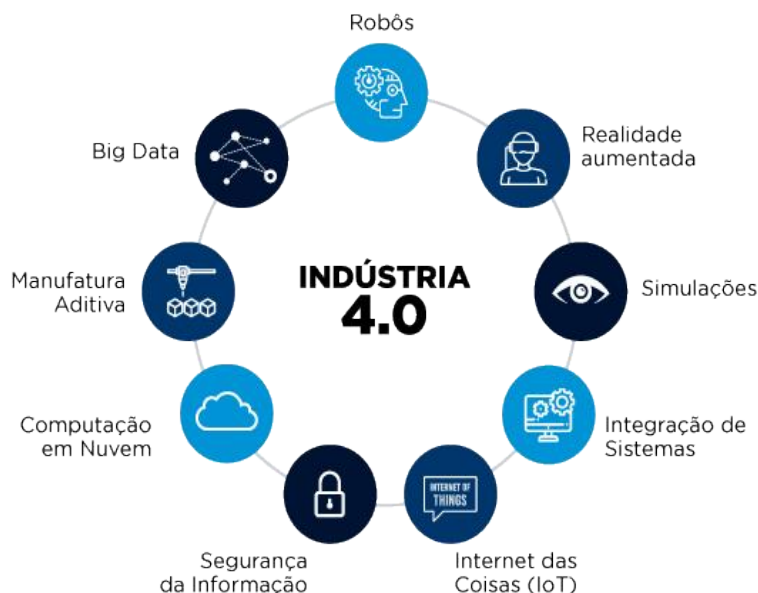
No modelo proposto é possível identificar tecnologias chaves como *big data*, identificação por radiofrequência, tecnologias de identificação (*QR code*), computação em nuvem, realidade aumentada e virtual, sensores, redes de sensores sem fio, veículos guiados automaticamente e eletrônicos móveis (celulares, tablets). Ainda, têm-se os dados inteligentes, internet das coisas (IoT), sistemas ciberfísicos, e a comunicação semântica máquina a máquina. Shahin et al. (2020) destaca que com a implementação dessas tecnologias e sistemas, é possível se alcançar o processo de integração horizontal e vertical e analisar os dados em tempo real.

Na seção abaixo serão apresentados os conceitos vinculados a essas tecnologias.

### 3.2.2 Tecnologias base da Indústria 4.0

As tecnologias tidas como base da Indústria 4.0 estão presentes nas dimensões de todas as outras tecnologias vigentes. Elas são responsáveis por permitir a interconectividade entre as máquinas ao longo dos processos industriais. Conforme destaca Chesini (2021), essa interconexão possibilita a geração de informações e a conexão de diferentes etapas das cadeias de valor, auxiliando no desenvolvimento de novos produtos e formas de produção. Na figura a seguir, são ilustradas as principais tecnologias da I4.0:

**Figura 5** – Tecnologias base da Indústria 4.0



Fonte: Chesini (2021).

A **Internet das Coisas** (IoT) é conceituada por Rose, Eldridge e Chapin (2015) como uma tecnologia que incorpora um amplo espectro de produtos, sistemas e sensores em rede.

Essa integração dá luz a novos recursos antes não alcançados, dentro eles o ganho de eficiência. Segundo os autores, o termo IoT foi utilizado pela primeira vez no fim da década de 1990 para explicar um sistema no qual objetos no mundo físico podem ser conectados à Internet por sensores. Atualmente, o termo é popularmente utilizado para descrever cenários nos quais a conectividade com a Internet e a capacidade de computação se estendem a uma variedade de objetos, dispositivos, sensores e itens do dia a dia.

Em relação a tecnologia de **Computação em Nuvem**, seu conceito é comumente relacionado a distribuição de serviços que enquadram o armazenamento de dados e acesso a redes, servidores, softwares e análises inteligentes por meio da Internet (MELL; GRANCE, 2019). Yu *et al.* (2015) explicam que a maior vantagem desta tecnologia está na sua capacidade de armazenar um número considerável de data que pode ser acessado facilmente de maneira remota.

A **Big data** também está conectada a essa tecnologia, porém como parte integrante dela já que se refere ao agrupamento de um grande volume de dados complexos que não podem ser analisados utilizando métodos tradicionais. Misha et al. (2017) debatem sobre os diversos conceitos dessa tecnologia, que ganhou espaço no início dos anos do 2000. Segundo os autores, embora não há um consenso em relação a conceituação, todos concordam que a big data envolve três camadas principais: volume, velocidade e variedade. Os dados podem ser encontrados em diferentes formatos, assim como a coleta deles deriva de diversas fontes.

Já a **Inteligência artificial** (IA) refere-se à aplicação de análises e técnicas avançadas baseadas em lógica, capazes de simular o comportamento humano por meio de máquinas. A característica principal desta tecnologia está na capacidade de execução de tarefas que antes exigiriam participação de um humano. O caráter automatizado e eficaz da IA reflete profundamente no mercado de trabalho, visto que ela possibilita um ganho de produtividade considerável já que não depende da presença de humanos (LONGO et al., 2020).

A **Robótica** foi uma tecnologia que se originou também a partir da IA, no sentido de adicionar eficiência aos processos da cadeia produtiva. Grande parte dos robôs trabalha de forma autônoma, embora alguns interajam com humanos em ambientes físicos. Eles podem ser controlados de maneira remota por meio da IA e operar atividades que são consideradas impróprias para os humanos (GOMES; LIMA, 2020). Por possibilitar esse processo de automação, há uma expressiva queda nas falhas dentro das atividades das empresas, o que leva ao aumento da produtividade destas (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA [CNI], 2017).

A **Manufatura aditiva** refere-se as tecnologias capazes de imprimir produtos diversos por meio da digitalização de modelos, com o uso da impressora 3D. Gomes e Lima (2020) destacam ainda que essa tecnologia possibilita a diminuição de desperdícios típicos dos processos produtivos tradicionais, além de permitir o processo de customização em massa das linhas de produção (GOMES; LIMA, 2020).

Em relação as tecnologias de **Segurança Cibernética**, sua funcionalidade está atrelada a construção de dados criptografados, assim como a separação dos sistemas em camadas que restringem a troca de dados por meio da adoção de protocolos de autenticação e autorização. Essas tecnologias tem como objetivo a proteção dos ativos de informação que são processadas e armazenadas nos diferentes sistemas existentes (ABII, 2020).

A **Integração de Sistemas** é, segundo a Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII, 2020), uma das tecnologias mais importantes da I4.0, pois ela reflete o modelo de conectividade dos equipamentos de uma indústria em tempo real, no sentido horizontal e vertical. Enquanto o modelo de Integração vertical atende a uma ordem hierárquica de informações, que vai desde o chão-de-fábrica ao sistema financeiro das empresas, o modelo horizontal possibilita o uso de diferentes sistemas com funções únicas, mas que operam coordenadamente. Logo, a tecnologia é de suma importância para a organização e produtividade das empresas.

Por fim, têm-se as tecnologias de **Realidade aumentada** e **simulação** que se conversam ao utilizar os computadores e outros sistemas ligados a IA para “gerar modelos digitais que descrevem ou exibem a interação complexa entre várias variáveis dentro de um sistema, imitando processos do mundo real” (ABBI, 2020, p.2).

### 3.3. CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A partir das discussões acerca do desenvolvimento capitalista e sua forma de expansão e organização, fica claro o papel da inovação nesse processo. À medida que novas formas de arranjos se constroem com base nas inovações emergentes, observa-se uma alteração no controle e manutenção do capital dentro desse sistema. Assim, sabendo da importância das posições dos países na hierarquia de riqueza para liderança dessas inovações, a emergência de um novo paradigma tecnológico – a Indústria 4.0 – alerta para uma possibilidade (assim como ameaça) para todos os países pertencentes a este sistema.

A complexidade das tecnologias desse novo paradigma exige uma base das tecnologias de padrões anteriores, o que influenciou tremendamente na capacidade de resposta do Brasil e da Coreia do Sul a esse novo padrão. A implementação não sucedida da Indústria 3.0 no Brasil

implicou na capacidade deste em desenvolver setores industriais chaves, ameaçando sua posição na DIT. Em contraponto, a Coreia do Sul, com o auxílio dos EUA, traçou um processo de industrialização com base na inovação tecnológica, o que garantiu que eles estivessem prontos para entrar na competição pelos novos processos tecnológicos, assegurando assim sua aproximação com o núcleo orgânico e os seus benefícios.

Nos capítulos a seguir será observado que embora a relevância da I4.0 em termos de produção e ganhos sejam claros, os esforços para se inserir nessa nova conjuntura não foram iguais.



#### 4. A TRAJETÓRIA INDUSTRIAL-TECNOLÓGICA SUL COREANA

O milagre econômico asiático é discutido por Arrighi (1997) como inicialmente um milagre japonês (p.53). Ao defender essa afirmação, o autor baseia-se no coeficiente da porcentagem expressa do PNB per capita de uma região em relação ao PNB per capita daqueles pertencentes ao núcleo orgânico, o que permite medir a diferença de renda que os separam. No caso do Japão, foi observado um salto surpreendente entre o ano de 1938, quando o país possuía um PNB per capita de aproximadamente um quinto do núcleo orgânico. Em 1988, o Japão deixara de ser uma país semiperiférico e alcançou uma porcentagem 20% maior que a média per capita desses mesmos países.

Esse milagre foi possível graças a diversos fatores, dentre eles o sistema de subcontratação do Japão que será discutido mais adiante. Além disso, após a Segunda Guerra Mundial a região do leste asiático foi amplamente apoiada pelos EUA, por meio da criação de instituições como o Banco de Desenvolvimento da Ásia, que permitiu o financiamento de muitos países para sua recuperação e industrialização. Overholt (2007) pontua que esse milagre foi extremamente importante para a vitória dos EUA na Guerra Fria com a URSS, pois a estabilidade desses países permitiu que seus governantes tivessem os recursos necessários para a construção de uma administração sólida no setor administrativo e militar. Essa realidade contribuiu para que os governos tivessem maior poder em suprimir a influência da ideologia do comunismo na região.

Outro aspecto importante foi a mudança na visão dos países asiáticos (com influências ocidentais) em relação às suas ambições de poder e riqueza. Anteriormente, muitos desses países acreditavam que o caminho para alcançar a glória podia ser obtido apenas pela conquista de territórios, contudo, a incorporação desses países as cadeias mercantis e seus crescimentos econômicos levaram países como Japão, Cingapura e Coreia do Sul a focar em reformas econômicas como nova arma de alcançar poder e riqueza (OVERHOLT, 2007).

Embora o Japão tenha dado indícios de que se consolidaria como líder asiático durante a década de 1980, a estagnação econômica do país que se seguiu e o crescimento expressivo da China - assim como sua abertura econômica- levaram o Japão a adotar uma nova postura na região e abandonar sua diplomacia baseada na economia. Ele reforçou sua parceria com os EUA ao trazer Taiwan para sua aliança militar, e apoiou sua independência como meio de conter a China, seu novo concorrente pelo título de líder regional. Assim, a frágil linha pacífica que havia sido estabelecida após a aproximação da China com as instituições criadas pelo ocidente foi abalada (OVERHOLT, 2007).

Lim (2005) pontua que a busca pelo equilíbrio na balança de poder tem sido uma das principais preocupações dos EUA na Ásia. Mesmo após a vitória na Guerra Fria, as tensões na região continuaram presentes, além disso, o epicentro do crescimento econômico mundial durante esse período estava presente no leste asiático, o que fez o mundo direcionar seu foco para a região.

Em meio a esse cenário, a Coreia do Sul buscou lidar com as tensões em meio a sua busca pela autonomia econômica. Uma tarefa difícil dada o contexto histórico do país em se encontrar preso a disputas entre grandes poderes como EUA, Rússia, Japão e China, o que lhe rendeu o apelido de “O camarão entre as baleias”. Overholt (2007) pontua que países nessa condição tem por costume adotar uma estratégia de se aliar a países distantes da sua região, como foi o caso da Coreia do Sul que mantém até hoje sua aliança com os EUA. Essa aliança se provou muito vantajosa para ambos, pois de um lado a Coreia do Sul recebeu financiamento para sua reconstrução após a Guerra da Coreia (1950-1953), e proteção contra as ameaças da Coreia do Norte que era apoiada pela China. Em contrapartida, eles serviam como uma forma de impedir a disseminação da influência chinesa na região.

O governo sul-coreano não hesitou em depender dos EUA devido à precariedade dos seus recursos, que haviam se deteriorado ainda mais com a Guerra da Coreia. O autor destaca que entre 1954 a 1970, o auxílio estadunidense - econômico e militar - correspondeu a aproximadamente à 10% do PIB sul-coreano (HAN, 1980). Kim (2013) acrescenta que o dinheiro dos EUA foi responsável por suprir capital para aproximadamente 70% das importações sul-coreanas.

O cenário econômico sul coreano atual pode ser explicado por diversos fatores, dentre os principais podemos apontar o impacto da ocupação japonesa entre os anos 1915 e 1945; o auxílio dos Estados Unidos na segurança e reestruturação econômica do território (depois da guerra na península coreana, entre 1950-1953); e por fim o papel do Estado e dos *chaebols* (grandes conglomerados) na industrialização do país.

Para entender como a Coreia do Sul conquistou o grande salto da periferia para o núcleo orgânico, além de se tornar referência como um dos principais centros de inovação tecnológica, faz-se necessária uma breve contextualização do período pós-Segunda Guerra. É a partir daí que as principais transformações são semeadas e começam a dar forma ao país que observamos hoje.

Diante disso, na seção adiante será explicado o processo de industrialização sul-coreano após a retirada das tropas japonesas, por meio de um panorama sobre os Planos Quinquenais lançados pelo governo. Feito isso, serão identificadas na seção 3.2. as políticas

tecnológicas lançadas durante esse período. Na seção 3.3, será analisada a trajetória tecnológica sul coreana após a década de 1980, quando o país já havia superado seu status de periferia e se movia para uma indústria de base tecnológica, acompanhando as mudanças surgidas no contexto internacional. Por fim, serão apresentadas na seção 3.3 as iniciativas da Coreia do Sul para a Indústria 4.0 e os principais desafios do país dentro desse contexto.

#### 4.1 O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO: O PAPEL DO ESTADO E DOS *CHAEBOLS*

Compreender a ascensão do Leste Asiático tem se provado uma das principais fontes de interesse não apenas das ciências sociais, mas também de outros estudiosos que vêm o crescimento sem igual dos países dessa região com espanto. Arrighi (1996; 1998; 2004) discute que a região se tornou um dos principais epicentros de acumulação de capital no mundo. Atualmente, mantém-se essa perspectiva, contudo muito mais consolidada, tendo alguns autores (KOHLI; SHARMA; SOOD, 2011; MAHBUBANI, 2022) pontuado o século XXI como o século asiático.

Embora o continente asiático como um todo tenha apresentado um desenvolvimento e expansão expressivos, o Leste Asiático – principalmente a China, Coreia do Sul, Japão e Taiwan-, são comumente utilizados como título de exemplo quando a discussão é o sucesso na ascensão dentro da EMC. Apesar de chamada comumente de ascensão, Arrighi, Hamashita e Selden (2004) pontuam que a região passa na verdade por um processo de ressurgimento, um resgate do papel que a região já ocupava no século XV.

Séculos mais tarde, o processo de incorporação desse sistema ao sistema capitalista ocidental – e a Pax Americana no Leste Asiático - alteraria a China como centro das trocas comerciais na região, com os EUA assumindo esse papel. Em seu livro *A ilusão do desenvolvimento*, Arrighi discute o importante papel dos Estados Unidos na recuperação do Leste asiático, que acabaria por capacitar vários países da região e ironicamente elevá-los ao papel de competidores.

Os interesses geopolíticos dos EUA na região levaram este a conceder um extenso auxílio financeiro ao Leste Asiático: enquanto o Japão recebeu US\$ 500 milhões por ano entre 1950 e 1970, a Coreia do Sul e Taiwan – agora livres da colonização japonesa - ganharam ajuda de aproximadamente US\$ 13 bilhões e US\$ 6 bilhões respectivamente (ARRIGHI, 1997).

A hegemonia dos EUA implicou diretamente na capacidade competitiva desses países, pois ao integrá-los nas suas redes de comércio e apoio financeiro e militar, os países puderam

focar em sua reconstrução. Todo o dinheiro anteriormente despendido em custos militares do Japão – cerca de 80% do seu orçamento – estava livre para ser direcionado em ciência e inovação, e foi o que o país fez (ARRIGHI, 1996; 1997).

Arrighi (1997) destaca também como elemento-chave da vantagem competitiva da região o sistema de subcontratação de múltiplas camadas originado no Japão na década de 1970. Este se expandia ao longo das regiões leste e sudeste da Ásia, composto por redes de relação simbiótica. Ouriques (2011) ressalta que Arrighi vê esse sistema e sua natureza expansionista além-fronteira como principal responsável pelos “milagres” econômicos que outros países do leste asiático tiveram, assim como a ascensão de alguns países do Leste Asiático à condição de semiperiferia na estrutura hierárquica de poder e de riqueza do Sistema-Mundo Moderno.

O caso da industrialização sul-coreana não pode ser separado da influência do modelo japonês e da participação do Estado e dos grandes conglomerados empresariais. Uma particularidade do processo de industrialização do país é sua cultura com base no confucionismo, que fez com que o povo, empresas e Estado buscassem em conjunto pelo *catching up* a fim de alcançar a autonomia econômica frente países como os EUA e Japão. Embora os valores confucionistas na Coreia do Sul sejam semelhantes aos presentes na China e Japão - ao incentivar a busca pela harmonia, manter a disciplina e respeitar valores morais - o foco na Coreia do Sul centrou-se em grande parte no respeito as hierarquias e no estudo. Esse cenário contribuiu para o estabelecimento da organização corporativa dos *chaebols* e na qualificação da população, por meio de grandes investimentos na educação e do sentimento de dever das famílias ao incentivar seus filhos no campo da educação (CHO; YOON, 2001).

No que diz respeito a herança japonesa, é importante lembrar que, após a saída das tropas nipônicas do território sul coreano todo o arcabouço dos negócios operados pelo império japonês serviu como ponto de partida para a recuperação da Coreia do Sul. Contudo, o país sofria com uma séria falta de mão-de-obra qualificada para operar esses negócios, o que fez também o incentivo a educação se tornar uma das pautas principais no país (PYO, 2012; CHANG, 2006).

Têm-se como exemplo também os *zaibatasu*, grandes grupos empresariais responsáveis em atender as necessidades militares do império japonês. Seguindo o modelo destes, o governo sul coreano selecionou grupos de empresas que pudessem atender as demandas necessárias para o desenvolvimento do país. Eles seriam campeões nacionais que se distribuiriam estrategicamente para acelerar o processo de industrialização orientados pelo Estado. Posteriormente, esses grupos ficaram conhecidos como *chaebols* (CHANG, 1988).

O termo *chaebol* refere-se a um conglomerado que possui diversas empresas independentes que são controladas administrativa e financeiramente por uma única família. Uma das principais características desses conglomerados são: sua presença em diversas indústrias; controle por parte de uma única família; e corresponder a uma parcela significativa da economia nacional (MURILO; SUNG, 2013). Essas famílias receberam uma série de incentivos após a década de 1960, quando o governo buscou estimular as exportações. Foram concedidas isenções fiscais e até mesmo auxílio na regulação da entrada de empresas estrangeiras no país (CHUNG, 2007).

Segundo Helal e Rocha (2013) essa parceria foi possível graças a ambas as partes precisarem da cooperação uma da outra. De um lado, os *chaebols* recebiam recursos que o Estado tinha acesso ilimitado, e em contraproposta o Estado utilizava as empresas como um meio de realizar a transformação industrial, algo necessário para a legitimação dos diversos governos no país que operaram por meio de regimes militares até o fim da década de 1980.

Outro ponto vital para o resultado bem-sucedido do processo de *catching up* foi a estipulação de metas a serem cumpridas para que esses *chaebols* tivessem acesso aos capitais do Estado. Se algum setor necessitasse com mais urgência de atenção, os conglomerados eram direcionados a atenderem aquela demanda específica. Esse contexto foi importante também para que, ao invés do lucro individual dos empresários, o desenvolvimento econômico nacional fosse o foco (CHANG; AMSDEN, 1994).

A Coreia do Sul enfrentou diversos obstáculos antes de conquistar sua posição atual na EMC. Até a década de 1960, era um país de condição periférica, com poucos recursos naturais e grande dependência de países centrais. Além de ter precisado superar as consequências da colonização japonesa, enfrentou uma guerra civil que foi responsável pela separação do território coreano em dois países de modelos políticos e econômicos distintos (CUMINGS, 1984).

Semelhante ao caso da América Latina, o país era essencialmente agrário e focou inicialmente em um modelo voltado para substituição de importações. Contudo, esse modelo não persistiu por muito tempo. Entre 1947 e 1949 foi implementada a reforma agrária e as exportações ganharam espaço nos anos 1960 com a chegada do General Park ao poder. Essas iniciativas foram tomadas como forma de solucionar a balança de pagamentos deficitária, e impulsionadas por uma série de políticas industriais que viriam a alterar a posição do país no comércio internacional (CUMINGS, 1984).

Foi a partir da década de 1960 que a Coreia do Sul começou a se destacar no crescimento econômico do leste asiático. A estratégia voltada para exportação, assim como o

foco em setores-chave – como a manufatura- permitiu ao país expandir sua capacidade de acumular riqueza. Outro fator importante foi o acesso sul coreano as redes de relações comerciais e de investimento na região, utilizando principalmente as subsidiárias do *chaebols*. Além do Japão que se tornara um dos seus principais parceiros comerciais, a Coreia do Sul realizava trocas também com Taiwan, Hong Kong e Cingapura, Estados que também se encontravam em ritmo de ascensão acelerado. Essas relações foram fundamentais para o crescimento econômico do país, pois permitiu que sua integração nas cadeias de suprimentos regionais e garantiu acesso as vantagens do comércio intrarregional (ARRIGHI, 1996).

A brevidade da substituição de importações é comum a muitos dos Novos Países Industrializados (NPI) do Leste Asiático. De acordo com Cheng (1990), os modelos de industrialização em países como Coreia do Sul e Taiwan podem ser resumidos em dois momentos: uma substituição de importações breve e leve; e outro momento voltado para a exportação. Helal e Rocha (2013) acrescentam que a industrialização por substituição de importações na Coreia do Sul foi em primeiro momento uma resposta do Estado “à quebra dos laços coloniais e às exigências econômicas do pós-guerra, tornando-se, posteriormente, um objetivo em si mesmo, perseguido pelas elites do Estado” (p. 17).

As políticas industriais mais importantes no processo de transformação industrial da Coreia do Sul foram pautadas nos intitulados “Planos Quinquenais”. Esses planos foram implementados entre as décadas de 1960 a 1990, e correspondiam a um planejamento de políticas industriais a serem aplicadas no espaço de cinco em cinco anos, focados em setores estratégicos do país.

O primeiro plano foi centrado na industrial têxtil e na produção de energia elétrica, fertilizantes, refino de petróleo, e cimento. Ele foi lançado em 1962, e teve como objetivo essencial a substituição das importações através da produção dos bens que seriam importados. Para isso, o governo concedeu assistência às indústrias básicas e melhorias nas infraestruturas sociais e econômicas (DALL'ACQUA, 1991).

A política apresentou impactos imediatos na aceleração da industrialização. No fim da década de 1960, a substituição de bens importados nas indústrias leves atingiu nível máximo e a qualidade dos produtos coreanos atingiu padrões elevados o suficiente para colocar a Coreia do Sul no radar do comércio internacional (KUZNETS, 1985). Com as melhorias na infraestrutura, a agricultura, que era a responsável por aproximadamente 50% do total dos negócios no país entrou em equilíbrio com a manufatura, que anteriormente ocupava entre 10 e 20%. No fim dos anos 1960, ambos corresponderam à aproximadamente 30% da indústria nacional (TOUSSAINT, 2007).

Já no segundo plano, implementado em 1967, o foco se tornou a exportação de manufaturas leves. O governo prestou suporte às indústrias leves através de um sistema de câmbio flexível e investiu no desenvolvimento da indústria pesada de aço, bens de capital e indústria petroquímica a fim de intensificar as exportações (TOUSSAINT, 2007). Foi durante esse período que o Estado favoreceu o desenvolvimento dos *chaebols* para que pudessem liderar e fortalecer essas indústrias. As empresas que se destacaram nas exportações usufruíram de regalias que aquelas com resultado mediano não tiveram acesso, e com isso puderam expandir ainda mais seus negócios (GUIMARÃES, 2010).

O terceiro plano, introduzido entre os anos 1972 e 1976, foi uma continuação dos planos anteriores e deu início a uma política exclusivamente voltada para exportação. As políticas tiveram como foco uma transformação nas estruturas industriais, para que o país conseguisse aproveitar os espaços surgidos graças à nova divisão internacional do trabalho (CHANG, 1988).

O governo deu curso a uma série de ações, como a expansão das indústrias manufatureiras, o desenvolvimento do setor agrário e rural, e a intensificação das exportações em âmbito geral. Por conta das crescentes tensões com a Coreia do Norte e o desejo de diminuir a dependência de sua segurança nacional junto aos EUA, o governo se voltou para o desenvolvimento das indústrias pesadas e químicas, a ponto de o terceiro plano ter sido chamado de Industrialização dos Químicos Pesados (CHUNG, 1974).

Cinco setores estratégicos foram designados para foco desse plano: a petroquímica, o aço, os metais não-ferrosos, a maquinaria e a construção naval. Nesse período, os laços entre as empresas e o governo se aprofundaram, e um grande nível de capital foi alocado aos grupos empresariais que tinham como dever promover a economia nacional (CHUNG, 1974).

Conforme discutido por Amsden (2001), o governo sul coreano disponibilizou investimentos nas indústrias estratégicas para o país por meio das empresas privadas. Foram concedidos empréstimos, subsídios e até mesmo isenção de impostos aquelas que apresentassem boa performance no mercado. O sistema financeiro também foi alterado para servir como um instrumento de desenvolvimento da economia nacional, atendendo aos empréstimos dos *chaebols*, independente dos valores solicitados.

Em 1977, foi lançado o quarto plano econômico. Esse plano teve como destaque a diversificação dos mercados e incentivo à internacionalização dos *chaebols*. Esse incentivo se deu principalmente devido ao anseio do governo em buscar outras formas de faturamento, frente a piora no cenário externo diante das Crises do Petróleo (CHO, 2019).

Nessa fase a renda *per capita* do país chegou a U\$1000, um contraste marcante comparado aos U\$87 do ano de 1962. Contudo, o contexto mundial não era otimista, pois, como bem pontuado por Kuznets (1985), a década de 1970 foi marcada por momentos críticos como o crescente protecionismo dos países frente a queda do sistema de taxas de câmbio fixos; o aumento da inflação por conta do *boom* das commodities entre 1972-73; e a crise do petróleo entre 1973 e 1979. Entre 1968 a 1973, a intensificação das pressões competitivas e o aumento dos custos de mão de obra nos países do núcleo orgânico foi acompanhada por uma aceleração da expansão transnacional de empresas capitalistas dos países do núcleo, que buscaram diversificar espacialmente suas atividades e assim, diminuir a redução das suas margens de lucro. Esse cenário levou a uma realocação dos processos produtivos para regiões de baixa e média renda, o que favoreceu a Coreia do Sul e o Brasil (ARRIGHI, 1997).

É importante frisar que o controle e o acesso aos recursos energéticos, como o petróleo, têm impacto fundamental na ascensão e na manutenção do poder dos Estados na EMC. As crises do petróleo afetaram significativamente as relações geopolíticas e econômicas globais. Essas crises resultaram em aumentos abruptos nos preços do petróleo e em escassez de oferta, gerando um impacto econômico significativo na economia global. Além disso, elas também contribuíram para o declínio do domínio econômico e geopolítico dos EUA, pois à medida que os preços do petróleo aumentaram ele – assim como outros Estados ocidentais - enfrentou uma inflação crescente e uma desaceleração no seu crescimento. Esses fatores levaram a um enfraquecimento da posição estadunidense como potência hegemônica e abriu espaço para o surgimento de novos atores na economia mundial, como os Tigres Asiáticos (ARRIGHI, 2004).

Em meio a todas essas mudanças, a Coreia do Sul vivia uma grande crise política devido ao aumento da insatisfação popular com o regime militar, intensificando a defesa por democracia e liberalização política no país. Em meio a esse processo, mudanças no foco da industrialização foram instauradas já que as indústrias de capital-intensivas não se provaram suficientes para atender ao aumento do protecionismo externo. Com isso, deu-se início ao quinto plano em 1982, que se concentrou nas indústrias de máquinas de precisão, alta tecnologia e eletrônica (BYUNG-KOOK *et al.*, 2011).

O sexto plano, introduzido em 1987, seguiu o foco no desenvolvimento dessas indústrias de tecnologia de ponta. A capacitação da mão-de-obra e o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) também receberam grande atenção (PARK, 2019). Durante esse período, o papel dos *chaebols* se tornou expressivamente importante na disseminação de tecnologias dentro do país, já que eles eram os responsáveis por coordenar o desenvolvimento de tecnologia própria sob comando do Estado.

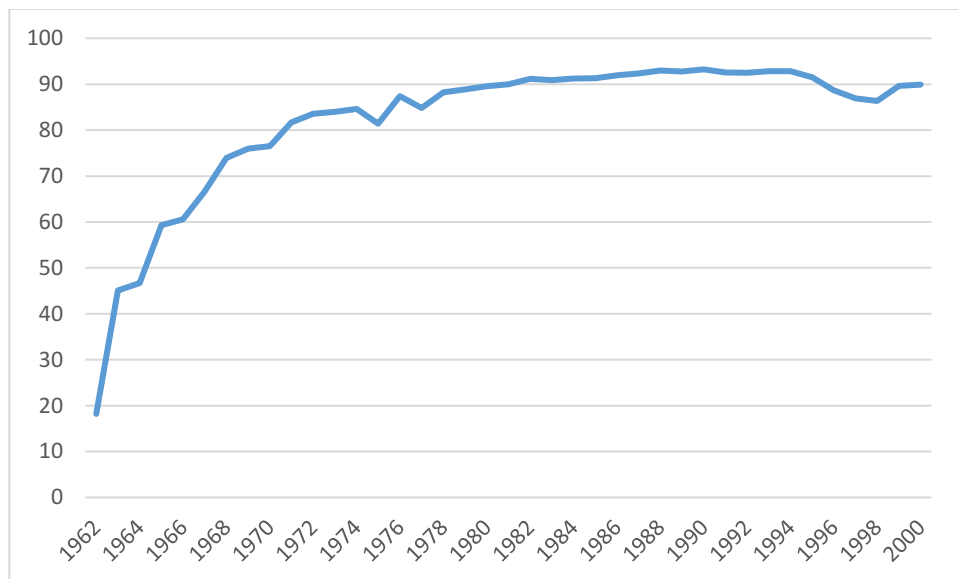


Em 1992, o sétimo e último plano foi estabelecido e deu sequência ao desenvolvimento das indústrias de alta tecnologia e à internacionalização das empresas. Para isso, o governo e as indústrias se uniram na construção de novas instalações tecnológicas em regiões diferentes, a fim de promover uma melhor distribuição geográfica das indústrias do país (BYUNG-KOOK *et al.*, 2011). Essa distribuição viria a ser essencial para o surgimento dos grandes polos tecnológicos do país, e para a criação e aprimoramento das tecnologias da I4.0.

Os esforços voltados para o desenvolvimento industrial apresentaram resultados. O setor de agricultura que dominava uma grande parcela das atividades apresentou uma queda a partir de 1965, enquanto a indústria cresceu exponencialmente, representando cerca de 40% do PIB na década de 1990. O PIB da Coreia do Sul, que em 1960 era de aproximadamente US\$ 2 bilhões, saltou para US\$ 392 bilhões em 1993 (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Conforme demonstra o gráfico 1, a manufatura também apresentou considerável evolução na pauta exportadora do país:

**Gráfico 7 - Participação da Manufatura na Pauta de Exportação (%), 1960-2000.**



Fonte: Banco Mundial (2023b).

Feito esse panorama, é inevitável observar o papel importante do Estado na trajetória da industrialização sul coreana. Neste sentido, Helal e Rocha (2013) explicam que:

O Estado, ao romper com as elites tradicionais, pôde estabelecer projetos conjuntos com setores empresariais, visando a uma transformação industrial coerente. Essa situação interna de autonomia e inserção social do Estado não apenas foi, também, uma consequência das circunstâncias geopolíticas do pós-guerra, como, ao mesmo tempo, possibilitou o aproveitamento, por esses países, das oportunidades abertas na competição internacional, como foi o caso da ajuda americana nos anos 50, dos espaços surgidos da disputa entre Estados

Unidos e Japão e do acesso à tecnologia japonesa. Dito de outra forma, o aproveitamento eficiente das vantagens de ordem geopolítica, (...) especialmente o financiamento baseado na poupança externa e a absorção inteligente de tecnologia, foi possível pela existência concomitante de uma estrutura interna favorável à transformação industrial (p. 21).

Após a década de 1990, a Coreia do Sul embarcou em um processo de reformas estruturais significativas, motivadas tanto pelas demandas impostas pelo FMI em resposta à Crise Asiática de 1997 quanto pelo novo panorama global, caracterizado pela abertura de mercados e pela intensificação do comércio internacional. Essas transformações conduziram a uma mudança substancial no país, que passou de uma economia com forte intervenção estatal para se tornar um protagonista na economia global, com empresas que rapidamente expandiram suas cadeias de produção (YEUNG, 2017).

Arrighi define a crise financeira asiática como um ponto de virada importante nas dinâmicas econômicas globais. Ao adotarem uma estratégia de crescimento voltada para as exportações, os países do Leste Asiático estabeleceram um modelo de crescimento altamente dependente do financiamento externo e da entrada de capital especulativo. Devido à crise, diversos países tiraram seus capitais, o que levou a desvalorização das moedas locais e um aumento da dívida externa. Embora a Coreia do Sul tenha sido afetada, a sua recuperação foi rápida, principalmente porque o país ignorou diversas orientações do FMI, e seguiu com medidas de estímulo econômico adotadas pelo governo, além de contar com o auxílio dos *chaebols* na reconstrução econômica (YEUNG, 2017).

Na seção a seguir serão apresentadas as principais políticas voltadas para CT&I no país e que viriam a assegurar ainda mais a transformação pela qual o país passava, assim como sua ascensão na hierarquia de riqueza do Sistema-Mundo.

#### 4.2 A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA SUL COREANA

Apesar da intensificação em investimentos ter ocorrido principalmente durante a década de 1980, as políticas nacionais com foco no desenvolvimento de tecnologias foram difundidas desde a década de 1960 no país. Além da aquisição por importação, empresas contrataram estrangeiros como forma de conhecer os processos de produção e *know-how* de outros países (TIMMER, 2003). Isso ocorreu devido a limitação do licenciamento estrangeiro e cautela do governo sul coreano em relação ao Investimento Estrangeiro Direto (IED) (KIM; DAHLMAN, 1992).

As ações governamentais centraram-se principalmente em criar uma estrutura básica, por isso foi estabelecida a Lei de Promoção da Tecnologia em 1967, assim como a criação do Ministério de Tecnologia e Ciência (MTC). A primeira ação do MTC foi a criação do Instituto

Coreano de Ciência e Tecnologia (KIST) em conjunto com a Academia Nacional de Ciências dos EUA e financiamento da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento (USAID). Esse instituto tinha como foco estabelecer um manual para pesquisa aplicada e prestação de serviços técnicos às empresas locais (ARNOLD, 1988).

Em 1966, o governo sul coreano criou uma série de instituições para apoiar a difusão de conhecimento técnico nas indústrias do país. O primeiro foi o Instituto de Ciência e Tecnologia da Coréia (ICTC), seguido pelo Parque Científico de Seul, que compreendia três institutos voltados para P&D e pesquisa econômica. Um novo polo científico foi fundado em 1972 em *Taedok*. Esse polo deu origem a um dos maiores centros de alta tecnologia do país, constituído por mais de 10 institutos voltados para pesquisas governamentais. Ainda, três universidades e onze laboratórios empresariais com foco em P&D compunham o polo (PABIS, 2016).

Na década de 1970, o foco passou a ser de adaptação das tecnologias estrangeiras, o que exigiu do país um foco na educação da sua população para que tivessem as habilidades necessárias para tal. O governo teve como primeiro obstáculo superar o precário número de cientistas e engenheiros. Para resolver esse impasse, criou-se o Instituto Coreano de Ciências Avançadas (KAIS) que promovia a educação científica e a colaboração entre o setor privado e o público. Além disso, foram estabelecidos institutos de pesquisa independentes com foco em setores chaves como o de metais, eletrônicos, energia nuclear, telecomunicações e construção naval (KIM, 1997).

Sung (2009) salienta o importante papel dos engenheiros na transferência de tecnologia do exterior e a ação do governo na indústria de computação. Foram feitas restrições temporárias à importação de computadores pessoais, de modo que as empresas pudessem desenvolver sua tecnologia e não perder para concorrência internacional. Além disso, o governo disponibilizou mecanismos que protegiam as empresas por até dois anos, caso elas desenvolvessem tecnologias próprias solicitadas pelo governo.

Durante esse período o governo encorajou as empresas privadas a desenvolverem institutos de P&D por meio de incentivos fiscais. O objetivo era que essas empresas desenvolvessem meios de lidar com a competição internacional. O incentivo passou a ser instituído por meio da Lei de Promoção do Desenvolvimento Tecnológico lançada em 1972, onde foi determinado que cada *chaebol* deveria criar um centro de pesquisa por empresa. Essa lei levou à criação de cerca de 129 centros privados em menos de 10 anos, e na década de 1990 cerca de 700 centros já haviam sido estabelecidos (CHEN; SEWELL, 1996).

As alterações no contexto internacional da década de 1980 levaram o governo sul coreano a assumir como meta o desenvolvimento das indústrias de alta tecnologia. A primeira medida aplicada foi a fusão dos institutos KAIS e KIST, que se tornaram o Instituto Avançado de Ciência e Tecnologia da Coreia (KAIST), uma das universidades mais renomadas do país atualmente. Foi realizada também uma reorganização nos institutos governamentais de pesquisa, - redução de 16 para 9 - para que funcionassem de maneira mais eficiente (PABIS, 2016).

A perda de competitividade das exportações sul coreanas durante esse período foi um dos pontos que levou o Estado a intensificar seus investimentos em CT&I. Devido ao aumento salarial no início dos anos 1980 os custos de produção no país cresceram consideravelmente. Em contrapartida, os países do Sudeste Asiático começaram a vender produtos similares a preços menores, acentuando a crise das exportações sul coreanas. Lee, Im e Han (2017) atribuem esse cenário à falta de inovação do país em desenvolver produtos diferenciados e competitivos.

O governo sul coreano iniciou durante esse período uma série de investimentos em P&D como forma de desenvolver uma indústria inovadora e tecnológica, que não fosse tão dependente de outros países. Arnold (1988) aponta que a promoção do desenvolvimento de P&D se tornou central no planejamento econômico sul coreano.

O Estado passou a investir cada vez mais na aquisição de tecnologias por meio de licenciamentos, investimentos estrangeiros diretos e parcerias. No centro disso, o papel de destaque como intermediário coube aos *chaebols*, grandes agentes responsáveis pela transferência e disseminação das tecnologias. O envolvimento dessas empresas se estendeu ao ponto que em 1982 os gastos com P&D do setor privado superaram os do governo (LEE; KIM, 2010).

Sobre esse contexto, é importante ressaltar o importante papel das empresas do Leste Asiático na absorção de tecnologias, conforme citado por Gereffi (1988). Essas empresas usaram suas redes como ativos estratégicos para internalizar conhecimento tecnológico e organizacional e assim alavancar sua competitividade no comércio internacional. Esse dinamismo permitiu que os países dessa região, principalmente a Coreia do Sul, ganhassem vantagem nas divisões hierárquicas de trabalho que surgiam.

Seguindo o plano de parcerias para intensificar os processos de desenvolvimento, o governo sul coreano se uniu às empresas privadas e ao Banco Mundial para fundar a Corporação Coreana de Desenvolvimento Tecnológico (KTDC) em 1981. Esta tinha como função financiar a criação de novas tecnologias, processos e produtos. No ano seguinte, o governo incentivou as

empresas privadas a estabelecer instalações em países de alto nível industrial, assim como buscar parcerias de pesquisa junto as empresas estrangeiras. Arnold (1988) explica que essas medidas ocorreram principalmente por conta da crescente dificuldade em adquirir tecnologia estrangeira devido ao contexto externo.

Na década de 1980, o nível de diversificação tecnológica da Coreia do Sul chegou ao mesmo nível de países de alta renda. O foco passou das indústrias de longos ciclos de vida - roupas e têxteis- para as de curto prazo, como eletrônicos, semicondutores e televisões; e produtos com maior valor agregado (LEE; IM; HAN, 2017). Isso permitiu que a Coreia do Sul expandisse sua criação de conhecimento e dependesse menos da tecnologia de países desenvolvidos. Para Lee, Im e Han (2017), o foco do governo em especializar os *chaebols* em setores com curto ciclo de vida tecnológico ao conceder recursos ilimitados naqueles que alcançassem resultados mais rápido garantiu o *catch up* sul coreano.

Contudo, é importante lembrar que a valorização do *won* e o aumento dos custos de mão de obra na Coreia do Sul em 1980 levaram a uma perda de competitividade das exportações do país. Esse cenário piorou ainda mais diante da competição acirrada com outros países da região como Hong Kong e Taiwan, que ofereciam produtos de qualidade semelhante, porém com preços reduzidos. Assim, diante dessa crise o governo viu-se obrigado a lançar uma nova legislação referente ao regulamento da propriedade intelectual e das patentes sul coreanas, como forma de desenvolver e acessar novas tecnologias, e assim retomar seu lugar na economia global (PABIS, 2016). Ao mesmo tempo, a proibição do uso de engenharia reversa como corte de custos de licenciamento contribuiu para o incentivo à inovação tecnológica no país.

Para dar sequência a essa nova fase, o governo da época desvalorizou o *won* e implementou políticas com incentivos às indústrias de base tecnológica, aliado a um movimento de redução da intervenção estatal no mercado. Pabis (2016) aponta como as principais mudanças a liberalização do mercado financeiro e comércio exterior; a criação de uma lei antitruste; e investimentos em empresas de pequeno e médio porte.

Durante esse período, a grande dependência das principais empresas exportadoras em relação à tecnologia japonesa - cerca de 40% em relação ao maquinário industrial- causou preocupações, principalmente porque os produtos sul coreanos passaram a competir com os japoneses no mercado. Essa dependência poderia causar sérias consequências caso o Japão viesse a negar a venda de produtos-chaves ao país, por isso o foco do governo passou a ser de projetos que contribuíssem para o desenvolvimento de tecnologias locais (CHEN; SEWELL, 1996).

Em relação a postura do Japão com a Coreia do Sul, é interessante pontuar que o primeiro limitava sua troca com os sul coreanos em um nível que estes não se tornassem seus competidores em âmbito regional. Os EUA por outro lado buscaram dividir seu *know-how* e matéria prima para que os sul coreanos conseguissem desenvolver tecnologias mais complexas e assim alcançar o mercado externo (GEREFFI, 1988).

Dito isso, não é surpresa que uma das maiores ambições da Coreia do Sul era desenvolver tecnologias próprias o mais rápido possível e quebrar sua dependência em relação ao Japão. O país intensificou seus investimentos nas indústrias de alta tecnologia e principalmente na eletrônica, o que resultou no crescimento imediato na produtividade durante aquele período (CGEE, 2013).

Pabis (2017) discute que o principal objetivo da política de C&TI sul-coreana na década de 1990 foi a construção de estruturas que promovessem a inovação tecnológica. Foi promulgada em 1993 uma Lei de Estímulo a P&D Cooperativa, visando melhorar a pesquisa em cooperação e ao mesmo tempo aprimorar a capacidade das universidades. Em seguida, o Ministério da Educação lançou em 1995 um programa de apoio às universidades que tinha como foco a P&D.

A terceira fase do processo tecnológico do país focou na industrialização dos setores de alta tecnologia e na consolidação de uma estrutura industrial dinâmica. Esse novo enfoque se fez necessário com o surgimento da microeletrônica como novo setor dinâmico, capaz de alimentar o surgimento de novos mercados e processos produtivos (CHEN; SEWELL, 1996).

Os *chaebols* passaram também a ser os principais líderes em P&D, enquanto o Estado contribuiu como suporte. A indústria da Tecnologia da Informação se tornou o principal motor do desenvolvimento tecnológico no país. O nascimento dessa indústria foi realizado por meio dos esforços privados e públicos, com a privatização de determinadas empresas e financiamento de pesquisas (LEE; IM; HAN, 2017).

A Crise Asiática de 1997 também levou o governo a estender suas políticas tecnológicas para as Pequenas e Médias Empresas (PME), que vinham apresentando maior flexibilidade e capacidade de inovação (ARSLANHAN; KUTSAL, 2010). A contribuição do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação também foi essencial para reestabelecer o país da crise. Entre 1995 e 2006 o crescimento percentual desse setor em relação a indústria manufatureira cresceu de 16% para 21%, enquanto o PIB cresceu mais de 40% já no início dos anos 2000 (KIM, 2021; BANCO MUNDIAL, 2023b).

Atualmente, o enfoque tecnológico da Coreia do Sul está centrado nas políticas de inovações estabelecidas em 2011, por meio da fundação da Comissão de Tecnologia e Ciência

Nacional. Essa comissão recebeu autonomia para alocar até 70% dos recursos de P&D em institutos de pesquisa públicos, universidades e indústrias (GUPTA *et al*, 2013).

Outro importante plano nacional é a Iniciativa 577, que foca em sete áreas tecnológicas consideradas chaves e relacionadas às necessidades nacionais e globais emergentes. O número 5 se refere a ambição do governo em despendar 5% do gasto do PIB em P&D e os 7 se referem as áreas e políticas prioritárias (COREIA DO SUL, 2011).

As áreas escolhidas como foco foram: a automobilística; a marítima; de semicondutores; de tecnologia central para o desenvolvimento de novas indústrias; as indústrias de serviços baseadas no conhecimento; a tecnologia orientada para o estado, como espaço, defesa e energia nuclear; as áreas direcionadas para pesquisas de novas doenças e nanodispositivos; de energia renovável e tecnologias verdes; e pôr fim a inteligência artificial e biochips (COREIA DO SUL, 2011).

Além dessas iniciativas, a Coreia do Sul tem cada vez mais introduzido ações voltadas para a I4.0. A administração do antigo Presidente Moon foi marcada por diversos incentivos financeiros e políticas relacionadas ao novo paradigma tecnológico emergente. Só nas áreas de Big Data e IA foram investidos aproximadamente U\$9 bilhões desde 2019. Graças a esses recursos, dez universidades do país criaram cursos com programas voltados para IA (KIM, 2021).

No campo de P&D, os recursos foram expandidos em mais de U\$18 bilhões, seguindo o perfil de política de Estado. Outra iniciativa também lançada durante o governo de Moon foi a do “Digital New Deal”, instaurada em 2020. Devido aos desafios gerados pela COVID-19, cerca de U\$40 bilhões foram alocados para intensificar a integração de data (5G), network, e IA (DNA) na economia coreana e financiar a digitalização da infraestrutura pública (KIM, 2021).

Kim (2021) pontua que a Coreia do Sul também tem utilizado suas tecnologias como uma estratégia para criar oportunidades em outros mercados de países parceiros, por meio da exportação do seu sistema de serviço público digital para as economias em desenvolvimento. O autor cita como exemplo a exportação do sistema sul coreano para a agência tributária da Indonésia, assim como do sistema de digitalização e análise de casos da Comissão de Comércio Justo para as Filipinas.

Ao todo, cerca de U\$180 bilhões foram investidos em projetos de CT&I com governos de outros países. No âmbito privado, os *chaebols* fizeram seu papel de líderes por meio da criação de institutos de P&D e subsidiárias na Europa e na América do Norte. Essas ações foram vitais no acesso as novas tecnologias e mercados, e contribuíram fortemente em aproximar o

país as redes dos atores centrais no âmbito da I4.0 (KIM, 2021). Esses esforços contribuíram expressivamente no processo de acumulação do país de riqueza e poder, levando à sua aproximação com o núcleo orgânico. Como já apontado anteriormente, as transformações tecnológicas possibilitam meios de reconfigurar a dinâmica da economia global, ao investir em processos inovativos a Coreia do Sul construiu uma economia dinâmica, e um protagonismo nas cadeias mercantis de maior valor.

Na seção a seguir, serão apresentadas as principais iniciativas exclusivamente voltadas para a inserção das indústrias sul coreanas nas tecnologias da I4.0. Uma característica que fica claramente presente é a colaboração entre os órgãos governamentais e empresas em lidar com os inevitáveis desafios postos com as complexas tecnologias do novo paradigma.

### 4.3 AS INICIATIVAS SUL COREANAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

#### 4.3.1 O Presidential Committee on the 4th Industrial Revolution (PCFIR)

Além das iniciativas e práticas já direcionadas para o desenvolvimento de CT&I, o governo sul coreano estabeleceu em 2017 um programa específico para a Indústria 4.0, o *Presidential Committee on the 4th Industrial Revolution* (PCFIR). Esse plano teria como objetivo final instaurar uma revolução completa nas indústrias do país, aos moldes das antigas revoluções industriais (PCFIR, 2017).

Embora o conceito da Indústria 4.0 e da Quarta Revolução Industrial correspondam a significados diferentes, a Coreia do Sul tem por costume adotar o último em seus meios de comunicação. Isso se deve principalmente pela postura do país em pregar um sistema de mobilização em relação a adoção dessas tecnologias transformadoras, algo encarado como uma agenda nacional que será capaz de revolucionar a sociedade como um todo (CHUNG, 2021).

O objetivo do projeto é coordenar as atividades dos ministérios do país e suas respostas para o fenômeno da I4.0. Dentre os ministérios mais importantes para a aplicação dessas ações estão o Ministério da CT&I (MSIT), o Ministério do Comércio, Indústria e Energia (MOTIE) e o Ministério das PMEs e Startups (MSS). Cada um tem como dever estabelecer suas ações e políticas seguindo as orientações do PCFIR. Atualmente, a digitalização é a área foco do projeto, em conjunto com a proliferação de Fábricas Inteligentes e Big Data (PCFIR, 2017).

Além dos ministérios, o PCFIR é composto também por mais de 20 *stakeholders* da área privada. Juntos, eles buscam implementar reformas e introduzir políticas não apenas na área da CT&I, mas também na indústria, educação e bem-estar social, a fim de lidar com os desafios impostos pela I4.0 (PCFIR, 2017; SUNG, 2018).



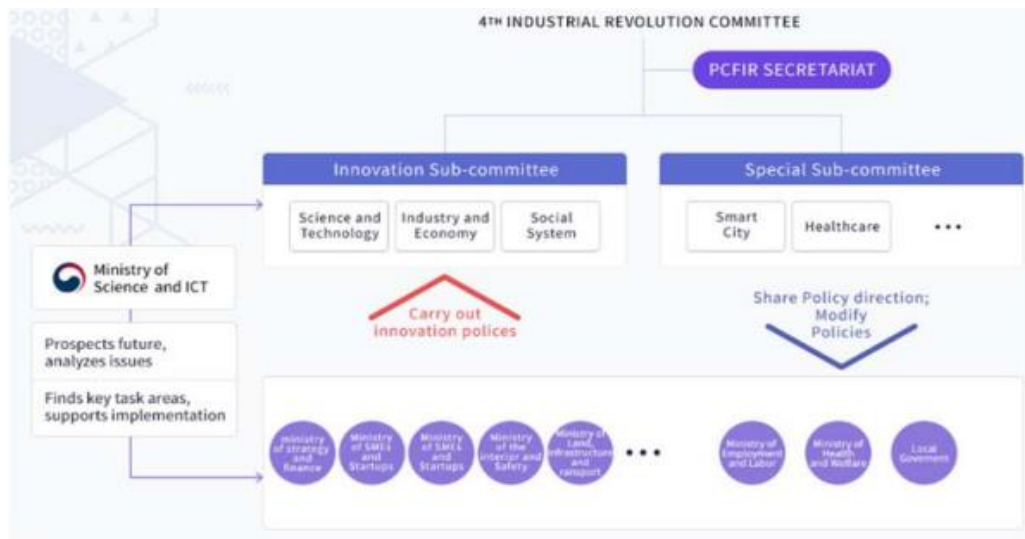
Atualmente, o programa possui quatro grandes missões no centro de suas políticas. A primeira tem como foco a promoção de “Projetos de Inovação Tecnológica Inteligente”, o que permitiria ao país aderir antecipadamente ao novo paradigma tecnológico. Já a segunda missão estabelece o desenvolvimento de “Tecnologias de Segurança como Veículos de Crescimento”, uma resposta a vulnerabilidade que não apenas o governo, mas também as empresas e a sociedade civil estão sujeitas na eventualidade de ciberataques (PCFIR, 2017).

Em terceiro, a criação de um “Ecossistema de Infraestrutura Industrial”, e por último, o desenvolvimento de uma pasta voltada para “Respostas as Mudanças Sociais Futuras”, como forma de se preparar antecipadamente para os impactos dessas tecnologias no dia a dia da população (PCFIR, 2017).

Atualmente doze projetos de inovação tecnológica estão sendo implementados dentro dessas missões em âmbito nacional. Cada ministério é responsável por colocar em prática os planos de ação e de acordo com as orientações deles, as empresas, os institutos de pesquisa e as universidades atuam coletivamente para executar os planos estabelecidos. (PCFIR, 2017).

Na figura a seguir, é ilustrado como funciona a organização do PCFIR:

**Figura 6** – Comitê Presidencial da Quarta Revolução Industrial



Fonte: PCFIR (2017)

#### 4.3.2 Programa de Difusão e Avanço das Fábricas Inteligentes

As Fábricas Inteligentes fazem parte de uma agenda do país que foi iniciada antes mesmo da criação do PCFIR, e atualmente são um dos projetos principais do comitê. Ainda em 2014 o governo criou o Programa de Difusão e Avanço das Fábricas Inteligentes, uma resposta

à compreensão das próprias empresas sul coreanas de que o novo conceito era essencial para alcançar competitividade industrial frente as novas tecnologias que surgiam diariamente no comércio internacional (COREIA DO SUL, 2023)

A instalação de fábricas inteligentes no país foi incentivada por meio de diferentes projetos de P&D: plataformas de IoT; técnicas operacionais integradas por software; sensores inteligentes; robôs, coleta de dados e tecnologias de processamento de dados e padrões industriais. Chung (2021) afirma que o programa passou a ser o principal instrumento de difusão de tecnologias e *know-how* no contexto de fábricas inteligentes no país.

Os responsáveis pela execução do programa fazem parte do MOTIE. Contudo, posteriormente a liderança foi transferida em 2017 para o MSS já que o foco eram as empresas de menor estatura e não os *chaebols*. Aproximadamente, 99% das empresas do país são de porte pequeno ou médio, logo, faz sentido que o foco do programa seja focado nelas.

As PME são atualmente um dos elos mais fracos em competitividade no país devido a falta de recursos comparados aos grandes conglomerados, mas isso não significa que não tenham capacidade para inovar. Embora os *chaebols* não sejam o foco, é importante salientar que eles também participam do programa, além de ativamente contribuírem com fundos. Eles inclusive são responsáveis por cerca de metade do orçamento (MSS, 2020; CHUNG, 2021).

A estrutura dessa iniciativa é composta por 50 grandes empresas, dentre elas a Samsung e a Hyundai. Quando uma empresa se candidata para participar do programa ela é dada a opção de escolher qual o nível de fábrica inteligente deseja criar ou desenvolver, levando em conta sua situação financeira e capacidade tecnológica (CHUNG, 2021; COREIA DO SUL, 2023).

O programa classifica as fábricas inteligentes em quatro níveis: Básico; Intermediário I; Intermediário II e Avançado. Em relação ao aporte financeiro, o programa cobre até metade dos custos de implementação da fábrica inteligente (COREIA DO SUL, 2023). Sung (2018) acrescenta que:

Em geral, as PMEs que tem interesse em se candidatar ao programa devem formar um consórcio com uma empresa fornecedora, que preste os serviços de instalação de fábricas inteligentes para as PMEs. Existem dois tipos de promoção neste programa: promoção liderada pelo governo e promoção do tipo de coexistência. Sob o tipo 'liderado pelo governo', que geralmente é chamado de tipo geral, uma PME deve formar um consórcio com uma empresa fornecedora e o governo apoia com metade do valor necessário para criar uma fábrica. O outro valor deve ser coberto por PMEs que buscam estabelecer uma fábrica inteligente. No tipo 'coexistente', uma PME deve formar um consórcio com uma grande empresa e o governo suporta no máximo 30% dos custos totais de instalação de uma fábrica inteligente, a grande empresa cobre mais de 40% e a PME cobre menos de 30% dos custos totais. Nesse tipo, as grandes

empresas participantes e as PMEs tendem a ter uma relação matriz-fornecedor (p.7).

O objetivo inicial do projeto era de criar 20 zonas industriais inteligentes até 2030 e estabelecer cerca de 20 mil fábricas inteligentes até 2022. Contudo, esse número foi expandido devido à grande demanda das PME. Em 2018, aproximadamente 8 mil empresas já haviam sido criadas, e embora a maioria faça parte do nível básico (cerca de 76%), o programa acredita que isso mostra o potencial de crescimento das empresas, já que elas estão iniciando e podem evoluir (SUNG, 2018; CHUNG, 2021).

Grande parte dessas empresas focou na digitalização de informações de produção e gerenciamento do histórico das suas produções. Chung (2021) explica que chegar no nível avançado corresponderia à aprimoração dos seus processos de produção já existentes e ganhar competitividade neles.

O treinamento de trabalhadores qualificados para operar essas fábricas também é foco do programa, que oferece cursos educacionais diretamente nas empresas. Até o momento a meta é treinar cerca de 40 mil trabalhadores (MSS, 2020).

Para auxiliar na implementação dessas fábricas, o setor privado criou o *Smart Factory Standard Research Council*, um conselho responsável por se atentar às tendências e atividades do mercado internacional, assim como padronizar os regulamentos desenvolvidos em âmbito local (KIM; CHUNG; LEE, 2019).

#### 4.3.3 Flagship Projects Support Program

O *Flagship Projects Support Program* foi instituído pelo MSIT em 2015. O programa funciona como uma ferramenta de apoio à criação de novos modelos de negócios e desenvolvimento de plataformas em setores tecnológicos. O objetivo principal do programa é funcionar como um impulsionador de desenvolvimento de tecnologias ligadas principalmente a I4.0., como a robótica e a IoT (MSIT, 2015).

Yang, Kim, e Yim, (2019) frisam que o FPSP não tem como função o desenvolvimento de novas tecnologias e sim colaborar para que empresas que já desenvolvem essas tecnologias possam alcançar seus objetivos. A principal tarefa do programa está em auxiliar essas empresas na comercialização dos seus produtos por meio do desenvolvimento de planos de negócios. O FPSP também ajuda na conexão dessas empresas com universidades e institutos de pesquisas. Os autores destacam que com os programas as empresas podem superar barreiras não só de tempo como de custos.

Entre 2015 e 2017, O FPSP promoveu 24 projetos no âmbito das tecnologias da I4.0, todas as empresas foram selecionadas após a avaliação de especialistas, com base em suas capacidades tecnológicas. Dentre os projetos completados, 2 ganharam destaque devido a colaboração de empresas reconhecidas com empresas novas no mercado (MSIT, 2015).

O primeiro projeto envolveu a aprimoração de uma plataforma aberta para negócios no ramo de Carros Inteligentes e IoT. O governo forneceu cerca de US\$ 1 milhão ao consórcio ao longo de sete meses enquanto as empresas do consórcio contribuíram em aproximadamente US\$ 1,3 milhões (YANG; KIM; YIM, 2019).

O segundo projeto correspondeu ao desenvolvimento de uma plataforma aberta para a indústria de realidade virtual (VR). O recurso dado pelo governo foi de aproximadamente US\$ 1 milhão em seis meses, enquanto o consórcio levantou aproximadamente US\$ 58 milhões. Yang, Kim e Yim (2019) destacam que no caso desse projeto, mais do que apoio financeiro, o papel do governo estava relacionado a conectar as empresas interessadas nesse ramo umas com as outras.

#### **4.3.4 Manufacturing Renaissance Vision**

A posição da Coreia do Sul como um dos países líderes em economia manufatureira avançada coloca-a em grande vantagem no contexto atual da emergência de uma indústria que envolve a convergência de tecnologias digitais e operações de fabricação inteligentes.

De acordo com o governo sul coreano, a manufatura corresponde a cerca de 30% do PIB do país, além de ser responsável por 90% das suas exportações. Diante desses números, não é surpresa que mais de 80% do seu P&D seja direcionado para as áreas relacionadas a manufatura (ITA, 2022).

Levando em consideração o importante papel do setor na economia nacional, foi anunciada em 2019 a iniciativa “Manufacturing Renaissance Vision” com o intuito de aprimorar os mecanismos de inovação e realinhar indústrias com estratégias de maior valor agregado. Além disso, a iniciativa busca aplicar meios de resposta aos desafios da I4.0. e realinhamentos do comércio internacional no contexto dessa indústria emergente (ITA, 2022).

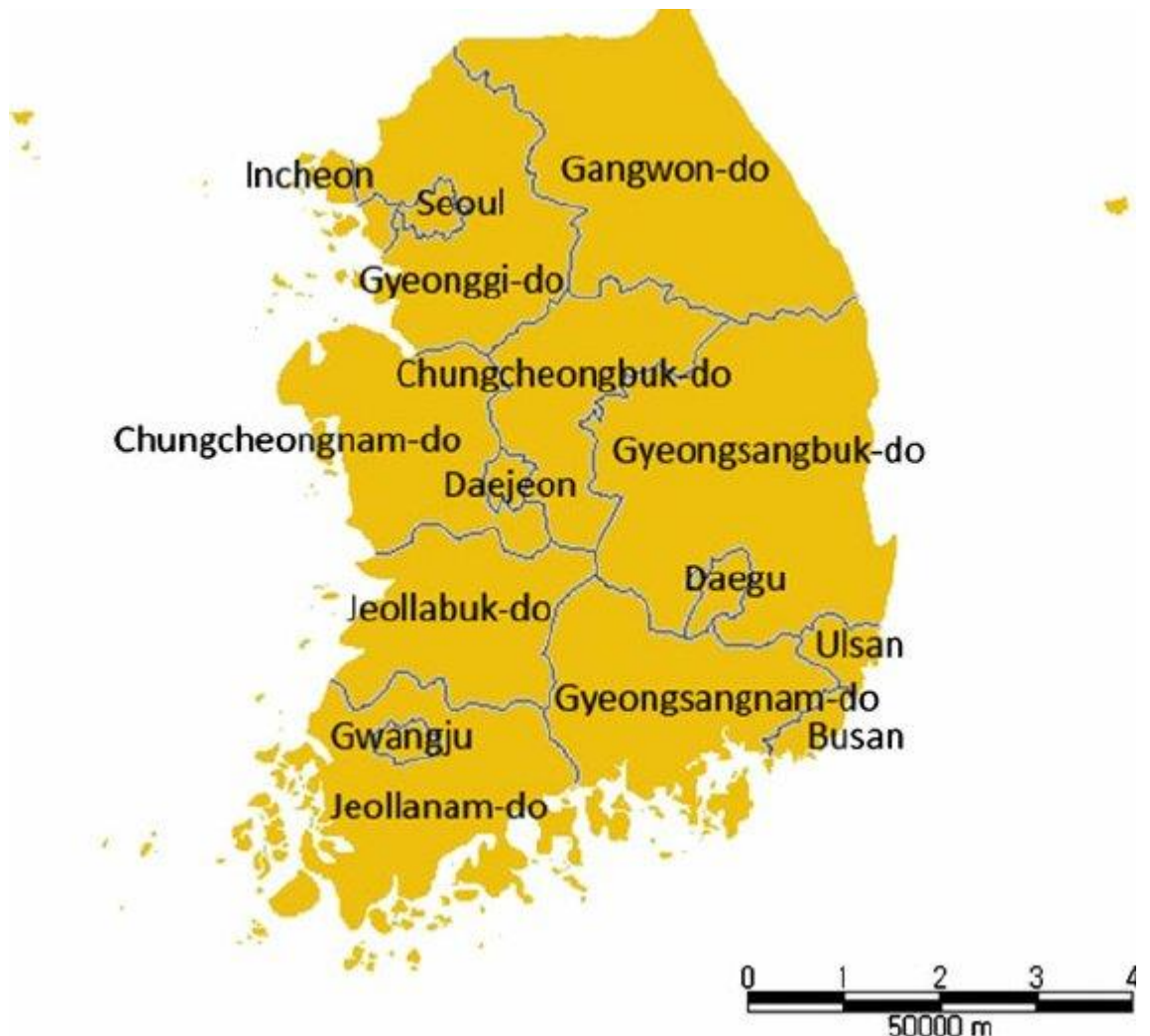
#### **4.3.5 Desafios**

Segundo Chung (2021), a desigualdade na distribuição das capacidades tecnológicas e de P&D dentre as regiões da Coreia do Sul é um dos obstáculos na inserção efetiva do país na I4.0. A origem dessa distribuição desigual pode ser explicada por alguns fatores. O central

seria o estabelecimento de *chaebols* (como a Samsung e LG) nessas regiões logo após o início do processo de industrialização no país, o que as tornou um foco de migração de mão-de-obra em busca de emprego.

Essa mão de obra se qualificou e com ela veio o florescimento de indústrias de alta complexidade, como é o caso dos semicondutores em Gyeonggi-do. Naturalmente, a preferência das empresas por mão-de-obra qualificada as levaram a buscar laços com essas regiões, o que direcionou os investimentos principalmente para elas (CHUNG, 2021). Segundo dados do MSIT e Kistep (2020), mais de 60% dos atores de P&D do país estão em Gyeonggi-do, Incheon e Seoul, além disso, quase 80% dos gastos em P&D também se concentram nessas províncias. No mapa abaixo é possível observar como essas regiões estão próximas, o que facilita ainda mais a concentração das atividades nelas.

**Figura 7** – Mapa das províncias da Coreia do Sul



Fonte: Kim e Chung (2013).

No que diz respeito ao setor manufatureiro, embora os rápidos avanços em tecnologia da informação, 5G, e sistemas ciberfísicos possibilitem uma redução considerável nos custos

produção, eles também pressionam as empresas a melhorar sua produtividade e atender as constantes mudanças nas expectativas e necessidades dos clientes (OH; MARDIS; JONES, 2020).

Essa situação se mostra um desafio especialmente as PME, já que os *chaebols* tem maior controle sobre as cadeias de valor. Logo, o acesso as novas tecnologias deles é mais privilegiado. Assim, embora os ambientes de manufatura do país estejam evoluindo de sistemas centralizados desatualizados para sistemas descentralizados baseados em módulos e plataformas controladas automaticamente, eles também têm se tornado cada vez mais restritos a um número específico de empresas (OH; MARDIS; JONES, 2020).

Oh, Mardis e Jones (2020) acrescentam que a Coreia do Sul é um dos países mais expostos ao risco da automação. Segundo os autores, a Coreia do Sul deverá perder aproximadamente 800 mil empregos na próxima década. As áreas mais afetadas seriam as rurais, como as regiões de Incheon e Daegu, que possuem uma concentração maior de fábricas. Por isso, o país tem investido tanto na capacitação de trabalhadores para as fábricas inteligentes e pressionando as empresas a adotarem as tecnologias da I4.0, como Internet das Coisas, computação em nuvem e inteligência artificial.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

O sucesso do desenvolvimento econômico sul coreano e sua ascensão dentro da EMC pode ser atribuído a grande vantagem concedida pelo interesse dos EUA na região. No início do seu processo de industrialização a Coreia do Sul recebeu uma série de recursos financeiros dos EUA, além de um acesso privilegiado ao seu *knowhow* tecnológico.

No âmbito interno, a prioridade dada pelo Estado as políticas industriais e à inovação tecnológica foram um ponto chave para consolidar a sua saída da periferia. O investimento em educação e em P&D também possibilitou que as empresas privadas se especializassem, e assim contribuíssem para a autonomia do país referente a tecnologias essenciais.

O amplo incentivo do setor público na criação de empresas especializadas em setores-chave contribuiu para que o setor privado se tornasse um dos maiores contribuintes no desenvolvimento da inovação tecnológica, o que contribuiu para a capacidade do país em acumular riqueza. No que diz respeito as iniciativas para a I4.0, o próprio Comitê presidencial representa essa dinâmica, ao contar com ministérios do comércio, ciência, educação e PME e startups. Essa dinâmica permite a difusão dos processos desenvolvidos no âmbito da CT&I por todos os setores estratégicos do país.

A atenção e resposta dos agentes envolvidos em relação às conjunturas internas e externas possibilitaram que as debilidades do país fossem trabalhadas, principalmente no que diz respeito à dependência de tecnologia estrangeira. Contudo, embora os resultados econômicos tenham sido positivos, é preciso se atentar às desigualdades sociais criadas devido às vantagens concedidas aos grupos empresariais. Hoje, os *chaebols* detêm grande poder em relação à economia nacional e podem ser os culpados pela estagnação do país devido ao oligopólio de vários mercados.

No que diz respeito a inserção da Coreia do Sul na Indústria 4.0, é claro o interesse tanto do setor público quanto do privado para adoção das novas tecnologias. Contudo, a concentração de indústrias chaves em determinadas regiões é um obstáculo para que o resto do país não fique para trás. Além disso, assim como outros países desenvolvidos e em desenvolvimento, o país não está imune aos impactos das mudanças nos processos de produção no âmbito da I4.0.

## 5 A TRAJETÓRIA INDUSTRIAL-TECNOLÓGICA BRASILEIRA

A América Latina historicamente ocupou um papel de região responsável por fornecer matérias-primas e produtos agrícolas para as economias centrais, por meio da exploração de seus recursos naturais. Embora não possa ser descrita como uma entidade homogênea, e com países em posições distintas na EMC, a dependência de investimentos estrangeiros, desafios com dívidas externas e estruturas sociais desiguais, podem ser encontrados em grande parte das nações pertencentes a essa região (WALLERSTEIN, 1974).

Segundo Furtado (1985), o Brasil foi integrado à DIT também como um fornecedor de commodities e matérias-primas. Os ciclos econômicos brasileiros – pau brasil, cana de açúcar, ouro, borracha, café – foram todos impulsionados pelas necessidades dos Estados centrais, em contraponto, o Brasil atuava como mercado consumidor dos bens industrializados desses países. Essa posição acabou condicionando o país ao papel de especialista na produção de produtos de baixo valor agregado e o tornou dependente em relação aos preços desses produtos no mercado internacional. Essa especialização na produção de commodities limitou a capacidade de diversificação da economia brasileira, tornando-a vulnerável às flutuações dos preços internacionais e às oscilações na demanda global (FURTADO, 1985).

A condição de Estado periférico perdurou do século XVI até o início do século XX. Durante a primeira metade do século XX, o desenvolvimento de atividades industriais foi apontado como essencial para o desenvolvimento econômico e o Brasil apresentou grande evolução no seu crescimento econômico – seu PIB per capita aumentou aproximadamente 500% - (AREND, 2013). Conforme discute Wallerstein (2004), os Estados não se desenvolvem individualmente, e sim o sistema como um todo. Durante esse período, a expansão do ciclo sistêmico de acumulação norte-americano (1930-1980) contribuiu para que o Brasil, assim como outros países da América Latina como a Argentina, ascendesse para a posição de semiperiferia.

Contudo, a década de 1980 foi marcada por uma crise da dívida externa que afetou vários países da região, pois muitos deles haviam feito grandes volumes de empréstimos internacionais confiantes de que seu crescimento garantiria o pagamento deles. O endividamento crescente levou à necessidade de buscar ajuda financeira de organismos internacionais, como o Fundo Monetário Internacional (FMI). Isso teve implicações nas políticas econômicas do Brasil e nas relações com outros países da América Latina. Durante esse período, foram feitos esforços para promover a integração econômica regional na região, incluindo o Mercado Comum do Sul (Mercosul) e a Associação Latino-Americana de



Integração (ALADI). O Brasil participou dessas iniciativas como forma de buscar uma maior integração econômica e comercial com outros países e assim ampliar o acesso a mercados e promover a cooperação regional (FURTADO, 1985).

É importante ressaltar que diferente do caso sul coreano durante a Crise asiática de 1997, o Brasil teve muita dificuldade em se recuperar das consequências da crise de 1980. Foi principalmente a partir desse período que ambos os países trilharam caminhos distintos na EMC. Além disso, enquanto diversos países do Leste Asiático despontaram como economias dinâmicas e inovadoras, a América Latina se encontrou estagnada.

Fatores internos e externos moldaram a trajetória brasileira no campo industrial e tecnológico. Embora o Brasil tenha conseguido saltar da periferia para semiperiferia após o seu processo de industrialização entre 1930 a 1970, uma estagnação econômica se seguiu, pois as atividades centrais passaram a ser ligadas ao paradigma da microeletrônica, pondo fim ao processo de ascensão do Brasil, que não teve sucesso na consolidação das tecnologias ligadas a esse paradigma. A maioria dessas atividades foram realocadas para o leste asiático, favorecendo países como a Coreia do Sul.

Neste capítulo, será feito um panorama geral do processo de industrialização brasileiro, e as políticas voltadas para a CT&I implementadas no país. Em seguida, serão apresentadas as iniciativas do Brasil para a Indústria 4.0 e os desafios para implementação desta. Esse panorama tem como objetivo principal identificar de que forma os fatores internos e externos implicam atualmente nas capacidades tecnológicas do país e sua ascensão na EMC, tendo em vista o importante papel de acompanhar e liderar as tecnologias surgidas no contexto do novo paradigma tecnológico.

### 5.1. A INDUSTRIALIZAÇÃO BRASILEIRA: UMA HISTÓRIA MARCADA PELA FALTA DE CONTROLE DO PROCESSO INOVATIVO

A industrialização brasileira é apontada como tardia, tendo em vista que seu processo ocorreu quase um século após o surgimento das primeiras indústrias na Europa. Para Celso Furtado (2000), o processo de industrialização brasileiro inicia-se em 1930 e é composto por duas fases, divididas pelo *boom* industrial ocorrido na década de 1930. Antes dessa data, as indústrias nacionais possuíam um alto coeficiente de participação no sistema de divisão internacional do trabalho e baseavam-se na exportação de produtos primários que possuíam alta absorção da mão-de-obra disponível que consumia, majoritariamente, produtos importados.

Durante esse período, o Brasil passou por uma série de transformações políticas e econômicas. O país começou a desenvolver indústrias próprias para substituir os bens

anteriormente importados, especialmente durante a Segunda Guerra Mundial, quando as importações se tornaram mais difíceis devido à guerra.

A produção brasileira centrava-se no café destinado para o mercado externo, ou seja, haviam pouquíssimas indústrias no cenário nacional, seja pelo suprimento da demanda interna pelos produtos internacionais, pela dificuldade de acesso ao carvão para a promoção da indústria siderúrgica ou por certo protecionismo econômico observado no período.

Nesse sentido, ao observar a dependência histórica do Brasil com os compradores internacionais de seus *commodities*, é nítido que a ocorrência da crise de 1929 impactou diretamente na economia brasileira. Como Furtado (1999, p. 182) expõe:

A produção, que se encontrava em altos níveis, teria de seguir crescendo, pois os produtores haviam continuado a expandir as plantações até aquele momento. Com efeito, a produção máxima seria alcançada em 1933, ou seja, no ponto mais baixo da depressão, como reflexo das grandes plantações de 1927-28. Por outro lado, era totalmente impossível obter crédito no exterior para financiar a retenção de novos estoques, pois o mercado internacional de capitais se encontrava em profunda depressão e o crédito do governo desaparecera com a evaporação das reservas.

Assim, com o início do governo Vargas, ainda em 1930, surge a necessidade de um plano econômico que não apenas estabilizasse a instável condição econômica brasileira a partir da manutenção do preço internacional do café. Nessa perspectiva, as políticas econômicas de Vargas possuíram um caráter nacional-desenvolvimentista, com forte presença e intervenção do Estado. Segundo Saviani Filho (2015), o desenvolvimentismo varguista caracterizou-se por quatro fatores: industrialização, intervencionismo pró-crescimento, nacionalismo e positivismo.

Por essa razão, inúmeras alterações ocorreram na década de 1930 a fim de proteger e desenvolver a indústria nacional. Entre elas está a alteração de política cambial, que promoveu a desvalorização da taxa de câmbio; e as inovações na política de crédito para possibilitar o financiamento de investimentos substitutivos da importação (VILLELA; SUZIGAN, 1973). Foram criados também instituições estatais para planejamento econômico, como o Conselho Nacional do Café e o Departamento Administrativo do Serviço Público (DASP) (FURTADO, 2000).

Por conta da falta de mecanismos dos bancos da época para suprir a demanda de crédito a médio e longo prazo, o Estado lançou a Carteira de Crédito Agrícola e Industrial do Banco do Brasil que, para além do fomento agrícola, foi um importante instrumento para a compra de máquinas e equipamentos industriais, bem como promover a criação de algumas indústrias de insumos básicos (VILLELA; SUZIGAN, 1973).

Após a década de 1940, a industrialização brasileira foi guiada principalmente por meio da substituição de importações e por parte do Estado. Embora as empresas nacionais tenham participado do processo, no que diz respeito às capacidades científico-técnicas pouco se inovou. A chegada do paradigma da microeletrônica durante o fim da década de 1950 revelou as fragilidades do processo de industrialização brasileiro. O país ainda estava se consolidando em relação as tecnologias do paradigma anterior e possuía pouco controle sobre essas tecnologias, o que limitava que usufrísse de grandes vantagens em relação a elas. Vieira e Ferreira (2013) observam que no fim da década de 1950 a industrialização no país – e a inserção na microeletrônica - se deu principalmente pela transferência de empresas transnacionais estadunidenses. A dinâmica comum era a imitação de processos importados, sem uma real absorção para criação de tecnologias próprias.

Mesmo as máquinas utilizadas no país haviam sido trazidas por empresas estrangeiras já instaladas no Brasil, e a operação delas não exigiu das empresas ou do Estado uma necessidade de investimento em mão-de-obra qualificada para sua execução. Logo, não se originaram conhecimentos novos para o país (VIEIRA; FERREIRA, 2013). Carneiro (2002) destaca também que a elevada presença de filiais estrangeiras no setor tecnológico durante este período dificultou a definição de políticas independentes de suas matrizes, já que estas não possuíam autonomia. Essa dependência de recursos externos viria a acentuar a vulnerabilidade da balança de pagamentos do país durante a Crise do Petróleo na década de 1970, além de prejudicar as empresas do ramo da indústria pesada, que não possuíam máquinas ou equipamentos nacionais (CARNEIRO, 2002).

Apesar dos avanços durante as décadas de 1930, 1940 e primeira metade da década de 1950, pode-se inferir que não houve uma promoção industrial organizada, ativa e planejada durante esse período, uma vez que a produção brasileira se centrava em bens não-duráveis. Nesse sentido, foi a partir do Plano de Metas, implantado em 1956, que essa intensificação começou (VERSIANI; SUZIGAN, 1990).

O Plano possuía os seguintes instrumentos: uma estratégia geral de desenvolvimento econômico que articulava o papel do Estado ao do capital privado, nacional e estrangeiro, metas de infraestrutura para indústrias estratégicas; aumento do protecionismo; novas políticas cambiais; financiamento industrial a partir do BNDES para indústrias além da siderúrgica; e aumento do financiamento do Estado em indústrias de insumos básicos (VERSIANI; SUZIGAN, 1990).

A partir de então, o Investimento Externo direto cresceu em um nível pouco reversível:

ao depositar na entrada de capital estrangeiro suas esperanças de reativar a expansão econômica, a burguesia brasileira concorda em intensificar o processo de renovação tecnológica da indústria. Atende, assim, aos interesses da indústria estadunidense, à qual convém instalar, para além de suas fronteiras, um parque integrado que absorva os equipamentos tornados obsoletos pela rápida evolução tecnológica. E, ainda mais, um parque industrial que desenvolva complementarmente certos níveis de produção, nos marcos de uma nova divisão internacional do trabalho (MARINI, 2013, p. 127-128).

Com o Plano de Metas adotado por Juscelino Kubitschek (JK), a industrialização restringida de Vargas expandiu-se para uma industrialização pesada e internacionalista que se baseou também no capital externo com a entrada de montadoras no país. Como aponta Arend (2009, p. 134):

Note que o ideário não deixa de ser desenvolvimentista, mas deixa de ser nacionalista e preocupado em cristalizar os centros internos de decisão. Também, a transformação abrupta da matriz industrial brasileira, a forte presença do capital estrangeiro nos setores dinâmicos do processo de industrialização e a ruptura com a estratégia nacional de desenvolvimento encabeçada pelo governo Vargas, tanto trariam efeitos imediatos quanto exerceriam impactos na dinâmica de longo prazo da economia. A política econômica nacional teria que lidar agora com um novo arranjo de forças, já que os setores dinâmicos do processo de industrialização, internalizados, estavam de posse do capital internacional.

Para além do desenvolvimento industrial, o Plano de Metas cepalino abrangia também o desenvolvimento regional, não se restringindo à infraestrutura. A construção de Brasília é um exemplo disso. Contudo, para a classe trabalhadora, a estagnação do salário-mínimo em decorrência da crescente inflação do período deteriorou sua qualidade de vida. Ademais, com o aumento do endividamento externo, o Fundo Monetário Internacional (FMI) passa a colocar barreiras para a concessão de créditos para o Brasil, impossibilitando que a iniciativa pela industrialização brasileira continuasse plenamente ativa após 1958 (RABELO, 2002).

Durante os governos Jânio Quadros e João Goulart, uma política econômica mais liberal foi adotada, visando controlar o desequilíbrio externo herdado de JK e a recessão. Nesse período, o empresariado teve forte participação na formação de diretrizes de políticas econômicas. Contudo, ainda havia forte desconfiança dos agentes econômicos com as estratégias de estabilização do Estado. Durante o período também houve baixo investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (LOUREIRO, 2010).

A partir de 1968, surgiu um maior incentivo para o estudo da microeletrônica no país, principalmente após a criação da Zona Franca de Manaus e a Telebrás. E, apesar do discurso militar que internamente se mostrava liberalizante, o Estado permanecia como importante

expansor do mercado interno. Esses investimentos estatais desempenharam um papel fundamental no estímulo à industrialização durante a década de 1970. Diversos recursos foram direcionados para a infraestrutura, como a construção de estradas, portos e usinas hidrelétricas. Ainda, houve um grande investimento em empresas estatais consideradas como estratégicas para o desenvolvimento econômico como os setores automobilístico, metalúrgico, químico, petroquímico, siderúrgico e de bens de consumo duráveis (LOUREIRO, 2010).

Essa diversificação tinha como objetivo reduzir a dependência de importações e estimular a produção nacional de bens de consumo e intermediários. Para isso, o governo brasileiro criou uma série de barreiras tarifárias e incentivos fiscais para a indústria nacional. Ao mesmo tempo, o crescimento da renda e a urbanização impulsionaram o aumento da demanda interna por bens de consumo. Essa expansão do mercado interno possibilitou o impulsionamento do desenvolvimento industrial, estimulando o investimento e a produção. No entanto, é importante ressaltar que apesar dos avanços na industrialização, a década de 1970 também foi marcada por desafios econômicos, como a crise do petróleo de 1973 e a crise da dívida externa. Esses eventos tiveram impacto na economia brasileira e afetaram o ritmo e a direção da industrialização do país (FURTADO, 1985).

Apesar do processo de industrialização ocorrido entre 1930 e 1970 ter permitido que o Brasil se deslocasse da periferia para a semiperiferia, foi com a chegada da década de 1980 que os impactos da industrialização tardia, da falta de planejamento político na área de CT&I, e alta dependência tecnológica estrangeira mostraram suas consequências. Durante esse período, ocorreu uma grande diminuição no financiamento brasileiro, principalmente por parte de incentivo externo, impossibilitando que o país desenvolvesse a microeletrônica no país efetivamente (OURIQUES E VIEIRA, 2017).

O âmbito externo também implicou nesse cenário, pois o processo de financeirização fez com que os países centrais, principalmente os EUA, pressionassem pela desregulamentação do sistema financeiro internacional e abertura econômica. Em meio a esse contexto, o Brasil enfrentou forte instabilidade econômica, o que contribuiu para que grande parte das empresas multinacionais relacionadas a microeletrônica migrassem para outros países, principalmente na Ásia, que havia se tornado o novo epicentro das atividades econômicas (RODRIGUES; OURIQUES, 2022; LAPEDUS, 2021).

A relação entre a industrialização e o *gap* científico e tecnológico é demonstrada por Ouriques e Vieira (2017, p. 207):

ao se basear na abundância de recursos naturais e humanos, a produção de bens primários para exportação gerou agentes econômicos e instituições refratários ao desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação. A divergência de trajetória

em relação ao Leste Asiático, nesse sentido, é marcante, pois aqueles países, entre os anos 1950 e 1970, prepararam as condições para acompanhar e mesmo liderar certos setores (como o automobilístico e o eletroeletrônico) e assim avançar para o centro, como foi o caso do Japão e da Coreia do Sul. No Brasil, país com mais de 200 milhões de habitantes e com ilhas de riqueza e prosperidade, a debilidade estrutural para o desenvolvimento socialmente significativo e impactante de inovação não impede a existência de casos de sucesso na ciência e na tecnologia.

Ouriques e Vieira (2017) pontuam que embora o Brasil tenha aproveitado as vantagens geradas no âmbito político-econômico-financeiro e tecnológico da expansão do ciclo sistêmico de acumulação norte-americano (1930-1980), não teve sucesso em se atualizar junto às mudanças que surgiram após esse período. A dificuldade do país em acompanhar os processos industriais surgidos durante a Terceira Revolução Industrial que se iniciou a partir de 1970 - despontada pela microeletrônica -, trouxe obstáculos que persistem até hoje.

Carneiro (2002) destaca que durante o período de 1930 a 1980 as taxas médias de crescimento do país chegavam a 6% ao ano, contudo entre 1980 e 2000 esse número caiu para 2%. O autor pontua que a estabilidade do padrão tecnológico no período anterior permitiu que o país se mantivesse a par com os outros, já que as mudanças ocorriam de forma mais lenta. No entanto, à medida que as tecnologias avançavam em sua complexidade o Brasil não teve meios de acompanhar o novo paradigma tecnológico que surgia.

As inovações tecnológicas oriundas da Terceira Revolução Industrial requeriam um arcabouço científico mais denso, assim como uma colaboração efetiva de diferentes indústrias, como a indústria de telecomunicações, de computadores e periféricos (VIEIRA; FERREIRA, 2017). Esse contexto se provou de difícil superação para o Brasil, que não havia cultivado na sua industrialização meios para evolução da CT&I local. O cenário se agravou a partir de 1980, pois o Estado brasileiro reduziu consideravelmente sua participação nos investimentos que tangiam a construção de uma infraestrutura tecnológica voltada para a inovação.

Vieira, Ouriques e Arend (2021) analisam diversos dados que demonstram o impacto desse atraso no desenvolvimento do país. O Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro que em 1980 representou 3,03% da economia mundial, decaiu expressivamente nas décadas seguintes, acompanhado por um declínio da participação brasileira na manufatura global, que chegou a 50% entre o período de 1980-2018 (UNCTAD).

Em uma análise feita entre 1996-2015, os autores avaliam a estrutura industrial do país e pontuam o constante papel ocupado pelos setores da força de trabalho e recursos naturais. Em segundo plano estavam aqueles voltados para as tecnologias da Indústria 2.0 e 3.0, com forte queda em relação à década passada. Os setores correspondentes ao paradigma metal-mecânico-

químico contavam em 2010 com uma participação de 23%, enquanto os que pertenciam ao paradigma microeletrônico representavam somente 2,4% da estrutura produtiva do país (VIEIRA; OURIQUES; AREND, 2011).

Esses números refletem a baixa participação do Brasil no desenvolvimento de tecnologias essenciais para o paradigma industrial atual. A falta de coordenação por parte das agências governamentais contribuiu para esse quadro, já que elas eram as responsáveis pela difusão das inovações tecnológicas no país (DE AVILA GOMIDE; BOSCHI, 2016).

Arend (2015, p.23) resume a evolução do processo de industrialização brasileiro:

Em relação à evolução da participação da indústria de transformação brasileira no PIB, em 1947, sua participação era de 19,9% e, ao final do Plano de Metas do governo Juscelino Kubitschek, em 1961, acercava-se de 28%. Ao final do período do milagre econômico, em 1973, era de 33% e, após a concretude do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), atingiu seu pico – próximo dos 36% do PIB em 1985. Ao longo deste período, a indústria de transformação aumentou sua participação relativa em 80% no PIB. A partir daí, a indústria de transformação começa a perder, de forma sustentada, relativa participação no PIB brasileiro. Em 1990, sua participação era de 26,5%, registrando um decréscimo de praticamente 10 p.p. em apenas cinco anos. Em 2011, a participação da indústria de transformação atingiu o valor de 14,6% do PIB. Assim, nas duas últimas décadas, a indústria de transformação perdeu aproximadamente 60% de participação relativa no PIB.

Para o autor, o Brasil iniciou um processo de desindustrialização precoce desde a década de 1980. Como argumento, ele aponta que esse fenômeno “pode ser caracterizado como precoce dado seu nível de renda per capita no início do processo e atual, vis-à-vis demais economias desenvolvidas e em desenvolvimento.” (ARENDE, 2015, p.38). A indústria de transformação no Brasil tem perdido cada vez mais sua participação no PIB, em detrimento do setor de serviços. Esse cenário implica diretamente na capacidade do país de responder as mudanças ocorridas na EMC e sua possibilidade de subir na hierarquia de riqueza do Sistema-Mundo. Como defendido pela abordagem sistêmica, acompanhar as transformações nos processos das revoluções tecnológicas é um fator essencial a ascensão de um Estado na hierarquia do sistema.

Vieira, Ouriques e Santos (2023) destacam também que durante esse período (1980) teve-se início a fase de expansão financeira do CSA estadunidense e do declínio da hegemonia dos Estados Unidos. Conforme explicam os autores, esses processos levaram a um crescimento

mais lento e a busca das finanças como fonte de lucro, e não mais o comércio. Ademais, a reestruturação dos modos de produção com a consolidação da microeletrônica colocou a América Latina em desvantagem frente ao modelo do Leste Asiático, já que as atividades econômicas foram realocadas para lá. Todos esses fatores impactaram a situação do Brasil e levaram ao que ficou conhecida como a “década perdida”, e que de certa forma persiste até hoje no âmbito tecnológico.

## 5.2. A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA BRASILEIRA

Após a Segunda Guerra Mundial, a industrialização brasileira passou por um processo de aceleração e a pesquisa científica tornou-se parte importante nas novas perspectivas sobre desenvolvimento nacional que surgiram no país. Entre as principais inovações institucionais, estavam o Conselho Nacional de Política Industrial e Comercial, de 1944, que visava direcionar a política industrial para a inserção do Brasil na reconstrução do mundo pós-guerra; e a criação conjunta da Comissão Nacional de Energia Nuclear, do Conselho Nacional das Pesquisas (CNPq) e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, que apesar de falhar no desenvolvimento nuclear autônomo nacional, foi importante por originar o CNPq, a principal agência brasileira para o fomento de pesquisas científicas e tecnológicas (VERSIANI; SUZIGAN, 1990).

No que se refere à pesquisa tecnológica, nota-se uma tendência de surgimento de centros voltados à indústria e qualificação de sua mão-de-obra, como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Ainda assim, a burocratização administrativa do governo federal limitou as iniciativas internas dessas instituições. Assim, a área da CT&I seguiu por boa parte do período Vargas marginalizada (SCHWARTZMAN; CASTRO, 1985).

Já nos anos 1950, um dos marcos iniciais da década foi o surgimento da Comissão Mista Brasil-Estados Unidos para o Desenvolvimento Econômico, criada em 1950, que identificou questões críticas para o desenvolvimento brasileiro e que foi um dos pontos de partida para a criação em 1952 do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) que futuramente se tornaria o BNDES. Além disso, o surgimento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foi um marco para o incentivo à ciência brasileira. Ainda na mesma década, há o surgimento da Petrobrás, que possibilita maior autonomia nacional na produção de petróleo, e as instruções 70 e 113 da Superintendência da Moeda e do Crédito – SUMOC – que favoreceram muito a importação de máquinas e equipamentos industriais (SERRA, 1982).

Desde a década de 1930 até o fim da década de 1960, nota-se que há um progresso nas iniciativas estatais de CT&I. Porém, como Zucoloto e Cassiolato (2014) afirmam, há um déficit



qualitativo, principalmente no que se refere à P&D. Os autores explicam que embora tenha ocorrido um aumento nos investimentos em P&D nas subsidiárias presentes no país, eles não tinham como objetivo gerar inovação genuína, mas sim adaptar técnicas já existentes. Isso se justifica, em parte, pelo fato da maioria das matrizes das transnacionais presentes no Brasil estarem no exterior, ou seja, a maior parte do incentivo para pesquisa e desenvolvimento não alcançava as filiais brasileiras, configurando uma industrialização tardia.

Durante a década de 1970, a área de ciência e tecnologia foi alocada às autoridades econômicas, e surgiram centros de pesquisa tecnológica e pós-graduações em áreas estratégicas para a indústria, a fim de desenvolver pesquisas aplicadas de ponta. Entretanto, os critérios de acompanhamento e avaliação das pesquisas financiadas por agências governamentais eram pouco rígidos, impactando na qualidade das pesquisas (NUNES, 2021).

A questão nuclear emergiu no mundo e, por essa razão, o acordo nuclear com a Alemanha e o desenvolvimento de um programa nuclear paralelo também foram pontos marcantes das pesquisas na época. Além disso, nos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs), poderiam ser encontradas algumas iniciativas visando promover as interfaces entre universidade, indústria e pesquisa, a fim de posicionar a ciência como um eixo importante para o progresso industrial do país (LIMA, 2009).

Vale ressaltar que, apesar dos avanços referentes à pesquisa em alguns âmbitos, a Ditadura Militar brasileira representou um período de ampla repressão à ciência e aos cientistas mais críticos, que foram perseguidos por conta da repressão ideológica intensa do período. O Massacre de Manguinhos, em que dez dos principais pesquisadores brasileiros foram perseguidos e tiveram seus direitos políticos cassados, demonstra como a ciência era alvo de repressões governamentais (SANTANA, 2017).

Os subsídios do Estado na indústria do período se centravam nas seguintes iniciativas: financiamentos concedidos pelo BNDES que possuíam correção monetária pré-fixada; isenções ou reduções de tarifas aduaneiras em máquinas e demais equipamentos e incentivos fiscais para o desenvolvimento industrial em regiões menos desenvolvidas. Entre os impactos sociopolíticos dessas medidas, está a expansão por produtos manufaturados no mercado interno. Ou seja, a indústria brasileira visava copiar as tecnologias industriais já existentes em países do centro, como destaca Amsden (2009, p. 46):

China, Índia, Coreia e Taiwan começaram a investir pesado em habilidades nacionais próprias, o que as ajudou a sustentar a propriedade nacional de empresas nas indústrias de média tecnologia e a invadir setores de alta tecnologia com base em “líderes nacionais”. Em contraste, Argentina e México e, em menor medida, Brasil e Turquia aumentaram sua dependência do know-how estrangeiro para o crescimento futuro. Nesses países, o investimento estrangeiro predominou, mas os gastos locais

em ciência e tecnologia por parte de investidores estrangeiros foram praticamente nulos.

Durante o governo Sarney, foi criado o Ministério da Ciência e da Tecnologia, centralizando o CNPq, o FINEP e outras instituições relacionadas à pesquisa em um só órgão. Com a Constituição de 1988, o Estado se torna importante incentivador de iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento, alocando recursos orçamentários para essas atividades (LIMA, 2009).

Contudo, vale ressaltar que a CT&I ocupou um lugar secundário perante outras prioridades nacionais, principalmente em meio à crise econômica da época. A partir do Governo Collor e de sua perspectiva liberal, que visava diminuir a participação do Estado em diversos setores, a ciência foi voltada para o aperfeiçoamento técnico e para a melhoria industrial do país, visando recuperar o investimento estrangeiro no Brasil. Nesse sentido, pesquisas de outras áreas foram desmanteladas e descontinuadas. No governo Itamar Franco, não houve aumentos significativos de orçamento em investimentos para a Ciência e a Tecnologia (STEMMER, 1995; LIMA, 2009).

A ausência de políticas públicas que visassem a inovação e diversificação de tecnologias, aliados a falta de Investimentos Externos Diretos (IDE) nos setores tecnológicos de maior complexidade e a abertura comercial da década de 1990, tornou difícil a construção e solidificação de um polo tecnológico autônomo (VIEIRA et al, 2020; CASSIOLATO; LASTRES, 2005).

No primeiro governo FHC, Cunha Lemos (2017) ressalta que não aconteceram mudanças estruturais na área para além de algumas medidas voltadas à sua regulamentação, por conta da falta de investimentos no setor. Já referente ao segundo mandato, a autora aponta mudanças:

A partir de 1999 a ênfase do governo em C&T passa a incorporar políticas de incentivo à inovação com a criação de mecanismos de fomento para aumentar os recursos em P&D e permitir a concretização de projetos de inovação tecnológica. Estabelece-se assim um novo quadro jurídico e institucional que traz em seu bojo um conjunto de leis para a criação dos Fundos Setoriais (FS) (PACHECO, 2003; MOTOYAMA, 2004). A criação dos FS representou uma inovação institucional no financiamento das atividades de C&T no Brasil, trazendo grande expectativa em relação à escala e estabilidade dos investimentos na área, permitindo a reorientação da agenda do fomento no suporte à inovação empresarial e ainda consolidando um fluxo regular de recursos para a pesquisa científica, constituindo-se num modelo de convergência entre a política industrial e as políticas de C&T (CUNHA LEMOS, 2017, p. 12).

Assim, é possível inferir que nos últimos quatro anos do governo FHC, o Brasil se alinhou a algumas tendências internacionais de valorização da inovação, incentivos privados

em CT&I, redução de desigualdades regionais e maior valorização da ciência como espaço de soluções para problemas nacionais que poderiam surgir. Nesse sentido, a ciência se tornou um tema recorrente de acordos internacionais daquele governo (BASTOS, 2003).

O governo Lula não se diferenciou do segundo governo de FHC no que se refere à busca pela inovação tecnológica. Sua diferenciação, no entanto, se deu por meio do maior incentivo e financiamento estatal para a CT&I, como é exemplificado pela criação da Secretaria Nacional de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social (SECIS). Ademais, outros instrumentos institucionais como a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação demonstram que há um esforço estatal para o fortalecimento de programas da área. No segundo governo Lula e no governo Dilma, as políticas anteriores são continuadas. Um dos marcos desse período em prol da CT&I é a alteração de nome do Ministério da Ciência e da Tecnologia para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, apontando a relevância da inovação nacional (ARRUDA; VELMULM; HOLLANDA, 2006; MCTI, 2012).

Frente ao grande atraso científico, o Estado tem buscado promover ações e programas no âmbito da CT&I desde o início do século XXI. Sobre isso, Vieira e Ferreira (2013) destacam a ‘ ‘ [...] Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em 2003, a Lei de Inovação, aprovada em 2004, e mais o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007-2010 (PACTI)’. Contudo, os autores observam que mesmo com o aumento dos investimentos no setor, pouco se investiu em P&D, afetando a capacidade de inovação das instituições brasileiras, fator essencial na EMC.

De acordo com De Negri (2021) incentivos voltados para a P&D no Brasil só foram criados em 2006, com a aprovação da Lei do Bem. Por meio dela, foi instituído um sistema simplificado de incentivos fiscais para as empresas investirem em P&D. A autora cita também a criação da Lei de Informática, que além de incentivar o investimento em P&D, promove também a criação de empregos no setor e geração de conteúdo local para a indústria nacional como requisito.

Outra ação do Estado importante para a inovação foi lançada em 2013, por meio de um programa de crédito para inovação, operado pela Finep e pelo BNDES. É importante ressaltar também que empresas presentes em setores regulados como o de Petróleo e Elétrica tem como obrigação investir em P&D. Os recursos disponibilizados por essas empresas são gerenciados pela ANP (Agência Nacional do Petróleo) e ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (DE NEGRI, 2021).

Apesar dos avanços no aspecto regulatório, os recursos dispendidos aos órgãos mais importantes para a CT&I no país entre os anos de 2013 e 2020 tem apresentado uma queda constante. O MCTI e o Ministério da Educação foram os que mais sofreram com a redução no orçamento, chegando a um total de 50%. O MEC e a Finep também não ficaram imunes, e ambos sofreram uma queda em torno de 40% no seu orçamento. Esses números são preocupantes porque, levando em consideração o panorama da CT&I no Brasil, a manutenção do orçamento anterior não seria suficiente. Além disso, enquanto o governo brasileiro reduz seus gastos com uma das áreas mais importantes para o desenvolvimento, outros países aumentam seus recursos e despontam na corrida pela liderança da CT&I em âmbito global (DE NEGRI, 2021).

A redução dos investimentos públicos também impactou nos investimentos privados no âmbito da P&D no país. Segundo a pesquisa relacionada à inovação tecnológica promovida pelo IBGE em 2017, os gastos das empresas brasileiras caíram de R\$ 80 bilhões em 2014 para R\$ 67 bilhões em 2017. De Negri (2021) destaca que essa foi a primeira vez desde 2000 que o investimento em P&D como proporção do PIB caiu na economia brasileira. Esse número que correspondia a 0,61% em 2014, caiu para 0,5% em 2017. Esse cenário também mostra como o interesse das empresas brasileiras em inovar está profundamente atrelado ao incentivo recebido por parte do Estado.

Frente ao panorama apresentado, é possível afirmar que a inovação tecnológica no Brasil possui grandes desafios e que a falta de apoio dos setores público e privado impactou na capacidade do país avançar no campo da CT&I. Moreira (2020) ressalta que, diferentemente dos países do leste asiático, o Brasil não conduziu suas políticas nacionais de acordo com as transformações sistêmicas. Essa lacuna torna-o incapaz de se inserir nos nódulos tecnológicos das novas cadeias globais. Agravando esse cenário, o autor acrescenta que:

[...] a demanda por minerais e agrícolas, acaba por empurrar o Brasil para a exploração de um conjunto de vantagens comparativas de caráter primário-exportadoras, distanciando ainda mais a economia nacional das cadeias produtivas baseadas em bens de alta complexidade econômica. O resultado disso: maior especialização regressiva e desindustrialização. O país pagou caro pelos anos de distanciamento de qualquer projeto de desenvolvimento nacional baseado em uma estratégia de inserção internacional fundamentada nos avanços científico-tecnológicos (MOREIRA, p.26).

Vieira e Ferreira (2013) discorrem sobre o mesmo ponto, observando que enquanto Japão e Coreia do Sul se preocuparam em avançar para o núcleo orgânico ao desenvolver

setores estratégicos (microeletrônica), o Brasil priorizou a extração de recursos naturais e a produção de bens primários. Logo, a condução dos agentes econômicos e das instituições do Estado brasileiro na área da CT&I acabou por limitar o país à sua condição de semiperiferia na EMC.

Assim, levando em consideração a não consolidação da Indústria 3.0 no país e a emergência de uma nova indústria baseada na transformação digital, faz-se urgente um projeto nacional que desenvolva políticas industriais para construção de um parque produtivo diversificado e tecnológico.

### 5.3. AS INICIATIVAS BRASILEIRAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

Nesta seção serão apresentadas as principais iniciativas do Brasil no contexto da I4.0. Nota-se que em muitos documentos oficiais a I4.0 é referida principalmente como Manufatura Avançada, ambas sendo vistas como sinônimos. O MCTI, principal órgão responsável pela difusão da I4.0 no país, caracteriza a Manufatura Avançada como o “futuro da produção, dentro de um esforço para revitalização das empresas e pela busca de liderança tecnológica e, conseqüentemente, de mercados globais, cada vez mais competitivos” (p.5).

As principais iniciativas voltadas para a I4.0 surgiram após relatório da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2016-2022). A ENCTI propôs um movimento de inovação colaborativa no Brasil que incentivasse a colaboração entre Universidades e Empresas, além de outros atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - SNCTI. Na figura abaixo, são apresentados os atores pertencentes a esse núcleo:

**Figura 8** – Principais atores do SNCTI



O SNCTI se baseia na ENCTI para mapear seu planejamento, como um guia estratégico e operacional. Foi nesse contexto que o MCTI lançou o “Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, Volume IV – Manufatura Avançada”, composto por um número de desafios, metas, ações e estratégias de implementação para os anos de 2016 a 2022.

Para isso, diversos especialistas de diferentes setores viajaram por Estados brasileiros para mapear as perspectivas sobre a Manufatura Avançada no país. Após a compilação e publicação desses dados, instituições públicas e privadas promoveram incentivos as empresas que utilizavam de tecnologias da I4.0. O auxílio abrange desde ações de apoio tecnológico à capacitação de recursos humanos.

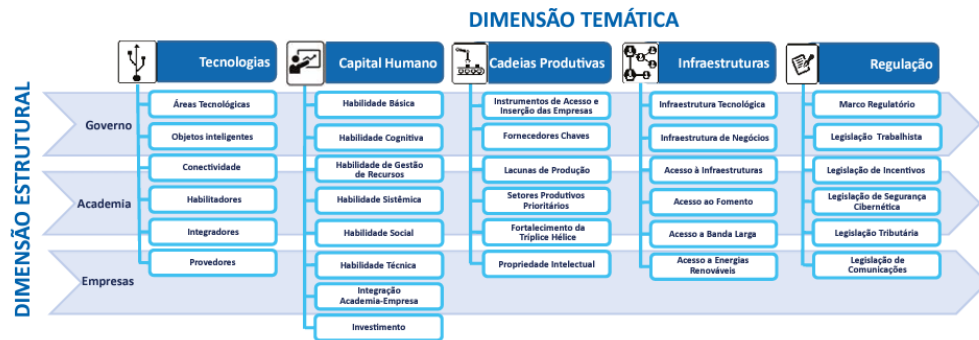
A ENCTI 2016-2022 defende que o incentivo a CT&I é vital para o desenvolvimento, autonomia e soberania nacional. Além disso, a estratégia pontuou algumas áreas tecnológicas de prioridade para o Brasil, que estão presentes no contexto da I4.0: Dispositivos eletroeletrônicos; TIC; Gestão de dados (Big Data); Computação em nuvem; Novos materiais; Nanotecnologia; Fotônica; Impressoras 3D; Sistemas ciberfísicos; IoT; Automação; e Energias renováveis. Foi a partir dessas considerações que nasceu a mais importante iniciativa para a I4.0 no país: O Plano Pro Futuro.

### 5.3.1 Pro Futuro – Plano de CT&I para a Manufatura Avançada no País

A iniciativa ProFuturo (Produção do Futuro) foi o primeiro plano do governo brasileiro voltado exclusivamente para a I4.0. Lançada em dezembro de 2017, a iniciativa é fruto de 4 ações principais: a ENCTI 2016-2022 (Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação); a pesquisa realizada pela CNI (Confederação Nacional da Indústria); um estudo realizado pela Acatech (National Academy of Science and Engineering in Germany); e diferentes trabalhos promovidos em workshops realizados em 7 Estados brasileiros por especialistas do ramo (MCTI, 2018).

O principal objetivo do plano é definir os “objetivos tecnológicos, econômicos e sociais que se pretende alcançar para produtividade e competitividade dos setores produtivos do país”. O projeto é dividido em duas dimensões, enquanto a dimensão temática aborda as áreas que vão desde as tecnologias às cadeias produtivas e regulação, a dimensão estrutural foca no papel dos agentes responsáveis por coordenar diferentes ações dentro dessas áreas. Na figura abaixo é sintetizada a organização do plano:

**Figura 9** – Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil



Fonte: Brasil (2017)

Segundo o estudo realizado pela Acatech que envolveu 500 empresas brasileiras, embora a maioria dos empresários considerem a manufatura avançada pouco desenvolvida no país, a presença de conhecimentos chave em software, soluções de automação e plataformas podem oferecer suporte nas áreas tecnológicas do país (BRASIL, 2017). Conforme a avaliação dessas empresas, muitas das tecnologias da I4.0 não puderam ser desenvolvidas devido as limitações do Brasil em tecnologias decisivas para o novo paradigma, uma herança da falta de incentivo a CT&I local no processo de industrialização brasileiro.

A participação das empresas no incentivo à CT&I é um dos pontos focais do plano, que frisa sua preocupação em identificar os *gaps* presentes no contexto atual de diferentes setores. Foi dessa preocupação que nasceu o projeto Mapeamento 4.0, criado pelo MCTI e o Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional (SENAI-DN). Desenvolvido em 2017 para mapear as iniciativas presentes no país no contexto do Plano ProFuturo, a ideia principal do projeto é facilitar e contribuir para a colaboração de empresas interessadas em avançar na I4.0 com a ajuda dos órgãos institucionais.

Segundo a página eletrônica do projeto qualquer empresa pode se cadastrar e informar o tipo de iniciativa que já executa ou planeja implementar, dentro do contexto da I4.0. Infelizmente, no momento não há nenhum projeto registrado, o que reflete não a inexistência de ações voltados para o novo paradigma tecnológico, mas provavelmente uma falta de efetivos esforços em atualizar dados na página, já que segundo o relatório da 2ª reunião dos Grupos de Trabalho (GTs) da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 ocorrida em 2018 mais de 53 iniciativas já haviam sido cadastradas no fim daquele ano (AMARAL, 2019).

### 5.3.2 Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0)

A Câmara I4.0 foi criada em abril de 2019 e atualmente é a responsável pela governança da área de Manufatura Avançada no país em conjunto com o MCTI. Além do MCTI, outros órgãos importantes para a CT&I compõe os comitês da Câmara, como o Ministério da Economia (ME); a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); a Confederação Nacional da Indústria (CNI); a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep); o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); o BNDES; o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae); e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Emprapii) (BRASIL, 2020).

Esse Comitê de especialistas tem como função auxiliar na formulação de ações e programas, assim como na implementação e avaliação de Programas e Políticas Públicas de Estado nas áreas correlatas à I4.0. Além deles fazem parte também da Câmara outros convidados dos setores empresarial e acadêmico. Atualmente, a organização da Câmara 4.0 é distribuída entre um Conselho Superior, uma Secretaria Executiva e Grupos de Trabalho (GTs). Na tabela abaixo são apresentados os 4 GTs principais dessa iniciativa e seus respectivos papéis e coordenadores:

**Tabela 3 – Grupos de Trabalho (GTs) da Câmara 4.0**

| <b>Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (GT-Inovação)</b>  | <b>Capital humano</b>   | <b>Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores</b>  | <b>Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura</b>   |
|--|---|--|---|
| - Promover a inovação, o desenvolvimento de tecnologias habilitadoras e as soluções da I4.0.<br><br>- Coordenado pela Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE/DETEC/SEMPI), do MCTI. | - Identificar os recursos humanos necessários para o desenvolvimento da I4.0.<br><br>- Coordenado pela Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI), e MCTI. | - Promover a adoção de tecnologias habilitadoras e soluções para a I4.0 em empresas de todos os portes.<br><br>- Coordenado pelo ME. | - Criar e melhorar instrumentos de normalização e regulação das infraestruturas necessárias para o desenvolvimento da I4.0<br><br>- Coordenado pelo ME. |

Fonte: MTIC, 2020.

Esses grupos deram origem a Nota Técnica referente ao levantamento de segmentos e nichos com potencial para o desenvolvimento tecnológico nacional no contexto da I4.0. Também foram responsáveis pelo levantamento do papel decisivo de tecnologias habilitadoras na produtividade de MPEs, assim como na mitigação dos impactos do COVID-19 no Brasil (MTIC, 2021).



### 5.3.3 Plano Nacional da Internet das Coisas (IoT)

O Plano Nacional de Internet das Coisas foi instituído em 2019, pelo Decreto nº 9.854, com o objetivo de implementar e desenvolver a IoT no Brasil, levando em consideração a livre concorrência e a livre circulação de dados. O Plano tem como foco atual promover a IoT como um instrumento de desenvolvimento sustentável capaz de aumentar a competitividade da economia e fortalecer as cadeias produtivas nacionais (BRASIL, 2019)

Essa iniciativa possui 3 áreas de atuação, conforme ilustrado na tabela a seguir:

**Tabela 4** – Áreas de Atuação do Plano Nacional de Internet das Coisas

| <b>Câmara do Agro 4.0</b>  | <b>Câmara Saúde 4.0</b>   | <b>Câmara Cidades Inteligentes 4.0</b>   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar ações para expansão da internet no meio rural.</li> <li>- Difundir novas tecnologias e serviços inovadores nas propriedades rurais.</li> <li>- Garantir o aumento da produtividade no campo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levar mais tecnologia para o sistema de saúde.</li> <li>- Promover o entre membros de universidades e institutos de ciência e tecnologia; iniciativa privada; e demais atores relevantes para o tema.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discutir e propor ações que estimulem o desenvolvimento de soluções tecnológicas para melhorar ambientes urbanos e a qualidade de vida da população.</li> </ul> |

Fonte: Brasil (2019)

O BNDES também promoveu um estudo em parceria com o MCTI em relação ao desenvolvimento da IoT no Brasil ainda em 2016. O projeto teve como objetivo realizar um diagnóstico e propor um plano de ação com políticas públicas voltadas para o contexto da IoT no Brasil. O estudo foi organizado em 4 fases: Diagnóstico Geral e aspiração para o Brasil; Seleção de áreas e setores; Aprofundamento e elaboração de plano de ação (2018 - 2022); e Detalhamento das principais iniciativas do plano de ação (BNDES, 2017).

### 5.3.4 Desafios

Vieira, Ouriques e Arend (2021) destacam que a inserção na I4.0 é um desafio para o Brasil já que não foi desenvolvida no passado uma estrutura nacional básica que permitisse o desenvolvimento da CT&I. Como consequência, o país enfrenta dificuldades para alcançar o ritmo acelerado das inovações tecnológicas. Enquanto os países do centro criam políticas para aprimorar seu arcabouço tecnológico, o Brasil apresenta dificuldades com setores ainda associados à Indústria 2.0, caracterizada pela metalmeccânica.

Apesar de ter sido relevante para o salto do país da periferia, esta perdeu sua “popularidade” entre os países de centro, principalmente na década de 1980, onde consolidou-se o movimento iniciado com a microeletrônica (VIEIRA et al, 2020). Outro ponto preocupante é o fato de que o parque industrial brasileiro, composto em 98% por PME, possui um índice de produtividade e também um baixo nível de digitalização (BRASIL, 2020).

Assim como discutido por Arrighi (1996), o Estado tem papel fundamental na criação de políticas que auxiliem no processo de inovação dos países semiperiféricos. Embora o Estado tenha promovido ações relacionadas a inserção do país na I4.0 os esforços se veem limitados por uma falta de infraestrutura adequada, herança de uma industrialização tardia e com ausência em investimentos estratégicos para CT&I.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Conforme observa Amsden (2009), enquanto outros países periféricos aumentaram seus investimentos em educação e na construção de estruturas que possibilitassem a criação de tecnologias próprias, o Brasil aumentou sua dependência em tecnologia estrangeira. Mesmo que o investimento de empresas estrangeiras no período de industrialização brasileira tenha sido recorrente, em relação a CT&I eles praticamente não existiam.

Embora seja possível argumentar que o processo de industrialização pelo qual passou o país tornou-o dependente tecnologicamente de outros países, é necessário avaliar também a falta de um esforço coletivo e estratégico em romper com essa dependência. O Brasil continuou focando em setores não estratégicos para aumento da sua produtividade e competitividade, em detrimento daqueles com menor valor agregado.

Conforme demonstrando no capítulo da trajetória de investimentos no setor de CT&I do país, ao longo dos anos os recursos destinados a inovação tecnológica diminuíram expressivamente, e estes eram principalmente feitos pelo Estado, com pouca participação do setor privado. A combinação desses dois fatores, aliados a falta de interesses externos no avanço do Brasil no que diz respeito a tecnologia, resultaram no atraso observado hoje em relação a inserção do país no novo paradigma industrial.

As tecnologias da I4.0 exigem um arcabouço que o Brasil não teve oportunidade – ou interesse- em desenvolver. A velocidade com que as tecnologias do paradigma da microeletrônica evoluíram afetaram nesse sentido, visto que anteriormente o período de

transição das tecnologias da metalmecânica se estendeu por longos anos, dando oportunidade de as periferias consolidarem estas nos seus processos de produção.

A dificuldade do país não se refere apenas em acompanhar as mudanças do novo paradigma industrial, mas também em manter sua posição na hierarquia de riqueza do sistema (OURIQUES; VIEIRA, 2017). Como bem acentuado por Arrighi (1996; 1998), assim como as revoluções tecnológicas representam uma janela de oportunidade na ascensão dos países dos andares inferiores e intermediários, o mesmo também se aplica a possibilidade desses países regredirem.

## 6. CONCLUSÃO

O papel da inovação no desenvolvimento capitalista foi discutido amplamente por Arrighi. Ao observar o impacto da inovação na construção de novos arranjos que acirram a disputa dentro do sistema capitalista, Arrighi alerta para as relações de poder e desigualdade gerados nesse contexto. Conforme discutido no capítulo inicial deste trabalho, o surgimento de novos modelos de produção, acompanhados de tecnologias cada vez mais robustas, podem ser identificados ao longo dos períodos que compreendem o sistema capitalista presente há mais de 500 anos.

O surgimento dessas novas tecnologias representou para muitos países a possibilidade de se aproximarem do núcleo orgânico e assim acessarem maiores parcelas de lucro. Embora essa mobilidade não seja assegurada a todos devido à natureza desigual do sistema, muitos Estados irromperam em suas buscas por liderar os novos paradigmas industriais que surgiram.

O Brasil e a Coreia do Sul foram países que conseguiram superar suas condições periféricas durante o período de 1930-1980, principalmente graças aos momentos de expansão presente no CSA dos EUA. No caso do Brasil, consolidou-se a passagem da periferia para a semiperiferia. No caso sul coreano, que estava em um patamar muito mais crítico do que nosso país em 1950, o esforço desenvolvimentista de compensar o atraso foi muito mais expressivo, nesse sentido. Contudo, com a consolidação das tecnologias da Terceira Revolução Industrial e o início de um período de crescimento lento em escala mundial, a trajetória desses países seguiu caminhos bem diferentes.

A década de 1990 trouxe mudanças expressivas nos modos de produção, com o surgimento do que muitos chamam de Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Esse fenômeno trouxe impactos radicais na produção, no consumo e nas formas de sociabilidade dentro das indústrias e países. As tecnologias bases desse paradigma são bem mais complexas e envolvem diversas esferas que vão da área digital a biológica. O objetivo principal dessas tecnologias é garantir eficiência e aumento na produtividade dos processos produtivos.

Logo, a liderança dessas tecnologias é tida como essencial para obtenção da maior margem de lucro possível. Ainda, o controle delas está interligado a capacidade dos países em garantirem suas posições na EMC, ou até mesmo ascenderem na hierarquia de riqueza. Por isso, diversos Estados tem lançado diversas iniciativas voltadas para o desenvolvimento dessas tecnologias.

O papel do Estado no processo de acúmulo de riqueza dos países é fundamental, conforme defende a perspectiva sistêmica. Eles são atores-chave nos processos de acumulação

de capital, e detêm os meios necessários para se apropriar dos benefícios da divisão internacional do trabalho e assim influenciar na posição dos países dentro da hierarquia de riqueza (ARRIGHI, 1998). Assim, a participação deles na liderança pela inovação tecnológica ganha ainda mais importância.

Este trabalho teve como objetivo entender o papel da inovação tecnológica no processo de acumulação de riqueza dentro da economia mundo capitalista. Ao olhar para o Brasil e para a Coreia do Sul, pode-se pontuar o papel presente do Estado no incentivo à CT&I em ambos, porém em níveis de intensidade diferentes. Durante a trajetória de industrialização de ambos os países, ambos apostaram inicialmente na substituição de importações e proteção do mercado interno. Porém, enquanto na Coreia do Sul a busca pela autonomia foi traçada por meio de investimentos em inovação; no Brasil pouco se inovou, e grande parte das tecnologias difundidas no país ocorreu por meio de filiais estrangeiras.

As revoluções tecnológicas têm o potencial de remodelar o cenário econômico global, alterando a forma como a produção é organizada, os mercados são estruturados e as relações de poder se manifestam. Elas podem desencadear mudanças estruturais nas economias, reconfigurar as cadeias mercantis, criar novos setores e afetar a distribuição de recursos e riquezas, implicando na hierarquia dos Estados dentro do sistema-mundo. A adoção e o domínio de certas tecnologias podem conferir vantagens competitivas e fortalecer a posição de certos Estados ou regiões em relação a outros.

Com base nos números levantados no capítulo 2, fica claro que o Brasil historicamente tem destinado poucos recursos a construção de uma base sólida que permita o desenvolvimento de tecnologias próprias. Grande parte da pauta exportadora do país segue vinculada a produtos de baixo valor agregado e isso o afasta das cadeias mais produtivas. Embora existam iniciativas do país para inserção na Indústria 4.0, a falta de uma infraestrutura sólida para tal impede que essa inserção seja possível no momento. Além disso, é nítido que não há uma coordenação entre as ações do Estado e do setor privado no que diz respeito ao investimento em CT&I.

O diagnóstico da Coreia do Sul é diferente. O país tem ao longo do seu processo de industrialização focado nos investimentos em educação e P&D. Esses fatores garantiram ao país a consolidação das tecnologias do paradigma da microeletrônica, o que deu base as tecnologias hoje difundidas nos polos tecnológicos do país. Atualmente, a Coreia do Sul é um dos países reconhecidos mundialmente como um líder em inovação, e conta com a colaboração do Estado e das empresas para manter esse título. Assim, muitos autores acreditam que o país não apenas está preparado para a Indústria 4.0, mas como também a lidera (SUNG, 2018).

## REFERÊNCIAS

- ACCO, Marco Antonio. Os Estados, o sistema-mundo capitalista e o sistema interestatal: uma leitura crítica das contribuições de Immanuel Wallerstein. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 38, p. 708-730, 2018.
- AMSDEN, Alice H.; EUH, Yoon-Dae. South Korea's 1980s financial reforms: good-bye financial repression (maybe), hello new institutional restraints. **World Development**, v. 21, n. 3, p. 379-390, 1993a.
- AMSDEN, Alice H.; HIKINO, Takashi. Borrowing technology or innovating: an exploration of the two paths to industrial development. **Learning and technological change**, p. 243-266, 1993b.
- AMSDEN, Alice Hoffenberg et al. **The rise of "the rest": challenges to the west from late-industrializing economies**. Oxford University Press, USA, 2001.
- AMSDEN, Alice Hoffenberg. **Asia's next giant: South Korea and late industrialization**. Oxford University Press on Demand, 1992.
- AREND, Marcelo; CARIO, Silvio Antonio Ferraz; ENDERLE, Rogério. Instituições, inovações e desenvolvimento econômico. **Pesquisa & Debate Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**, v. 23, n. 1 (41), 2012.
- AREND, M. A industrialização do Brasil ante a nova divisão internacional do trabalho. In: BIANCARELLI, A. ; CALIXTRE, A.; CINTRA, M. (Orgs.). **Presente e futuro do desenvolvimento brasileiro**. Brasília: IPEA, 2015.
- ARNOLD, Walter. Science and technology development in Taiwan and South Korea. **Asian Survey**, v. 28, n. 4, p. 437-450, 1988.
- ARÓSTEGUI, Julio. *A pesquisa histórica. Teoria e método*. Bauru: Edusc, 2006.
- ARRIGHI, Giovanni; DRANGEL, Jessica. The stratification of the world-economy: an exploration of the semiperipheral zone. **Review (Fernand Braudel Center)**, v. 10, n. 1, p. 9-74, 1986.
- ARRIGHI, Giovanni. **O longo século XX: dinheiro, poder e as origens de nosso tempo**. Editora Unesp, 1996.
- ARRIGHI, Giovanni. **A ilusão do desenvolvimento**. Petrópolis: Vozes, 1997.
- ARRIGHI, Giovanni; HAMASHITA, Takeshi; SELDEN, Mark. Introduction: The Rise of East Asia in regional and world historical perspective. In: **The Resurgence of East Asia**. Routledge, 2004. p. 15-30.
- ARSLANHAN, Selin; KURTSAL, Yaprak. To what South Korea owes success in innovations? Implications for Turkey. **TEPAV Policy Note**, 2010.
- BANCO MUNDIAL. Crescimento do PIB da Coreia do Sul (valores em dólares), 2023a. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=KR>>. Acesso em 14/03/2023.
- \_\_\_\_\_ Exportações de Manufatura da Coreia do Sul (%), 2023b. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador/TX.VAL.MANF.ZS.UN?locations=KR>> Acesso em 14/03/2023.
- \_\_\_\_\_ Investimentos em P&D de países selecionados, (%) do PIB, 2023c. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=KR-BR-GB-US-AR-JP-CN>>. Acesso em 14/03/2023.

\_\_\_\_\_ Patentes requeridas por residentes de países selecionados. 2023d. Disponível em: < <https://data.worldbank.org/indicator/IP.PAT.RESD?locations=KR-BR-GB-US-AR-JP-CN>>. Acesso em 14/03/2023.

\_\_\_\_\_ Exportações de alta tecnologia de países selecionados. 2023e. Disponível em: < <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS?locations=KR-BR-GB-US-AR-JP-CN>>. Acesso em 14/03/2023.

\_\_\_\_\_ Exportações de produtos relacionados a TIC, países selecionados. 2023f. Disponível em: < <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.ICTG.ZS.UN?locations=KR-BR-GB-US-AR-JP-CN>>. Acesso em 14/03/2023.

BRASIL, MCTIC. Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil, ProFuturo, Produção do Futuro. 2017.

BRASIL. Plano Nacional de Internet das Coisas. 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-politicas-digitais/plano-nacional-de-internet-das-coisas#:~:text=O%20Plano%20Nacional%20de%20Internet,e%20de%20prote%C3%A7%C3%A3o%20de%20dados>>. Acesso em 14/03/2023.

BRASIL. Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação. 2021. Disponível em: < <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4038>>. Acesso 14/03/2023.

BYUNG-KOOK, Kim; VOGEL, Ezra F. The Park Chung Hee Era: The Transformation of South Korea. 2011.

CARNEIRO, Ricardo. **Desenvolvimento em crise: a economia brasileira no último quarto do século XX**. Unesp, 2002.

CHANG, Chan Sup. Chaebol: The South Korean Conglomerates. **Business Horizons**, v. 31, n. 2, p. 51-57, 1988.

CHANG, Ha-Joon. **The East Asian development experience: The miracle, the crisis and the future**. Zed Books, 2006.

CHANG, Ha-Joon; AMSDEN, Alice H. **The political economy of industrial policy**. London: Macmillan, 1994.

CHEN, Cheng-Fen; SEWELL, Graham. Strategies for technological development in South Korea and Taiwan: the case of semiconductors. **Research Policy**, v. 25, n. 5, p. 759-783, 1996.

CHENG, Tun-jen. Political regimes and development strategies: South Korea and Taiwan. **Manufacturing miracles: paths of industrialization in Latin America and East Asia**, p. 139-178, 1990.

CHESINI, Luiz. Pilares da Indústria 4.0. 2021. Disponível em: < <https://www.luizchesini.com.br/2021/09/11/conheca-os-nove-pilares-da-industria-4-0-e-sua-relevancia-para-a-atividade-industrial/>>. Acesso em 14/01/2023.

CHO, Lee-Jay (Ed.). **Korea's Political Economy: An Institutional Perspective**. Routledge, 2019.

CHO, Yung-Ho; YOON, Jeongkoo. The origin and function of dynamic collectivism: An analysis of Korean corporate culture. **Asia Pacific Business Review**, v. 7, n. 4, p. 70-88, 2001.

CHO, Mu Hyun. South Korea's tech exports increased 20% in January, led by chips. **Zdnet**. 2022. Disponível em: < <https://www.zdnet.com/article/samsung-and-amd-sign-multi-year-extension-to-use-radeon-graphics-on-exynos-socs/>>. Acesso em 14/01/2023.

CHUNG, Kae H. Industrial Progress in South Korea. **Asian Survey**, v. 14, n. 5, p. 439-455, 1974.



COREIA do Sul. Ministério da Educação, Ciência e Tecnologia (MEST). Science and Technology Yearbook 2010. Seoul, 2011.

COREIA do Sul. Ministérios das PME e Startups (MSS). Smart Factories. Disponível em: <https://www.smart-factory.kr/eng/smartFactory?menuId=03>. Acesso em 14/01/2023..

CNI. Relatório da Indústria. 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/6/relatorio-infraestrutura/#relatorio-infraestrutura-junho2022%20>>. Acesso em 15/02/2023.

CUMINGS, Bruce. The origins and development of the Northeast Asian political economy: industrial sectors, product cycles, and political consequences. **International Organization**, v. 38, n. 1, p. 1-40, 1984.

DALL'ACQUA, Fernando. Crescimento e estabilização na Coreia do Sul, 1950-86. **Revista Brasileira de Economia**, v. 45, n. 1, p. 103-125, 1991.

DE NEGRI, Fernanda. Políticas públicas para ciência e tecnologia no Brasil: cenário e evolução recente. 2021.

DOMBROWSKI, Uwe; RICHTER, Thomas; KRENKEL, Philipp. Interdependencies of Industrie 4.0 & lean production systems: A use cases analysis. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1061-1068, 2017.

ESPINDOLA, Guilherme Boscardin et al. As trajetórias desenvolvimentistas de Brasil e Coreia do Sul na semiperiferia: um estudo histórico comparativo a partir de suas inserções na divisão internacional do trabalho. 2021.

FURTADO, C. A fantasia organizada. Rio de Janeiro: **Paz e Terra**, 1985.

FURTADO, Celso. Desenvolvimento e subdesenvolvimento. **En: Cinquenta anos de pensamento na CEPAL-Rio de Janeiro: Record/CEPAL, 2000-v. 1, p. 239-262**, 2000.

GEREFFI, Gary. Industrial structure and development strategies in Latin America and East Asia. 1988.

GPEPSM. Evolução da renda per capita do Brasil, da Coreia do Sul e dos EUA. 2022. Painéis. Disponível em: <https://cwedata.ufsc.br>>. Acesso em 15/05/2023.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 2008. **\_. Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, 2008.

GUIMARÃES, Alexandre Queiroz. Estado e economia na Coreia do Sul-do estado desenvolvimentista à crise asiática e à recuperação posterior. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, p. 45-62, 2010.

HAGGARD, Stephan; KIM, Byung-kook; MOON, Chung-in. The transition to export-led growth in South Korea: 1954–1966. **The Journal of Asian Studies**, v. 50, n. 4, p. 850-873, 1991.

HELAL, Diogo Henrique; ROCHA, Daniete Fernandes. Comparando políticas de desenvolvimento e atuação do Estado: América Latina e Tigres Asiáticos. **Desenvolvimento em Questão**, v. 11, n. 23, p. 4-39, 2013.

HOBSBAWM, Eric. **A era das revoluções: 1789-1848**. Editora Paz e Terra, 2015.

KAGERMANN, Henning. Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In: **Management of permanent change**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. p. 23-45.

KIM, Linsu. **Imitation to innovation: The dynamics of Korea's technological learning**. Harvard Business School Press, 1997.

KIM, Linsu; DAHLMAN, Carl J. Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience. **Research Policy**, v. 21, n. 5, p. 437-452, 1992.

KIM, Yeonjoo; CHUNG, Eun-Sung. Assessing climate change vulnerability with group multi-criteria decision making approaches. **Climatic change**, v. 121, p. 301-315, 2013.

- KIM, Dongwoo. SOUTH KOREA AS A FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION MIDDLE POWER?. **KEIA** 2021. Disponível em : < [https://keia.org/wp-content/uploads/2021/10/KEI\\_SMA\\_Dongwoo-Kim\\_FINAL.pdf](https://keia.org/wp-content/uploads/2021/10/KEI_SMA_Dongwoo-Kim_FINAL.pdf)>: Acesso em 15/02/2023.
- KOH, Lenny; ORZES, Guido; JIA, Fu Jeff. The fourth industrial revolution (Industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 39, n. 6/7/8, p. 817-828, 2019.
- KOHLI, Harinder S.; SHARMA, Ashok; SOOD, Anil (Ed.). **Asia 2050: realizing the Asian century**. SAGE Publications India, 2011.
- KUZNETS, Paul W. Government and economic strategy in contemporary South Korea. **Pacific Affairs**, v. 58, n. 1, p. 44-67, 1985.
- LAPLANE, Mariano et al. Padrões de crescimento, investimento e processos inovadores: o caso da Coreia do Sul. **Padrões de desenvolvimento econômico (1950-2008): América Latina, Ásia e Rússia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)**, v. 2, p. 491-556, 2013.
- LEE, Keun; IM, Buru; HAN, Junhee. The National innovation system (NIS) for the catch-up and post-catch-up stages in South Korea. **The Korean Government and Public Policies in a Development Nexus: Sustaining Development and Tackling Policy Changes—Volume 2**, p. 69-82, 2017.
- LEE, Keun; KIM, Yee Kyoung. IPR and technological catch-up in Korea. **Intellectual Property Rights, Development and Catch-up: an International Comparative Study**. Oxford University Press, Oxford, p. 133-167, 2010.
- LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, 2021.
- LONGO, Luca et al. Explainable artificial intelligence: Concepts, applications, research challenges and visions. In: **Machine Learning and Knowledge Extraction: 4th IFIP TC 5, TC 12, WG 8.4, WG 8.9, WG 12.9 International Cross-Domain Conference, CD-MAKE 2020, Dublin, Ireland, August 25–28, 2020, Proceedings**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 1-16.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Metodologia do Trabalho Científico. –8 reimpr. **São Paulo: Atlas**, 2013.
- MAHBUBANI, Kishore. **The Asian 21st Century**. Springer Nature, 2022.
- MISHRA, Deepa et al. A bibliographic study on big data: concepts, trends and challenges. **Business Process Management Journal**, 2017.
- MOREIRA JR, Hermes. Indústria 4.0 e novas dimensões tecnológicas no centro da economia-mundo capitalista: perspectivas para o Brasil. **OIKOS (Rio de Janeiro)**, v. 19, n. 2, 2020.
- MURILLO, David; SUNG, Yun-dal. Understanding Korean capitalism: Chaebols and their corporate governance. **ESADEgeo Center for Global Economy and Geopolitics Position Paper**, v. 33, 2013.
- OURIQUES, Helton Ricardo. A ascensão do leste asiático: uma síntese sobre a interpretação de Giovanni Arrighi. **Teoria & Pesquisa: Revista de Ciência Política**, v. 20, n. 2, 2011.
- OURIQUES, Helton Ricardo; VIEIRA, Pedro Antonio. A condição semiperiférica do Brasil na economia mundo capitalista: novas evidências. **Carta Internacional**, v. 12, n. 3, p. 199-228, 2017.
- OCDE. Índice Better Life. 2023a. Disponível em: < <https://www.oecdbetterlifeindex.org/pt/paises/korea-pt/#:~:text=A%20Coreia%20%C3%A9%20o%20pa%C3%ADs,qualidade%20a%20todos%20os%20alunos.>>. Acesso em 10/03/2023.

OCDE. Número de pesquisadores, países selecionados. 2023b. Disponível em: < 10.1787/20ddfb0f-en>. Acesso em 10/03/2023.

OMPI. Índice Global de Inovação. 2022. Disponível em: < <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>>. Acesso em 17/03/2023.

PABIS, THAÍS CAMILA. Sistema Nacional de Inovação: As Políticas Tecnológicas e de Inovação da Coréia do Sul. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 4, p. 1331-1351, 2016.

PABIS, THAÍS CAMILA. Sistema Nacional de Inovação: As Políticas Tecnológicas e de Inovação da Coréia do Sul. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 4, p. 1331-1351, 2016.

PEREIRA, Analúcia Danilevicz; SARDO, Igor. Os Ciclos Sistêmicos De Acumulação Na Obra De Giovanni Arrighi: A Crise De 2008, O Fim Da Hegemonia Norte-Americana E A Posição Da China. **AUSTRAL: Brazilian Journal of Strategy & International Relations**, v. 11, n. 21, 2022.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge journal of economics**, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PRESIDENTIAL Committee on the Fourth Industrial Revolution (PCFIR). **I-KOREA 4.0: people-centered plan for the fourth industrial revolution to promote innovative growth**. 2017. Disponível em: < <https://www.4th-ir.go.kr/article/detail/220>> Acesso em 20/03/202

PYO, Hak. The political economy of South Korea under the new international order. **Korea's Economy**, v. 7, p. 7-12, 2012.

ROSE, Karen; ELDRIDGE, Scott; CHAPIN, Lyman. The internet of things: An overview. **The internet society (ISOC)**, v. 80, p. 1-50, 2015.

RODRIGUES, Daniela Santos Nunes de; OURIQUES, Helton Ricardo. O BRASIL FRENTE À INDÚSTRIA 3.0 E 4.0: CONSEQUÊNCIAS PARA A SUA POSIÇÃO ESTRUTURAL NA ECONOMIA-MUNDO.. In: **Anais do Seminário de Graduação e Pós-graduação em Relações Internacionais**. Anais..São Paulo(SP) IRI-USP, 2022. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/spabri2022/500641-O-BRASIL-FRENTE-A-INDUSTRIA-30-E-40--CONSEQUENCIAS-PARA-A-SUA-POSICAO-ESTRUTURAL-NA-ECONOMIA-MUNDO>>. Acesso em: 01/07/2023.

SCHUMPETER, Joseph A. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio: **Zahar**. 1984.

SANTANA, Matheus Santos. O Massacre de Manguinhos: segurança, desenvolvimento e o campo científico da saúde na ditadura civil-militar (1964-1973). **XXIX Simpósio de História Nacional**, 2017.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.

SHAHIN, Mohammad et al. Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 107, p. 2927-2936, 2020.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CORDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 33-44, 2009.

SUNG, Tae Kyung. Industry 4.0: a Korea perspective. **Technological forecasting and social change**, v. 132, p. 40-45, 2018.

SUNG, Tae Kyung. Technology transfer in the IT industry: A Korean perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 5, p. 700-708, 2009.

TILLY, Charles. Big structures, large processes, huge comparisons. 1984.

TIMMER, Marcel P. Technological development and rates of return to investment in a catching-up economy: the case of South Korea. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 14, n. 4, p. 405-425, 2003.

TOUSSAINT, Éric. **The World Bank: A never ending coup d'état: the hidden agenda of Washington Consensus**. Vikas Adhyayan Kendra, 2007.

TSENG, Ming-Lang et al. Circular economy meets industry 4.0: can big data drive industrial symbiosis?. **Resources, conservation and recycling**, v. 131, p. 146-147, 2018.

UNESCO. Relatório da Ciência. 2021. Disponível em: <<https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210058575/read>>. Acesso em 20/03/2023.

VIEIRA, Pedro A.; FERREIRA, Luiz Mateus SO. Brasil na atual conjuntura científico-tecnológica da economia mundo capitalista. **O Brasil, a China e os EUA na atual conjuntura da economia-mundo capitalista**. Marília, Oficina Universitária, p. 247-278, 2013.

VIEIRA, Pedro Antônio; OURIQUES, Helton Ricardo; AREND, Marcelo. A posição do Brasil frente à Indústria 4.0: mais uma evidência de rebaixamento para a periferia? **Oikos**, v. 19, n. 3, 2021.

VIEIRA, Pedro Antonio; OURIQUES, Helton Ricardo; PÁDUA DOS SANTOS, Fábio. Trajetórias divergentes: a América Latina e o Leste Asiático na economia-mundo capitalista. **Colombia Internacional**, n. 113, p. 23-59, 2023.

ZUCOLOTO, Graziela Ferrero; CASSIOLATO, José Eduardo. Desenvolvimento tecnológico por empresas estrangeiras no Brasil e na Coreia do Sul. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 18, p. 210-240, 2014.

WALLERSTEIN, Immanuel Maurice. **Análisis de sistemas-mundo: una introducción**. Siglo xxi, 2005.

WALLERSTEIN, Immanuel. A análise dos sistemas-mundo como movimento do saber. **O Brasil e o capitalismo histórico: passado e presente na análise dos sistemas-mundo**. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 17-28, 2012.

WALLERSTEIN, Immanuel. El debate en torno a la economía política de: el moderno Sistema-Mundial. 2011.

WALLERSTEIN, Immanuel. **The capitalist world-economy**. Cambridge University Press, 1979.

WANDERLEY, Livio Andrade. Globalização contemporânea e novas tecnologias: uma leitura arrighiana. **Revista de Economia**, v. 37, n. 1, 2011b.

WALLERSTEIN, Immanuel. **The modern world-system II: Mercantilism and the consolidation of the European world-economy, 1600–1750**. Univ of California Press, 2011a.

YEUNG, Henry Wai-chung. State-led development reconsidered: the political economy of state transformation in East Asia since the 1990s. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 10, n. 1, p. 83-98, 2017

