



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA,
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, TERRITÓRIO E MEIO AMBIENTE**

**SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO (SNI):
TIPOLOGIA E VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA
AS 50 MAIORES ECONOMIAS**

**Orientadora: Márcia Jucá Teixeira Diniz
Discente: Carlos Eduardo Rodrigues Martins**

**BELÉM
2024**

CARLOS EDUARDO RODRIGUES MARTINS

**SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO (SNI): TIPOLOGIA E
VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA AS 50 MAIORES
ECONOMIAS**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Economia, área de concentração: Desenvolvimento Econômico Regional, sob orientação do Prof. Dr^a. Márcia Jucá Teixeira Diniz.

DATA DE APROVAÇÃO ____/____/____

PROF. DR^a. MÁRCIA JUCÁ TEIXEIRA DINIZ
ORIENTADORA (PRESIDENTE) – PPGE/UFPA

PROF. DR^a. MARCELO BENTES DINIZ
EXAMINADOR INTERNO – PPGE/UFPA

DR. DOUGLAS ALCÂNTARA ALENCAR
EXAMINADOR INTERNO - PPGE/UFPA

PROF^a. DR^a. MÁRCIA SIQUEIRA RAPINI
EXAMINADORA EXTERNA - FACE/UFMG – CEDEPLAR/UFMG

DR. LEANDRO MORAIS DE ALMEIDA
EXAMINADOR EXTERNO - PPGEA/UFPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M379s Martins, Carlos Eduardo Rodrigues.
SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO (SNI):
TIPOLOGIA E VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA AS 50
MAIORES ECONOMIAS / Carlos Eduardo Rodrigues Martins. —
2024.
142 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Prof. Dra. Márcia Jucá Teixeira Diniz
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em
Economia, Belém, 2024.

1. Sistema nacional de inovação. 2. Tecnologia. 3.
Inovação. I. Título.

CDD 330

RESUMO

O objetivo principal desse trabalho será a análise dos SNI das 50 maiores economias com o intuito de gerar uma tipologia para os sistemas analisados. Procurou-se através da utilização de um modelo de análise fatorial com utilização de análise de cluster e dados em painel, classificar e entender os SNI estudados e gerar um procedimento metodológico que possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação. O trabalho também analisará após a análise das tipologias dos SNI, modelos econométricos com dados em painel para tipos de SNI gerados, com o objetivo de encontrar quais as principais variáveis mais importantes para cada tipologia. Como principais resultados, os SNI foram divididos em três classes distintas. As variáveis determinantes para explicar o desempenho dos sistemas analisados foram: a capacidade e o ambiente inovativos, o capital humano e o investimento direto líquido. Cada uma dessas variáveis apresentou importância maior ou menor de acordo com cada tipologia encontrada. De modo geral, as variáveis despesas com Pesquisa e Desenvolvimento, Patentes residentes e não residentes, artigos e publicação científica e despesas com educação superior foram as variáveis mais significativas para explicar o desenvolvimento dos SNI.

Palavras-Chave: Sistema nacional de inovação, inovação, tecnologia.

ABSTRACT

The main objective of this work will be to analyze the SNI of the 50 largest economies with the intention of generating a typology for the analyzed systems. Search through the use of a factor analysis analysis model using cluster analysis and panel data, classify and understand the trained NIS and generate a methodological procedure that makes it possible to monitor the evolution of innovation systems. The work will also analyze, after analyzing the SNI typologies, econometric models with panel data for the types of SNI generated, with the aim of finding which variable principles are most important for the house typology. As main results, the SNI were divided into three distinct classes. The determining variables to explain the performance of the developed systems were: innovative capacity and environment, human capital and net direct investment. Each of these thermals presented greater or lesser importance according to each typology found. In general, the variations in research and development expenses, resident and non-resident patents, scientific articles and publications and higher education expenses were the most significant variables in explaining the development of the SNI.

Key-Words: National innovation system, technologic e innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fonte dos fundos para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) por setor – 1953 a 1989 (Valores em Milhões de dólares).....	47
Figura 2 - Evolução da Composição do PIB Chinês – Anos Seleccionados.....	65
Figura 3 - Principais órgãos administrativos de C&T na China.....	68
Figura 4 - Comparação da escolha do número de fatores – Raiz latente e Critério Scree	84
Figura 5 - Gráfico de autovalores para o critério do teste scree	100
Figura 6 - Fatores determinantes do desempenho dos SNI estudados	102
Figura 7 - Dendrograma com a formação de 3 cluster para os SNI estudados.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis para a elaboração do IIR do European Innovation Scoreboard (EIS)...	368
Tabela 2 - Variáveis contextuais adicionais do European Innovation Scoreboard	39
Tabela 3 - Esquema de distribuição dos grandes eixos e das variáveis utilizadas no STIS.	42
Tabela 4 - Variáveis utilizadas para classificar os SNI por Patel e Pavitt (1994)	48
Tabela 5 - Similaridades e Diferenças entre os SNI americano e chinês	50
Tabela 6 - Valor Bruto da Produção – 1ª Plano Quinquenal (1953-1957).....	68
Tabela 7 - Variáveis, Fonte, Unidade e autores.....	71
Tabela 8 - Estatística KMO (Kaiser-Meyer-Olkin).....	81
Tabela 9 - Análise descritivas das variáveis analisadas	94
Tabela 10 - Matriz de Correlação de Pearson das Variáveis.....	94
Tabela 11 - Resultado do Teste KMO e o Teste de Bartlett.....	97
Tabela 12 - Comunalidade (H2) das variáveis analisadas.....	97
Tabela 13 - Autovalores (raiz característica), percentual explicado por cada fator (%) e a variância acumulada (%)	98
Tabela 14 - Matriz de cargas fatoriais – Sem rotação	99
Tabela 15 - Matriz de cargas fatoriais, comunalidades e unicidade – Com rotação Varimax	99
Tabela 16 - Modelo de regressão múltipla com os fatores determinados para os SNI.....	105
Tabela 17 - Descrição dos agrupamentos encontrados.....	108
Tabela 18 - Valores e posição de cada país com relação a variável artigos de periódicos científicos e técnicos (2000 e 2019)	109
Tabela 19 - Evolução do número de patentes não-residentes dos SNI (2000 e 2019)	110
Tabela 20 - Evolução do número de patentes residentes dos SNI (2000 e 2019)	111

Tabela 21 - Evolução do número de pesquisadores em P&D dos SNI (2000 e 2019).....	113
Tabela 22 - Evolução das despesas com P&D dos SNI (2000 e 2019).....	114
Tabela 23 - Evolução do crédito doméstico ao setor privado (% PIB) – (2000 e 2019).....	115
Tabela 24 - Evolução dos gastos em educação superior (% dos gastos totais dos governamentais em educação) dos SNI (2000 e 2019)	116
Tabela 25 - Evolução dos Investimentos direto líquido estrangeiro (IDEL) – 2000 e 2019..	118
Tabela 26 - Resultado da estimação do Modelo com dados em painel para os 50 países.....	122
Tabela 27 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª classe.....	123
Tabela 28 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI desenvolvidos de 2ª classe.....	124
Tabela 29 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de 3ª classe	125
Tabela 30 - Resumo da significância estatística das variáveis para cada classe	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fontes principais de inovação pela empresa	23
Quadro 2 - As 50 maiores economias do mundo.....	71
Quadro 3 - Relação entre cargas fatoriais e tamanho da amostra.....	85
Quadro 4 - Interpretação e Nomeação dos fatores	87

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
PINTEC	Pesquisa Nacional de Inovação tecnológica
PITCE	Política Industrial e de Comércio Exterior
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SNI	Sistema Nacional de Inovação
RAIS	Relatório Anual de Informações Sociais
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio
BACEN	Banco Central do Brasil
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
PIA	Pesquisa Industrial Anual
UNESCO	United National Education, Scientific and Cultural Organization
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 SISTEMA NACIONAIS DE INOVAÇÃO: ORIGEM, CONCEITUAÇÕES E DESENVOLVIMENTO.....	15
2.1 Origem e Conceituações sobre os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI).....	16
2.2 Atores e integração de atores no SNI	19
2.3 A importância da mudança tecnológica e da capacidade inovativa na dinâmica de formação dos SNI.....	29
3 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO: DETERMINANTE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE MENSURAÇÃO.....	34
3.1 Mensurando um Sistema Nacional de Inovação (SNI)	35
3.2 Breve descrição da origem e desenvolvimento de SNI em Nações Desenvolvidas.....	43
3.2.1 Estados Unidos	43
3.2.1.1 Origem do SNI americano	43
3.2.1.2 Indicadores para a mensuração do SNI americano.....	47
3.2.2 Alemanha.....	50
3.2.2.1 Breve Descrição da Origem do SNI alemão.....	50
3.2.2.2 Indicadores para a mensuração do SNI alemão.....	52
3.2.3 Japão.....	55
3.2.3.1 Breve Descrição da Origem do SNI Japonês.....	56
3.2.3.2 Indicadores para a mensuração do SNI japonês	59
3.2.4 China.....	62
3.2.4.1 Breve Descrição da Origem do SNI Chinês	62
3.2.4.2 Indicadores para a mensuração do SNI Chinês	69
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	70
4.1 Universo e Amostra da Pesquisa	70
4.1.1 Variáveis Utilizadas.....	71
4.2 ANÁLISE FATORIAL	75
4.2.1 Modelagem na Análise Fatorial.....	75
4.2.2 Adequação para a utilização da análise fatorial.....	79
4.2.2.1 Análise da matriz de correlação	79
4.2.2.2 Teste KMO e teste de esfericidade de Bartlett	80
4.2.2.2.1 Teste de esfericidade de Bartlett	80
4.2.2.2.2 Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	80
4.2.2.2.3 Matriz Anti-Imagem	81
4.2.3 Extração dos Fatores Iniciais	82
4.2.3.1 Método de Extração dos fatores	82

4.2.3.2 Escolha do Número de Fatores	82
4.2.4 Rotação dos Fatores.....	83
4.2.5 Interpretação dos fatores	85
4.3 Modelo de Dados em Painel.....	85
4.5.1 Modelo de Efeitos Fixos.....	88
4.5.2 Modelo de Efeitos Aleatórios	89
4.5.3 Testes para Especificação Correta.....	91
5 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	92
5.1 Análise Descritiva	93
5.2 Resultados da Análise Fatorial	94
5.2.1 Adequação do modelo	94
5.2.2 Extração dos fatores iniciais e rotação dos fatores	97
5.2.3 Interpretação dos fatores e variáveis encontrados	100
5.2.4 Relevância estatística de cada fator encontrado	104
5.2.5 Tipologias dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)	105
5.2.6 Análise descritiva dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) encontrados.....	109
5.2.6.1 Capacidade Inovativa	109
5.2.6.2 Ambiente Inovativo	112
5.2.6.3 Capital Humano.....	116
5.2.6.4 Investimento Direto Líquido Estrangeiro (IDEL)	117
5.2.7 Mensuração dos Fatores Determinantes para os 50 países e para os SNI de 1^a, 2^a e 3^a classes.....	119
7 CONCLUSÃO.....	127

1 INTRODUÇÃO

A importância da criação e desenvolvimento de um ambiente que propicie a geração e a difusão da inovação é fator crucial para a determinação e desaceleração do fluxo competitivo entre empresas e, também, é fator chave para a geração do progresso e desenvolvimento econômico (OECD, 2007). Assim, a presente tese apresenta como objetivo principal a análise dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias para os SNI¹. Procura-se através da utilização de um modelo de análise de componentes principais, da análise de agrupamento (*cluster*) e da utilização do modelo de dados em painel, uma metodologia capaz de classificar os SNI estudados e eu possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação globais.

Somando-se a isso, o trabalho apresenta como principais perguntas problema a serem respondidas: Existe uma metodologia capaz de gerar tipologias para SNI das 50 maiores economias globais em diferentes estágios? e as variáveis determinantes apresentam maior ou menor relevância para cada tipologia de SNI?. Como o objetivo de cumprir o objetivo geral levantados acima, segue os objetivos específicos: 1) Descrever com detalhes aspectos conceituais e o avanço no desenvolvimento dos sistemas de inovação; 2) Analisar os principais SNI de países desenvolvidos (Estados Unidos, Japão, China e Alemanha), bem como destacar as principais variáveis de análise dentro da literatura sobre o tema; 3) Construir a base de metodológica para gerar as tipologias dos SNI.

Em resumo, esse trabalho apresenta duas principais contribuições ao estudo dos sistemas nacionais de inovação (SNI). A primeira delas diz respeito a uma método de classificação e determinação das tipologias e das variáveis dos sistemas de inovação agregando três importantes modelos estatísticos: uma análise fatorial com componentes principais e de uma análise de agrupamentos (*clusters*), seguido por um modelo de dados em painel. Esse agregado metodológico pode ser utilizado e aperfeiçoada para realizar a verificação, atualização e classificação dos SNI estudados. Além do mais, percebe-se que a importância relativa das variáveis à medida que se entende em qual tipologia se enquadra o sistema de inovação analisado.

Vale destacar que a proposta dessa tese se enquadra na análise empírica do campo de investigação sobre sistemas nacionais de inovação e do papel do processo de inovação. De

¹ Escolheu-se esse grupo de países devido sua relevante participação na economia mundial, representando cerca de 77% de todo o PIB gerado e também para a fundamentação estatística para a dar suporte a utilização do modelo de análise fatorial.

acordo com Barletta, Erbes e Suárez (2020), as análises empíricas sobre o processo de geração e difusão de inovação ganharam força e um espaço considerável de valorização em detrimento das abordagens da construção teórica sobre a teoria da inovação. Entretanto, a abordagem teórica busca uma análise complexa, multidimensional e dinâmica que se baseia na integração de perspectivas e dimensões e que reconhece a existência de transformações e reconfigurações do fenômeno como elementos centrais da construção teórica.

Dentro da literatura sobre inovação há um consenso quanto à não linearidade sobre o processo de desenvolvimento e existem dois grandes blocos distintos de análise: os da hipótese de convergência e da divergência ou especificidades (ERBER e SUÁREZ, 2020). O primeiro grupo acredita na conceituação do desenvolvimento como um ponto de chegada que por sua vez é único e reproduzível, dentro desse grupo existe ainda a divisão em estudos tipo catch-up, estudos de dimensões relevantes e estudos de sistema de inovação para o desenvolvimento (ALBUQUERQUE, 1996; ALBUQUERQUE, 1999; ARCHIBUGI, DENNI e FILIPPETTI, 2009; FAGERBERG e VERSPAGEN, 2007; FILIPPETTI e PEYRACHE, 2011; GODINHO, MENDONÇA e PEREIRA, 2004; NIOSI, 2002, dentre outros). Já a hipótese da divergência assume que o desenvolvimento depende de investimentos específicos para a modificação do sistema. Esse grupo considera que cada SNI é único e que não existe um conjunto específico de dimensões que conduzam ao desenvolvimento, pelo contrário, cada país deve encontrar seu caminho para o desenvolvimento (LEE Y KIM, 2009; BITTAR, 2008; CIMOLI, 2014; SUÁREZ Y ERBES, 2016; NATERA e TOMASSINI, 2019; DAHLMAN, 1993; LAM e LUNDVALL, 2006).

Ainda sobre a análise de tipologia e a identificação do processo de construção dos SNI, bem como as variáveis impulsionadoras do desenvolvimento desses sistemas, tornassem objetivo elementar para se analisar (ALBUQUERQUE, 1996). Segundo o autor, existem três tipos de categorias de SNI, os de países de fronteira tecnológica, os pequenos países tecnologicamente dinâmicos e os países que não conseguiram se transformar sua estrutura de infraestrutura de ciência e tecnologia em um sistema de inovação maduro. Na primeira tipologia encontram-se os principais países da OCDE (Estados Unidos, Japão e Alemanha). A segunda tipologia estão os países como Suécia, Suíça, Holanda, Coreia do Sul e Taiwan que possuem como prioridade o processo de imitação e difusão tecnológica na construção dos seus sistemas de inovação. E, por último, temos como exemplo de países que não conseguiram se transformar em sistema de inovação efetivo (Brasil, Argentina, México, Índia, dentre outros).

Em outro artigo de Albuquerque (1999) são apresentadas três classificações, sistemas

de inovação maduros, *catching up* (*catching up NIS*) e sistemas de inovação não-maduros. Os primeiros representados por Bélgica, Dinamarca, Alemanha, França, Itália, Irlanda, Holanda, Reino Unido, Áustria, Suíça, Canadá, Estados Unidos, Japão, Austrália, Nova Zelândia e Israel. A segunda classificação é representada por países como Coreia, Taiwan e Cingapura. A última categoria é subdividida em três blocos: Os sistemas de inovação com estrutura de ciência e tecnologias antigas e ineficazes (México, Brasil, Argentina, Chile, Venezuela, Índia, África do Sul, Grécia, Espanha, Portugal), os sistemas de inovação de países da Europa central e Leste (Rússia, Bulgária, Checoslováquia, Hungria, Polónia e Romênia) e os sistemas de inovação não maduros da Ásia (Indonésia, Malásia, Filipinas e Tailândia). Países como Turquia, China e Paquistão nem apareceram agrupados nas categorias levantadas.

Cada uma das categorias apresenta características e desempenho diferenciado das demais. Os sistemas de inovação maduros são aqueles que tem gastos de P&D significativos e produzem expressivos patentes inovativas, apresentam interação complexa entre P&D realizadas e as inovações industriais. Já os *catching up NIS* possuem gastos crescentes em P&D, uso intenso de fluxos internacionais de tecnologia e aumento do compromisso das empresas com atividades inovadoras. Os SNI como o Brasil e Argentina têm infraestrutura considerável de C&T e algum nível de despesas com P&D, mas apresentam falta de interação entre as partes componentes do sistema de inovação (RAPINI et al., 2006).

No artigo seminal de Pavitt e Patel (1998), os autores apresentam a tipologia de sistemas de inovação míopes e dinâmicos. Os sistemas míopes apresentam três importantes características que os distinguem dos sistemas dinâmicos: 1) Um sistema de financiamento para os negócios com expectativa de retorno no curto prazo, o que acaba impossibilitando o processo de crescimento e desenvolvimento de novas tecnologias, 2) Os gerentes das empresas podem não apresentar habilidades apropriadas para formar expectativas tecnológicas corretas sobre as oportunidades que surgiram no futuro, 3) Os trabalhadores das empresas não possuem habilidades técnicas e organizacionais suficientes para ativar e impulsionar o conhecimento cumulativo a um ritmo satisfatório produzindo e usando novas tecnologias. Com relação aos sistemas ditos dinâmicos (Alemanha, Japão e Estados Unidos) apresentam financiamento dos negócios com peso relativo para projetos no longo prazo, possuem mais cientistas e engenheiros em posições gerenciais, apresentam força de trabalho com alto nível de educação geral e profissional, possuem níveis elevados de patenteamento e P&D financiadas, têm maior estabilidade flexibilidade intrafirma para ajustar as formas organizacionais a forma de oportunidades tecnológicas emergentes. Sistemas dinâmicos

apresentam, também, menor especialização em tecnologias relacionadas a induções econômicas nacionais e maior força em tecnologias com aplicações difundidas.

A capacidade na geração e na difusão inovativa é, então, o elemento mais estratégico na nova ordem mundial imposta aos países, principalmente aos em desenvolvimento (CASSIOLATO e LASTRES, 2017). Os elementos centrais de tal importância sobre a inovação estão ligados a: A capacidade que ela possui de agregar valor, qualidade e funcionalidade a bens e serviços produzidos, além de ampliar a competitividade das organizações, localidades e países; O reconhecimento de que o dinamismo da produtividade não se restringe a uma única organização ou um único setor, estando mais fortemente ligada a diferentes atividades e capacidades; As atividades inovativas diferem temporal e espacialmente, apresentando, com isso, diferentes aspectos na aplicação de políticas públicas. Esse processo de geração e de difusão inovativa e de transformação tecnológica depende, essencialmente, de organizações e instituições, suas cadeias e complexos produtivos, e, dos demais atores não econômicos que são responsáveis pelo uso e disseminação de conhecimento e das capacitações que compõem os diferentes sistemas produtivos e os ambientes onde estão inseridos (CASSIOLATO e LASTRES, 2017).

É importante destacar que a dinâmica de interação entre os agentes não pode se dissociar da compreensão de como se forma e constitui o sistema nacional de inovação (RAPINI, 2007). O funcionamento dos agentes dentro de cada aspecto individual constitui importante ferramenta de entendimento do funcionamento do SNI, mas caso não haja um processo de interação intenso, principalmente entre universidade-empresa, o sistema de inovação não consegue se desenvolver.

As universidades participam intensamente na formação e no desenvolvimento dos grandes países desenvolvidos (RAPINI, 2007). A formação de mão-de obra qualificada, a realização das atividades de pesquisa, bem como na geração de novos conhecimentos realizaram um papel decisivo no processo de *catching-up* na Alemanha e EUA no começo do século e, também, em Taiwan e Coreia nos anos 1970 salienta a autora. Além disso, nas últimas décadas, intensificou-se as reflexões sobre a interação universidade-empresa como um mecanismo primordial na promoção do processo de geração e difusão de inovação, com especial participação em países com extrema fragilidade entre organizações de ciência e tecnologia e o aparelho produtivo (REINA, CORADI e RAPINI, 2014).

Sendo assim, para tentar se chegar aos principais objetivos dessa tese, o trabalho encontrasse dividido em seis capítulos além dessa introdução. O segundo capítulo abordará a discussão sobre aspectos conceituais e teóricos sobre os sistemas nacionais de inovação. O

capítulo 3 trará uma breve descrição do surgimento de grandes SNI de países desenvolvidos, bem como discutirá dentro da literatura quais as principais variáveis analisadas. No capítulo 4 será descrito a metodologia do trabalho, destacando as principais variáveis a ser utilizada, bem como a descrição do modelo de análise fatorial com componentes principais e o modelo econométrico com dados em painel. O capítulo 5 ficará com os resultados e discussões do trabalho. E, por fim, as conclusões do trabalho encontram-se no capítulo 6.

2 SISTEMA NACIONAIS DE INOVAÇÃO: ORIGEM, CONCEITUAÇÕES E DESENVOLVIMENTO

2.1 Origem e Conceituações sobre os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

De acordo com Freeman (1995), o precursor na elaboração do termo e do conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) foi Bengt-Ake Lundvall (1988), no artigo publicado na quinta parte do livro com edição de Dosi et al. (1988). Entretanto, segundo Edquist (2005), o primeiro a utilizar o termo foi Freeman (1987). Ambos os autores (Freeman e Lundvall) são categóricos em pontuar que as ideias e concepções originais do conceito são de Georg Friedrich List (1841). Para Bogang, Gerybadze e Kim (2016), o principal ponto de aproximação entre Friedrich List e os SNI está no papel de coordenação na interação sistemática entre invenção, pesquisa, tecnologia, aprendizado e inovação e o papel do Estado no direcionamento e articulação dentro do SNI.

Com relação a aspectos conceituais, originalmente, segundo Lundvall (1992), um SNI é constituído por elementos e relacionamentos que interagem na produção, difusão e uso de novos e economicamente úteis conhecimentos e que um esse sistema engloba elementos e relacionamentos localizados dentro ou enraizados dentro das fronteiras de um Estado Nação. De acordo com o autor, existem dois conceitos fundamentais sobre SNI: um estrito e outro mais amplo. No sentido estrito, o conceito de SNI seria um conjunto de atores que incluiria organizações e instituições envolvidas na busca e exploração do processo de inovação (Departamentos de P&D, Institutos tecnológicos e universidades). Já no sentido amplo, incluiria os agentes citados acima bem como os aspectos e estruturas e a configuração institucional que afetam a aprendizagem de forma geral (o sistema de produção, o sistema de marketing e o sistema financeiro. Esses últimos classificam-se como subsistemas onde o aprendizado interativo ocorre e evolui.

Além disso, o SNI deve ser entendido, acima de tudo, como um sistema social e dinâmico (LUNDVALL, 1992). O sistema é considerado dinâmico porque é caracterizado por interações positivas onde seus elementos se reforçam uns nos outros na tentativa da especialização no processo de aprendizagem e de inovação e é social porque apresenta como atividade fim principal a aprendizagem (*learning*), atividade social relevante que envolve a relação e cooperação entre pessoas do sistema. Além disso, os SNI também apresentam como características básicas os processos de causação cumulativa e círculo virtuoso e viciosos (LUNDVALL, 1988 e 1992).

Para Patel e Pavitt (1994) um SNI seriam um conglomerado de instituições nacionais,

suas estruturas de incentivo e suas competências, que determinam a taxa e a direção da aprendizagem tecnológica (ou o volume e composição de atividades geradoras de mudanças em um país. Entretanto, de acordo com os autores, cada país deve identificar as principais instituições, os incentivos e as competências relevantes para o desenvolvimento do seu SNI. O processo de amadurecimento e consolidação dos SNI de cada país deverá, explicitamente, apresentar características distintas e atores ou agentes diferenciados e similaridades entre os agentes citados.

Esses incentivos e as competências estão estritamente relacionados ao aprendizado tecnológico dos atores dentro do SNI. O apoio do governo a pesquisa básica, as atividades de treinamento intrafirma, o difícil equilíbrio existente entre os incentivos de ganhos econômicos decorrentes do monopólio temporário para a inovação e a pressão da concorrência pela imitação são pontuados como importantes incentivos ao desenvolvimento. No mesma direção, a diferença observada entre o desenvolvimento econômico e tecnológico de muitas nações está explicitado nas lacunas internacionais de tecnologia, em outras palavras, essas disparidades estão ligadas as competências tecnológicas resultante o volume e padrão setorial de P&D e das atividades relacionadas (PATEL e PAVITT, 1994).

A compreensão da dinâmica de interrelações de um SNI “consiste em conjunto de instituições, atores e mecanismos que contribui para a criação, avanço e difusão das inovações tecnológicas de um país” (FREEMAN, 2008). Assim, destaca-se nesta avaliação, a vivência de um grupo articulado de instituições dos setores públicos e privados constituídos por: agências de fomentos e financiamento, instituições financeiras, empresas públicas e privadas, universidades e laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, leis de propriedade intelectual e muito mais; todo esse grupo completa uma cadeia sistêmica que direciona investimentos para inovação tecnológica.

Para Cimoli (2014), o SNI seria um conjunto de instituições que contribuem em conjunto e individualmente para o desenvolvimento de novas tecnologias e que fornecem o quadro em que o governo forma e implementa políticas para influenciar e dinamizar o processo de inovação. As instituições que compõem o SNI, empresas privadas, universidades e outras instituições educacionais, laboratórios de pesquisa pública, consultorias privadas, sociedades profissionais e associação de pesquisa industrial e as políticas de ciência e tecnologia são as principais variáveis na explicação das diferenças de desenvolvimentos dos SNI de países desenvolvimento.

Segundo Albuquerque (1996) um SNI é uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente ou de um somatório de decisões não-planejadas e desarticuladas, que impulsionam o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas. Esses arranjos institucionais envolvem as firmas, as redes de interação entre empresas, as ações governamentais, as universidades, os institutos de pesquisas, laboratórios de empresas, atividades de cientistas e engenheiros que se articulam com o sistema educacional, com o setor industrial e o empresarial e, também, com as instituições financeiras, completando o circuito dos agentes que são responsáveis pela geração, implementação e difusão das inovações.

Essa construção institucional e a diversidade de atores e arranjos que configuram o SNI é enorme. Essas diversidades podem ser observadas e diferenciadas através das características distintas de cada SNI, tais como: as especificidades das firmas inovadoras, a relação dessas firmas com as instituições de pesquisa, o peso dedicado à ciência básica, o papel do governo na articulação e incentivo das instituições dos sistemas, o papel das pequenas firmas dinâmicas, os diferentes arranjos do sistema financeiro, o nível da formação profissional dos trabalhadores, dentre outros (ALBUQUERQUE, 1996; ALBUQUERQUE e SICSÚ, 2000).

Além disso, a construção institucional e o entendimento das conexões existentes dentro das interações dos agentes do SNI são caminhos diretos para a construção de um SNI (METCALFE e RAMLOGAN, 2007). Segundo os autores, os SNI não ocorrem naturalmente, se auto-organizam para reunir novos conhecimentos e os recursos para a exploração do conhecimento adquirido. Os SNI são fenômenos emergentes, criados para um propósito específico, que poderão mudar e se adaptar seu conteúdo e o padrão de conexão à medida que uma sequência de problemas evolui. Além disso, uma vez que a solução de um problema gera diferentes e específicos novos problemas, ocorre, por conseguinte, a evolução e o dinamismo dos atores e o padrão de conexões dentro do SNI.

Para Cassiolato e Lastres (2000), os sistemas de inovação têm sido muitas vezes confundidos com *clusters*, adotando-se uma visão estática sobre ele. No entanto, a visão de *cluster* baseada em setor não captura situações nas quais as fronteiras das indústrias se encontram em mutação. Assim, de uma perspectiva dinâmica, os setores industriais devem ser considerados sistemas mais amplos e em contínua mutação, baseados em conjuntos de tecnologias e soluções. Nesse contexto, a competitividade das nações e empresas compreende a construção de um SNI em que há organizações gerando conhecimentos, P&D, laboratórios governamentais e privados.

Na visão da OCDE (2005), a abordagem de SNI muda o foco de política em direção a uma ênfase na interação das instituições e nos processos de criação de conhecimento, bem como em sua difusão e aplicação. Por meio da publicação da terceira edição do Manual de Oslo, a OCDE (2005) considera que um “sistema nacional de inovação” foi cunhado para representar esse conjunto de instituições e esses fluxos de conhecimentos, bem como, políticas macroeconômica e de regulação, infraestrutura de comunicação, dentre outros. Essa perspectiva teórica influencia a escolha de questões para incluir em uma pesquisa sobre inovação, e a necessidade, por exemplo, de um tratamento extensivo das interações e fontes de conhecimento.

No caso de países de industrialização recente, o sistema nacional de inovação deve ser analisado em termos de duas estruturas analíticas: o ambiente tecnológico geral e o ambiente institucional (KIM, 2005; NELSON e WINTER, 2005). No caso do ambiente tecnológico geral postula que as indústrias e as empresas dos países avançados evoluem ao longo de uma trajetória de tecnologia constituída de três estágios: fluído, transicional e específico. O ambiente institucional congrega os diversos atores econômicos e os demais elementos que influenciam o aprendizado tecnológico no sistema nacional de inovação. Entre esses atores e elementos, incluem-se os governos e suas políticas, a dinâmica da estrutura industrial, a disponibilidade e qualidade do sistema educacional, a infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento e sua função, a natureza variável dos fatores socioculturais, os compradores e fornecedores nos mercados internacionais e locais, os investimentos nacionais em pesquisa e desenvolvimento, a administração empresarial e as interações entre todos esses atores.

2.2 Atores e interação de atores no SNI

O livro seminal com edição de Bengt-Ake Lundvall (1992, traz uma seleção de textos sobre Sistemas Nacionais de Inovação e é o livro (texto) mais utilizado sobre o assunto (KASHANI e ROSHANI, 2017). Na introdução, de acordo com Lundvall (1992), os aspectos fundamentais para a avaliação de um Sistema Nacional de Inovação (SNI) devem estar estritamente ligados a: 1) Organização interna das empresas (indústria), 2) Interação entre empresas, 3) No papel do setor público (Estado) e, por conseguinte, 4) No papel das universidades; 5) Constituição institucional do setor financeiro e 6) Intensidade de P&D e Organização de P&D. Primeiro, deve-se ter em mente que a organização interna e a interrelação entre as empresas são variáveis chaves para o entendimento de um sistema de inovação, haja

vista, que as empresas são as grandes desenvolvedoras de inovação tecnológica. O Estado apresentasse como o usuário mais importante das inovações desenvolvidas pelo setor privado, principalmente no apoio direto à ciência e ao desenvolvimento. O Setor financeiro entra como engrenagem importante como facilitador do processo de geração de novas tecnologias.

2.2.1 O papel das empresas

A organização interna das empresas privadas é um importante determinante de consolidação de um SNI (LUNDVALL, 1992). A maioria das inovações é desenvolvida por empresas e a organização dos fluxos de informação e de processo de aprendizagem afetam diretamente a sua capacidade inovadora. Vale ressaltar que, a interação entre os diferentes departamentos dentro das empresas, como setor de vendas, produção e geração e investimento em P&D são aspectos importantes e atraem diversos estudos com relação a essa interação.

Uma das inovações institucionais mais importantes para o dinamismo do processo de desenvolvimento tecnológico das firmas foi a constituição e o estabelecimento de laboratórios de P&D (LUNDVALL, 1992 e 2016). A aprendizagem ocorre em conexão com atividades de rotina em produção, distribuição e consumo, produzindo insumos importantes para a geração do de inovação. Assim, as experiências cotidianas de trabalhadores, engenheiros de produção e representantes de vendas influenciam a agenda de determinação da direção dos esforços inovadores e produzindo novos conhecimentos e aprendizado cruciais para o processo inovativo.

Entretanto, conforme aponta Nelson (1992), nem todas as atividades e investimentos realizados pelas empresas em inovação são estritamente realizadas nos seus laboratórios de P&D. No caso de setores onde as empresas são pequenas e onde as empresas estejam envolvidas em projetar produtos para a encomenda específica para clientes individuais, grande parte do esforço inovador não pode ser calculado como P&D. Contudo, segundo Nelson, mesmo que haja a participação extensiva de outros atores (universidades e laboratórios do governo) na maioria das indústrias, a participação maior do esforço inovador é realizado pelas empresas, tanto pelo lucros da inovação que necessitam de ampla estruturação entre a coordenação de P&D, a produção e o marketing empresarial, quanto pelo amplo conhecimento detalhado pelo uso e melhorias que somente podem existir pela interação entre as empresas, seus clientes e fornecedores.

De acordo com Tigre (2006), as empresas geralmente apresentam e utilizam diferentes fontes de tecnologia, inovação, informação e conhecimento tanto de origem interna quanto de origem externa. As fontes internas envolvem as atividades voltadas para o desenvolvimento de produtos e processos quanto a obtenção de melhorias incrementais por meio de programas de qualidade, treinamento e aprendizado organizacional. Já as fontes externas de inovação envolvem: a) aquisição de informações codificadas, a exemplo de livros e revistas técnicas, manuais, softwares, vídeos, dentre outros; b) consultorias especializadas; c) obtenção de licenças de fabricação de produtos; e d) tecnologia embutidas em máquinas e equipamentos. Para o autor, a diferença nas abordagens e na seleção das diferentes fontes de inovação pelas empresas está estritamente relacionado as características da inovação, nas escalas produtivas e nas estratégias definidas pela empresa. Sumariamente, as principais fontes de inovação das empresas podem ser expressas no Quadro 1.

Quadro 1 - Fontes principais de inovação pelas empresas

Fontes de Inovação	Exemplos
1) Desenvolvimento tecnológico próprio	P&D, Engenharia reversa e experimentação
2) Contratos de transferência de tecnologia	Licenças e patentes, contratos com universidades e centros de pesquisa
3) Tecnologia incorporada	Máquinas, equipamentos e software embutidos
4) Conhecimento codificado	Livros, manuais, revistas técnicas, internet, feiras e exposições, software aplicativo, cursos e programas educacionais
5) Conhecimento tácito	Consultoria, contratação de RH experiente, informações de clientes, estágios e treinamento prático
6) Aprendizado cumulativo	Processo de aprender fazendo, usando, interagindo etc. devidamente documentada e difundida na empresa.

Fonte: Tigre (2006)

O comportamento das empresas é principalmente moldado por instituições que constituem restrições e/ou incentivos para a inovação, como leis, regulamentos, normas culturais, regras social e padrões técnicos (EDQUIST, 2005). Entender a interação entre várias organizações que operam em distintos contextos insituacionais são importantes para a geração do processo de inovação. Entender, também, os mecanismos que geram e ampliam os efeitos institucionais na direção do desenvolvimento tecnológico das empresas são fatores primordiais para o desenvolvimento dos SNI.

Para Chaminade, Lundvall e Haneef (2018), as empresas desempenham um papel

essencial no processo de inovação. A empresa é a unidade que introduz novas ideias na forma de novos produtos, novos processos e serviços. Neste sentido, grande parte da análise conceitual e teórica sobre SNI coloca as empresas como agente principal nas dotações tecnológicas dentro dos sistemas de inovação. Entretanto, outros atores como as universidades, o governo, os movimentos sociais, o conglomerado financeiro podem desempenhar papéis importantes no processo e geração de inovação dentro do SNI.

De acordo com Gelsing (1992) em qualquer sistema econômico moderno, as empresas possuem uma série de relações com fornecedores e clientes, mas nem todas são importantes para as atividades inovadoras das empresas. Entretanto, as ligações, relações e interações existentes entre os concorrentes (*links* horizontais) podem ser bastante importante para o processo inovador das empresas, principalmente na aceleração do aprendizado tecnológico, na redução dos custos de produção, para promover novos padrões de desenvolvimento de tecnologia e inserir ao mercado novas tecnologias com maior rapidez.

Ainda segundo o autor, esse processo de interligação entre firmas pode ser melhor entendido ao utilizar o conceito de redes industriais (*industrial networks*). Uma rede industrial seria uma forma institucional entre mercados e hierarquias criado exclusivamente para superar fraquezas específicas, existindo dois tipos: 1) Rede industrial comercial e 2) Rede industrial de conhecimento. A rede comercial concentra o foco principalmente em ligações e interações entre os usuários e produtores de bens e serviços comercializados. A rede de conhecimento centraliza os esforços no fluxo de informações e intercâmbio de conhecimento, independentemente de sua conexão com o fluxo de mercadorias.

Para Hagedoorn (2002), as parcerias de P&D fazem parte de um amplo e diversificado grupo de relacionamento inter-firmas. Essas parcerias de P&D seriam um conjunto específico de diferentes modos de colaboração inter-firmas que visam, especificamente, o compartilhamento de algumas atividades de P&D. Essas parcerias são principalmente relacionadas em duas grandes categorias: parcerias contratuais (pactos conjuntos e acordos de desenvolvimento em P&D e *joint ventures* baseados em ações. *Joint venture*, segundo o autor, são unidades organizacionais criadas e controladas por duas ou mais empresas que aumentam a interdependência organizacional das empresas. As *joint ventures* é o mais antigo dos modos de parcerias entre firmas (HAGEDOORN, 2000 E 2002).

Para Hagedoorn, Link e Vernortas (2000), a colaboração tecnológica entre firmas permite as empresas uma rápida reação às necessidades do mercado e permitem, também, a inserção tecnológica para o mercado com maior agilidade. Para os autores, as firmas buscam

parcerias com outras firmas no intuito de: 1) Diminuir os custos de transação em atividades regidas por contratos incompletos; 2) Ampliar o escopo efetivo das atividades; 3) Aumentar a eficiência, a sinergia e o poder através da criação de redes; 4) Acessar recursos complementares externos e a capacidades para explorar os recursos existentes e desenvolver vantagens competitivas sustentadas; 5) Promover aprendizagem organizacional, internalizar competências e melhorar a competitividade; 6) Criar novas opções de investimentos em atividades de alta oportunidade de alto risco; 7) Internalizar os respectivos *spillovers* e melhorar a apropriabilidade dos resultados da pesquisa; 8) Menor custo de P&D, dentre outras (HAGEDOORN, LINK E VERNORTAS, 2000, pg. 15).

2.2.2 O papel do governo

O papel do governo (setor público) no desenvolvimento e consolidação dos SNI na literatura é evidente (MOWERY E ROSENBERG, 1992; PATEL E PAVITT, 1994; ODAGIRI e GOTO, 1994; MOWERY, 1996; ATKINSON, 2014; MAZZUCATO, 2014; MELAAS E ZANG, 2016, dentre outros estudos). As ações das organizações públicas no desenvolvimento dos SNI podem ser delimitadas em políticas de implementação de tecnologia, criação de agências reguladoras, organizações para educação superior e de pesquisa, entidades de apoio à tecnologia (programas de treinamento específicos para a indústria), serviços de extensão, organizações de definição de padrão e escritórios de patentes, dentre outras. As políticas de implementação de tecnologia variam entre organizações para a produção de conhecimento (como universidades), distribuição de conhecimento (parques científicos) e regulação de conhecimento (EDQUIST e JONHSON, 1997).

Segundo Scerri e Lastres (2013), é amplamente reconhecido que as empresas produzem, adotam, difundem, adaptam, disseminam e implantam a inovação, mas o papel do estado na formação e na promoção do caminho de desenvolvimento dos SNI é fundamental. É o Estado que estabelece o sustento institucional formal da atividade econômica, incluindo a inovação. Segundo os autores, o Estado apresentasse como articulador na aplicação das “regras do jogo. Essas “regras do jogo” podem ser implícitas como nas práticas do mercado de trabalho, nos subsídios, propostas e políticas de procura, nas considerações ambientais, políticas macroeconômicas e podem ser explícitas na forma de leis e práticas declaradas.

Além disso, as políticas governamentais podem desempenhar um importante papel na construção de um SNI (CHAMINADE, LUNDEVALL E HANEEF, 2018). Os governos

sinalizam a direção do processo de inovação por meio de políticas e regulamentos que podem estimular ou desestimular o processo de promoção da ciência, inovação e tecnologia. Os autores destacam que o papel do governo não deve ser apenas ao processo de financiamento inicial das atividades inovativas, mas ele deve ser capaz de criar visões em torno de tecnologias importantes, como o caso da “Iniciativa Nacional de Nanotecnologia” nos Estados Unidos no final dos anos de 1990. Em suma, o governo deve atuar e assumir os riscos de investimentos em áreas onde o setor privado não possua atrativo financeiro ou em áreas de baixa capacidade de investimento.

Ancorado a isso, Mazzucato (2014) destaca que a maioria das inovações radicais, revolucionárias que alimentaram a dinâmica do Capitalismo tem como origem o financiamento, as políticas de incentivo, as regras e leis, as instituições de pesquisa básica e aplicada, ou seja, toda uma gama de organizações e instituições estatais. Desde a internet, as ferrovias, o Iphone, o Global Positioning System (GPS), a nanotecnologia e a moderna indústria farmacêutica apontam para o Estado como a origem dos investimentos mais corajosos, incipientes e de capital intensivo. Essas inovações radicais com elevado grau de incerteza e investimento, somente aconteceram devido a “mão invisível” do Estado. Segundo Mazzucato (2014), os Estados Unidos são vistos, muitas das vezes, como exemplo clássico das potencialidades desenvolvida pelo “sistema de livre mercado”, mas apresenta um dos maiores estados intervencionistas no que diz respeito a geração de inovação.

Um bom exemplo do papel do Estado no desenvolvimento na geração e difusão de importantes mercados é o setor farmacêutico (MAZZUCATO, 2014, pg. 23). As grandes indústrias farmacêuticas multinacionais, as pequenas empresas de tecnologia, os laboratórios do governo e das universidades fazem parte do grande conglomerado do setor farmacêutico, entretanto, é nos laboratórios do governo e nas universidades apoiadas pelo governo onde acontece a produção das novas drogas e remédios mais radicais. Na mesma direção, Charatan (2004), afirma que as empresas privadas realizam esforço para a elaboração de drogas similares enquanto é nos laboratórios financiados com investimentos públicos onde são elaboradas as novas entidades moleculares com classificação prioritária.

Um outro exemplo de grandes empresas ou setores que se beneficiaram dos investimentos públicos foi a *Apple*. Apesar de ser uma das maiores empresas em tecnologia atualmente, no início das operações a *Apple* recebeu enormes apoios diretos e indiretos do governo, especialmente em três áreas específicas (MAZZUCATO, 2014): 1) Investimentos direto de capital nos estágios iniciais da firma; 2) Acesso a tecnologias resultado de programas

de pesquisa governamentais, de iniciativas dos investimentos militares e contratos públicos e desenvolvidas por instituições de pesquisa pública, todas financiadas com recursos federais ou estaduais; 3) Criação e desenvolvimento de políticas fiscais, comerciais ou de tecnologia privilegiando o apoio a empresas americanas como *Apple*. Todo esse apoio estaria concentrado em grandes instituições estatais como: a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA), o Programa de Pesquisa para a Inovação em Pequenas Empresas (SBIR) e o *National Nanotechnology Initiative* (NNI).

Além das políticas públicas diretas de incentivos a inovação e ao financiamento, existem políticas públicas indiretas importantes para o desenvolvimento dos SNI, principalmente aquelas ligadas a infraestrutura. Infraestrutura refere-se ao complexo de recursos não naturais que são coletivamente usados pela indústria na produção e na distribuição de produtos e incluem: o fornecimento de energia, o fornecimento de água, o sistema de transporte (estradas, aeroportos, portos etc.), sistemas de telecomunicações, dentre outros. Fazem parte desta gama de recursos, os componentes não-físicos como: normas técnicas, disposições educacionais e sistema jurídico (MAZZUCATO, 2014, pg. 23):

2.2.3 O papel das universidades e institutos diversos

Sobre o papel desempenhado pelas universidades, Lundvall (1992) e Nelson (1992) deixam claro que as universidades são agentes imprescindíveis para o desenvolvimento tecnológico de qualquer país e para os sistemas industriais modernos. Apesar de as universidades e os modernos laboratórios industriais cresceram e evoluíram como parceiros, as universidades desempenham um papel importante no avanço técnico, não somente no treinamento de cientistas e engenheiros, mas como fonte prioritária de descobertas e técnicas de pesquisa extremamente relevante para o avanço técnico da indústria. Por conseguinte, as universidades são atualmente o *locus* de pesquisa básica para o desenvolvimento e consolidação dos SNI (LUNDVALL, 1992). As instalações de P&D, cientistas e engenheiros treinados para as empresas, universidades ou agências governamentais são os principais instrumentos através do qual o avanço tecnológico consegue se difundir em áreas como equipamentos elétricos, SNI, produtos e processos químicos e aviação. Entretanto, é através da pesquisa universitária e o processo de qualificação do capital humano que possibilita o desenvolvimento e amadurecimento dos sistemas de inovação.

Entretanto, para o surgimento, desenvolvimento e consolidação de um SNI, as

universidades, os agentes e suas interações dependem exclusivamente de algumas características importantes. Segundo Suzigan e Albuquerque (2011, pg 5) esses elementos são: 1) Preparação do arranjo monetário e financeiro afim de facilitar a criação e o funcionamento da universidade, institutos de pesquisas, empresas, dentre outros; 2) Construção de instituições relevantes (universidades, instituições de pesquisa, empresas e laboratórios de P&D); 3) Construção de mecanismos para permitir ativar duas dimensões das interações entre os agentes (problemas de pesquisa, desafios, etc); 4) Desenvolvimento de interações entre as duas dimensões; 5) Consolidação e desenvolvimento das interações, envolvendo o reconhecimento do papel desempenhado pelo tempo para a construção desse *feedback* positivo entre instituições de pesquisa e universidades e empresas.

Segundo Yuqiu (2016), as universidades desempenham um importante papel na produção do conhecimento e na geração e difusão de conhecimento e de inovação. Somado a isso, a universidade deve estar alerta para a geração e absorção de novas tecnologias que possam ser refletidas no ensino, na aprendizagem, na pesquisa e na infraestrutura das instituições, além de ter a responsabilidade pela criação de funcionários qualificados (engenheiro, cientistas e empreendedores), deve obter uma estrutura razoável de estudos e de pesquisa básica aplicada ao desenvolvimento tecnológico que acompanhe o ritmo da fronteira tecnológica mundial, construir canais de propagação de incentivos e estímulos que buscam estreitar as ligações e interrelações entre as organizações, empresas, governo e o setor financeiro.

Lester (2005, pg. 13) destaca a importância das universidades no desenvolvimento da indústria de transformação. Para o autor, existe basicamente quatro grandes funções das universidades: 1) A primeira delas diz respeito a função mais geral dos institutos universitários que é o de treinamento, educação e qualificação profissional; 2) Adicionando o estoque de conhecimento codificado através de publicações nas literaturas técnicas, patentes, softwares e protótipos de hardware; 3) Aumentar significativamente a capacidade de resolução de problemas científicos e tecnológicos locais; 4) Fornecer espaço para a discussão e aprimoramento de vias de desenvolvimento da indústria e de novos aspectos tecnológicos e novas oportunidades de mercado. Colaborando com isso, as universidades são criadoras, receptoras e intérpretes de tecnologia, inovação e ideias e são fontes de capital humano funcionando como componente chave para a infraestrutura social, do desenvolvimento sustentável e do fortalecimento do capital social.

Corroborando com o exposto, Lester e Piore (2006) enfatizam o papel das universidades como motores do desenvolvimento econômico em economias locais. As universidades são

geradoras de atração de novos investimentos, do setor financeiro, de novos setores indústrias e empresarial diverso que podem se instalar em determinada região devido a presença de uma grande universidade geradora de capital humano qualificado e novas e modificadas ideias. Um ponto importante de enraizamento destes negócios e investimento está no fato da grande imobilidade das instituições de ensino, ou seja, as universidades são importantes para o desenvolvimento dos setores econômicos citados e esses sabem que as universidades estão comprometidas com as economias locais a longo prazo.

Apesar desse argumento percebe-se que em SNI de países desenvolvidos, as universidades trabalham e recebem investimentos de empresas privadas em atividades estritamente vinculadas aos ramos industriais. As estações de experimentação agrícola nos Estados Unidos foram uma importante fonte de novas tecnologias para os agricultores e para uma ampla gama de indústrias de processamentos de produtos agrícolas. Países com desenvolvido setor farmacêutico, como a Alemanha, tendem a ter relações estreitas com as empresas do setor, em setores eletrônicos como no Japão e Taiwan. Entretanto, mesmo quando tratamos de um dos principais agentes de desenvolvimento de um SNI, a atuação das universidades varia muito de país para país.

Segundo Rosenberg (2000) e Rosenberg e Nelson (1993), as universidades americanas diferem substancialmente das universidades europeias (como na Alemanha e na Itália) por serem altamente descentralizadas, mas intensamente conectadas e fortemente competitiva. A maioria das universidades europeias apresentam um agente ou organismo que centraliza toda a estrutura e tomada de decisões de todo o sistema educacional (como Ministério da Educação), que determina o salário dos professores universitários e impõe uma uniformidade nacional na estrutura salarial. Assim, a concorrência e a competitividade na busca por melhores salários são estritamente limitadas, além disso, o governo toma as decisões sobre orçamento, compromisso, promoções e todos os requisitos de graduação. No caso das universidades americanas existe um elevado grau de autonomia na resolução de seus próprios problemas e na construção de seus pontos fortes e suas aspirações futuras.

Enquanto muitas universidades americanas ou escolas preparatórias religiosas seguiram o exemplo de países europeus (*Harvard e Yale*, por exemplo), a grande maioria das universidades seguiram e escolheram suas missões, focos e estilos conforme as necessidades do ambiente local onde seriam instaladas. Em consequência, a atividade primária das universidades foi o estímulo amplo de prestação, aprendizado e treinamento de uma ampla gama de profissionais. Um exemplo prático ocorreu na universidade Akron, localizada no

estado de Ohio, gerando pessoal qualificado para a indústria da borracha e, posteriormente, no campo da química de polímeros. Outro na universidade de Wisconsin em 1890 com a indústria de laticínios, com a elaboração do teste de *Babcock* para a verificação de adulteração do leite. Na universidade de Illinois para os ramos da indústria que absorvam profissionais das áreas de engenharia arquitetônica, engenharia cerâmica, engenharia de mineração, engenharia sanitária, engenharia ferroviária, engenharia elétrica e engenharia ferroviária mecânica.

As universidades americanas competem pelos melhores alunos, os professores competem pelos financiamentos de pesquisa, as universidades competem entre si pelos aportes financeiros de diversas empresas privadas. Como citado anteriormente, as universidades direcionam seus esforços em atividades correlatas ao setor industrial predominante em cada país, no caso americano diversos setores foram privilegiados (ROSENBERG e NELSON (1993, pg. 45), podendo citar:

- 1) A Energia Elétrica – A emergência e o surgimento do curso de Engenharia Elétrica foram acelerados em contraponto ao surgimento das primeiras indústrias emergentes do setor elétrico, como a *General Electric* e a *Westinghouse* (1882). No mesmo ano o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) introduziu seu primeiro curso de Engenharia Elétrica vinculado ao curso de Física. Ao passar dos anos, as escolas americanas de engenharia forneceriam a liderança em Engenharia e Ciência e a pesquisa aplicada. Durante a Segunda Guerra Mundial, a universidade de Stanford desenvolveu e concedeu ao governo americano os mais avançados equipamentos de rádio da época.
- 2) A Engenharia Química – O primeiro curso de Engenharia Química também iniciou no MIT. A disciplina pode ser considerada como um corpo de conhecimento que veio desempenhar um importante papel na base intelectual para a inovação no período, principalmente no refino do petróleo (central na difusão da indústria de automóveis) e todos os produtos intermediários da indústria petroquímica (plásticos, fibra sintética e borracha sintética). O conhecimento gerado e difundido foi ampliado para os mais diversos setores, como: motores a vapor, máquinas e ferramentas, eletricidade, transistores e computadores.
- 3) A Engenharia Aeronáutica – A pesquisa aeronáutica americana ficou, inicialmente, a cargo de Institutos de Tecnologia da Califórnia, *Stanford* e *MIT*. As experiências desenvolvidas nos métodos de pesquisa em Stanford desenvolveram contribuições importantes para o amadurecimento da indústria de aeronaves americanas nos de

1930, O DC3, maior avião de transporte comercial já construído, foi o um exemplo do sucesso no desenvolvimento do setor.

- 4) Ciência e Engenharia da Computação – Como ponto de destaque na incorporação dessas duas disciplinas, foi a criação do primeiro computador totalmente operacional, o *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC) elaborado e construído no Moore Escola de Engenharia Elétrica da universidade da Pensilvânia no período de 1943-1946.

Apesar da importante integração e interação entre as universidades e o setor empresarial e industrial, as universidades não devem apenas desempenhar o papel em gerar novos produtos e novos processos em parceria para a indústria. Segundo Rosenberg e Nelson (1993), as universidades, assim como citado anteriormente, são fundamentais na elaboração e no treinamento de uma infinidade de disciplinas (Ciência e Engenharia) e profissionais que se formaram e continuaram a trabalhar no setor industrial. As universidades realizam, também, as pesquisas que levaram a teorias, conceitos, métodos e dados que são uteis para o desenvolvimento de novos produtos e processos para a indústria.

2.3 A importância da mudança tecnológica e da capacidade inovativa na dinâmica de formação dos SNI

O avanço tecnológico tem sido a principal força de desenvolvimento dos países industrializados sendo responsável por grande parte do aumento da produtividade desses países (KIM e NELSON, 2005). A formação de um ambiente que propicie e estimule o desenvolvimento, a cooperação e as interações entre os agentes e a criação e difusão de inovações tecnológicas são essenciais para o desenvolvimento econômico das nações. Os autores salientam, também, que o processo de desenvolvimento industrial constitui em um procedimento de obtenção de significativas de aptidões tecnológicas, que são traduzidas em produtos e processos novos no contexto de contínuas mudança tecnológica.

No livro “Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente”, países como Coréia do Sul, Taiwan, Cingapura e Hong Kong mudaram rapidamente de economias pobres e tecnologicamente atrasadas para em economias

afluentes e relativamente modernas (KIM e NELSON, 2005). Para os autores, o rápido processo de industrialização dessas economias foi originário de um processo de imitação (engenharia reversa de tecnologias estrangeiras já existentes). Vale lembrar, que esse processo de imitação não significa necessariamente um processo ilegal, podendo ser legal não envolvendo violações de patentes, por exemplo. Entretanto, esse processo de imitação duplicativa (segundo definição dos autores) constitui uma estratégia importante no procedimento de industrialização inicial dessas economias.

Entretanto, segundo os autores, somente esse passo inicial não é suficiente para que o processo de industrialização iniciado sofra avanços consideráveis. O segundo passo seria a adoção de uma estratégia de imitação criativa em que o produto imitado traria novas características de desempenho (diferenciação) do original. Essa modalidade de engenharia reversa trazem consigo uma série de atividades e habilidades correlatas que possuem a capacidade de se transformar em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Esses países de industrialização recente, apresentam em suas indústrias (semicondutores, biotecnologia e eletrônica) ampliação das suas atividades de P&D, transformando-as de imitadores duplicativos em imitadores criativos e, após, em inovadores.

Até os anos de 1961, a economia da Coreia do Sul possui um Produto Nacional Bruto per capita (PNB) inferior ao Sudão e apenas um terço do PNB do México de acordo com (Kim, 2005). Entretanto, um rápido e acelerado desenvolvimento nos anos seguintes elevou a taxa média de crescimento do país para 9% ao ano, passando o PNB per capita de 87 dólares em 1962 para 8.483 mil dólares em 1994 (cerca de dezoito vezes maior que o Sudão e mais que o dobro do México). A participação do setor industrial no Produto Interno Bruto (PIB) passou de 9% em 1953 para 27% em 1994, bem como, impulsionado pela elevada participação da indústria pesada que no mesmo período passou de 21% para 73,1% de participação do setor industrial. Todo esse dinamismo no crescimento econômico coreano é marcado por um processo de mudança tecnológica que melhora aceleradamente a produtividade e promove o desenvolvimento de novos produtos, novos processos e novos ramos de atividades (KIM, 2005).

A rápida industrialização que passou a Coreia do Sul pode ser atribuída, mais especificamente, a mudança tecnológica em seus ramos de atividades que resultou em um acúmulo de aptidões tecnológicas ao longo do tempo (KIM, 2010). As aptidões tecnológicas seriam a capacidade de fazer uso efetivo do conhecimento tecnológico nas tentativas de assimilar, utilizar, adaptar e mudar tecnologias vigentes no mundo, bem como, incluem a

criação de novas tecnologias e o desenvolvimento de outros produtos e processos em respostas subsequentes às mudanças do ambiente econômico.

Essas aptidões compreendem três elementos básico: a produção, o investimento e a inovação (KIM 2005). A aptidão produtiva refere-se à capacidade de operação e manutenção das instalações de produção, incluem também, as aptidões necessárias garantir operação uma operação eficiente dentro dos parâmetros da tecnologia original mantendo a capacidade de consertar e manter funcionando os bens de capitais existentes, assim como, corresponde a capacidade de adequar e melhorar a tecnologia de produção existente. Já as aptidões de investir dizem respeito às aptidões necessárias para o aumento da capacidade e o estabelecimento de novas instalações de produção, além de referir-se a medir a viabilidade econômica do projeto e as habilidades na área de engenharia (básica e específica) de projetos para o gerenciamento, administração e supervisão das atividades envolvidas para a execução do projeto (compras, coordenação e supervisão de fornecedores de *hardware*, empreiteiras de construção, incorporação de bens de capital, dentre outros). E, por último, a aptidão de inovar consiste nas capacidades de criar e levar a frente novas possibilidades tecnológicas através da prática econômica, refere-se, também, a pesquisa básica para a geração de novos conhecimentos, a pesquisa aplicada para gera conhecimento com implicações comerciais e o desenvolvimento para transformar o conhecimento técnico e científico em novos produtos, processos e serviços.

Esses processos de aptidões e aprendizado tecnológico bem-sucedido somente pode ser explicado por um efetivo sistema nacional de inovação (KIM, 2005; KIM e NELSON, 2005). O sucesso coreano não pode ser explicado apenas por um ou dois fatores, mas sim por um ambiente interativo e complexo de instituições formais e informais que possibilitem a incorporação de uma variedade de programas públicos capazes de criar um ambiente econômico propício à entrada sem obstáculos de tecnologias estrangeiras redutoras dos custos do aprendizado tecnológico e que seja suficientemente competitiva para forçar as empresas a acelerarem seu aprendizado. O SNI deve dar origem a um processo de interação produtiva entre os programas de governo e o setor privado, como também, entre fornecedores e compradores. O autor destaca, também, que os fatores socioculturais são primordiais nesse processo e que as regras sociais e morais e as tradições e costumes que moldam hábitos e rotinas num processo de aprendizado interativo são tão importantes quantos as instituições formais (regras, leis, agências governamentais, bancos e sistemas de apoio técnico).

O SNI coreano apresentou como forças impulsionadoras do seu dinamismo os seguintes importantes acontecimentos e instituições que possibilitaram a rápida mudança tecnológica

(KIM, 2005, KIM, 2010):

- 1) A guerra da Coreia que transformou a sociedade coreana – Apesar de provocar uma grande retração da economia coreana, a guerra da Coreia de 1950 a 1953 transformou a uma rígida sociedade de classes numa sociedade mais flexível e menos classista.
- 2) O governo forte que dirigiu e facilitou o desenvolvimento industrial – O governo dirigiu a economia e forneceu os meios e políticas voltadas para facilitar o aprendizado tecnológico, como a política de liberalização financeira e comercial, políticas industriais (como a promoção da indústria química e pesada), Incentivos e promoção para a criação dos *Chaebol*,
- 3) Os grandes conglomerados (*Chaebols*) – a versão coreana dos *zaibatsu* japoneses, os *chaebols* eram empreendimento familiares que possibilitaram o notável crescimento e desenvolvimento econômico. As mais conhecidas são: *Samsung, Hyundai, LG, Daewoo, Ssangyong e Sunkyong*.
- 4) Os trabalhadores coreanos (Capital Humano) – Os *Chaebols* empregam trabalhadores qualificados e dedicados que impulsionaram os motores da indústria coreana.
- 5) A estratégia voltada para as exportações – Mesmo com o processo de substituição de importação, a estratégia de industrialização voltada para o exterior.
- 6) Construção de crises – O governo coreano deliberadamente impôs crises a empresas forçando a adotar metas ambiciosas que possibilitassem promover o aprendizado tecnológico de forma mais acelerada e dinâmica.

Confirmando esse posicionamento, o processo de mudança tecnológica em países em desenvolvimento com industrialização recente envolve, dentre outros fatores, o aperfeiçoamento de aptidões e capacidades tecnológicas, mas do que as inovações na fronteira da tecnologia (LALL, 2005). Essas capacidades e aptidões tecnológicas são habilidades, experiência e esforço que permitem que as empresas nacionais possam adquirir, aperfeiçoar e criar tecnologias com eficiência. Essas habilidades, segundo a autora, trata-se de um sistema de inovação que inclui as externalidades e sinergias geradas pelos processos de aprendizado, pelo estilo de se fazer negócios, pelo conhecimento e habilidades existentes nas instituições do país.

O papel dos governos, da base de capital humano, dos investimentos diretos estrangeiros e das atividades de P&D são fundamentais para se entender o rápido crescimento e desenvolvimento desses sistemas de inovação (LALL, 2005). Os governos nacionais intervieram tanto seletiva quanto funcionalmente no processo de promoção do desenvolvimento tecnológico desses sistemas de inovação, desde um planejamento indiscriminado e uma substituição geral de importação até medidas seletivas para orientar e desenvolver mercados. Sobre a base de capital humano, todos os países intervieram para garantir que o processo educacional (áreas técnicas) estaria ligado a focar seus esforços estritamente ligados aos objetivos estabelecidos pelos governos. O treinamento industrial foi incentivado por subsídios às empresas com considerável investimento em instituições de recrutamento e treinamento governamental. O investimento direto estrangeiro desempenhou papel diferentes nesses países, Cingapura e China possuem as maiores participações em termos de investimento interno bruto, e Índia e Coréia do Sul possuem baixo dinamismo na dependência aos investimentos estrangeiros.

Outra importante variável citada como primordial para a construção e desenvolvimentos dos SNI é a capacidade inovativa de cada país (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993). Segundo os autores, a capacidade inovativa de um país pode ser medida como o estoque de todo o conhecimento inventivo disponível, portanto é um indicador de invenção e uma medida significativa do potencial de inovação. Quanto maior for a capacidade inovadora de um sistema de inovação maior será a facilidade na promoção de maior eficiência econômica e produtividade, assim como, maior surgimento de novas atividades e ocupações com renda mais elevada e aprimorando a competitividade internacional para as exportações do país. Os autores também sustentam que uma maior capacidade inovativa possui maior impacto dos avanços tecnológico e de inovação ultrapassam a produção industrial, impactando positivamente a agricultura e o setor de serviços.

A capacidade inovadora de um país é a competência de uma nação em produzir e comercializar um fluxo de tecnologia inovadora ao longo prazo (FURMAN, PORTER E STERN, 2001). Para os autores, essa capacidade inovativa não surge de maneira espontânea, pelo contrário, surge do comprometimento e esforço contínuo e de investimento de vários atores centrais. Essa capacidade depende da sofisticação técnica e da força de trabalho de cada nação, refletem os investimentos, políticas e comportamentos do setor privado, bem como, envolve o governo que concede e incentiva o desenvolvimento em P&D e a produtividade das empresas em P&D.

3 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO: DETERMINANTE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE MENSURAÇÃO

Esse capítulo trará a discussão e análise acerca das principais variáveis de mensuração na literatura sobre Sistema Nacional de Inovação (SNI). O Capítulo abordará de início a mensuração dos SNI nos aspectos gerais realizado por instituições internacionais com expertise sobre o assunto. Em seguida, será analisado a origem, desenvolvimento e amadurecimentos dos principais SNI estudados pela literatura: Os SNI dos Estados unidos, China, Alemanha e Japão. E, por fim, as variáveis determinantes de análise do desenvolvimento desses SNI.

3.1 Mensurando um Sistema Nacional de Inovação (SNI)

Um bom exemplo do processo de mensuração e organização é o *European Innovation Scoreboard (EIS)*². O EIS é um estudo anual que fornece uma avaliação comparativa do desempenho da pesquisa e inovação dos Estados membros da União Europeia e de países terceiros selecionados, evidenciando pontos fracos e fortes de suas pesquisas e de seu sistema de inovação, além de classificar e ranquear os grupos de países em Líderes em Inovação, Fortes em Inovação, Inovadores Moderados e Modestos em Inovação. Sua metodologia baseia-se na construção de um Indicador de Inovação Resumido (IIR), que por sua vez, é construído tendo quatro grandes blocos de variáveis: 1) Condições Estruturais; 2) Investimentos; 3) Atividade de Inovação e 4) Impacto. Esses grandes grupos de variáveis é apresentam 10 subgrupos que compõem as variáveis propriamente ditas (Tabela 1).

Além dessa gama de variáveis, o EIS inclui também uma análise contextual adicional sobre o impacto das diferenças estruturais de cada país analisado (EIS, 2020). Segundo o EIS estas variáveis estruturais são importantes para visualizações iniciais sobre a dinâmica do processo de inovação e aprimoramento do complexo que circunda o sistema nacional de inovação de cada país. Nesta análise são incluídos mais quatro grandes blocos de variáveis: 1) Desempenho e a estrutura da Economia; 2) Negócios e Empreendedorismo; 3) Governança e a estrutura da política e 4) Demografia, que apresenta mais 21 indicadores para a análise (Tabela 2).

² O relatório existe desde 2001.

Tabela 1 - Variáveis para a elaboração do IIR do European Innovation Scoreboard (EIS)

1) CONDIÇÕES ESTRUTURAIS	3) ATIVIDADES INOVATIVAS
1.1) Recursos Humanos	3.1) Inovadores
1.1.1) Novos graduados com doutorado	3.1.1) Pequenas e Médias Empresas (PMEs) com inovação em produto e processo
1.1.2) População de 25 a 34 anos no ensino superior	3.1.2) Pequenas e Médias Empresas (PMEs) com inovação organizacional ou marketing
1.1.3) Formação Contínua	3.1.3) Pequenas e Médias Empresas (PMEs) que inovam internamente
1.2) Sistema de Pesquisa Atraente	3.2) Ligações
1.2.1) Publicações científicas internacional	3.2.1) Pequenas e Médias Empresas (PMEs) inovadoras que colaboram
1.2.2) 10% de publicações mais citadas	3.2.1) Co publicações público-privada
1.2.3) Alunos estrangeiros de doutorado	3.2.3) Cofinanciamento privado de despesas públicas de P&D
1.3) Ambiente amigável de Inovação	3.3) Ativos Intelectuais
1.3.1) Penetração da banda larga	3.3.1) Pedidos de Patentes (PCT)
1.3.2) Empreendedorismo impulsionado por oportunidades	3.3.2) Pedidos de Marcas Registradas
	3.3.3) Aplicação de design
2) INVESTIMENTOS	4) IMPACTO
2.1 Finanças e Suporte	4.1) Impacto no emprego
2.1.1) Dispendios em P&D do setor público	4.1.1) Empregos em atividades intensiva e conhecimento
2.1.2) Despesas de capital de risco	4.1.2) Empregos em empresas de rápido crescimento de setores inovadores
2.2) Investimento da Firma	4.2) Impacto nas Vendas
2.2.1) Dispendios em P&D do setor empresarial	4.2.1) Exportação de produtos de média e alta tecnologia
2.2.2) Despesas com inovação não-P&D	4.2.2) Exportação de serviços intensivo em conhecimento
2.2.3) Empresas que fornecem treinamento para desenvolver ou atualizar as habilidades do pessoal de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	4.2.3) Vendas de inovações de produtos novos para o mercado e/ou para as empresas

Fonte: *European Innovation Scoreboard (2020)*.

Seguindo a classificação proposta para análise, para os resultados de 2020, o relatório dividiu os grupos de países analisados em:

- O primeiro grupo de Líderes de Inovação inclui 5 Estados Membros onde o desempenho é superior a 125% da média da UE. O Líderes de inovação são Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo, o Holanda e Suécia.
- O segundo grupo de Fortes Inovadores inclui 7 membros Estados com desempenho entre 95% e 125% da EU média. Áustria, Bélgica, Estônia, França, Alemanha, Irlanda e Portugal é um forte inovador.
- O terceiro grupo de inovadores moderados inclui 13 membros Estados onde o desempenho está entre 50% e 95% do em média. Croácia, Chipre, Tcheca, Grécia,

Hungria, Itália, Letônia, Lituânia, Malta, Polônia, Eslováquia, Eslovênia e Espanha pertencem a esse grupo.

➤ O quarto grupo de Inovadores Modestos inclui dois membros Estados que apresentam um nível de desempenho inferior a 50% da média da UE. Este grupo inclui Bulgária e Romênia.

Tabela 2 - Variáveis contextuais adicionais do European Innovation Scoreboard

VARIÁVEIS	PERÍODO	FONTE
DESEMPENHO E ESTRUTURA DA ECONOMIA		
PIB per capita	Média 2016-2019	Eurostat
Crescimento médio anual do PIB (%)	2017-2019	Eurostat
Participação do emprego na indústria de transformação (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Participação do emprego na indústria de transformação (%) dos quais em média e alta tecnologia (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Participação do emprego no setor de serviço (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Participação do emprego no setor de serviço de alta tecnologia (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Volume de negócios Pequenas e Médias Empresas (PMEs) (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Volume de negócios grandes empresas (%)	Média 2016-2019	Eurostat
Empresas controladas por estrangeiros - participação no valor agregado (%)	Média 2016-2019	Eurostat
NEGÓCIOS E EMPREENDEDORISMO		
Abertura de empresas (+ 10 funcionários) (%)	Média 2015-2018	Eurostat
Atividade de empreendedorismo total (%)	Média 2015-2018	Global Enterprise Monitor
Entrada Líquida de Investimento Externo Direto (IED)	Média 2015-2018	World Bank
Principais empresas com gastos em P&D	Média 2015-2018	EU Industrial
Sofisticação do comprador	Média 2015-2018	World Economic Forum
GOVERNANÇA E ESTRUTURA POLÍTICA		
Facilidade em iniciar um negócio	Média 2015-2018	World Bank
Empreendedorismo na escola básica	Média 2015-2018	Global Enterprise Monitor
Aquisição de produtos com tecnologia avançada	Média 2015-2018	World Economic Forum
Estado do direito	Média 2015-2018	World Bank
DEMOGRAFIA		
Tamanho da população (Milhões)	Média 2015-2018	Eurostat
Crescimento anual médio da população (%)	2015-2018	Eurostat
Densidade Populacional	Média 2016-2018	Eurostat

Fonte: *European Innovation Scoreboard (2020)*.

Outro importante relatório de investigação relativa à avaliação de ciência, tecnologia, e sistemas de inovação é o *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard (STIS)*. O STIS é um painel de indicadores que se baseia nos mais recentes dados para descobrir pontos fortes e fracos sobre ciência, tecnologia, indústria e sistemas de inovação dos países pertencentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e outros países

selecionados. Também busca examinar os atuais desafios para superar os efeitos das recentes crises financeiras e econômicas e melhorar o bem-estar das sociedades (STIS, 2018). Além disso, o objetivo do painel não é classificar os países ou desenvolver indicadores compostos. Em vez disso, seu objetivo é fornecer aos formuladores de políticas e analistas os meios para comparar as economias com outras de tamanho semelhante ou com uma estrutura semelhante e monitorar o progresso em direção ao desejado de metas políticas nacionais ou supranacionais. Baseia-se nos esforços da OCDE para construir uma infraestrutura de dados para conectar atores, resultados e impactos, e destaca o potencial e os limites de certas métricas, bem como indicando direções para trabalhos futuros.

De maneira geral, a metodologia de análise dos indicadores divide-se em cinco grandes grupos temáticos, que priorizam os seguintes componentes de abordagem:

- **Investimentos em conhecimento, talento e habilidades** - Examina os ativos de conhecimento que muitas empresas e os governos veem como fontes atuais e futuras de crescimento sustentável de longo prazo. Fornece métricas experimentais de capital baseado em conhecimento, como treinamento formal e no trabalho e ativos organizacionais, tanto no setor privado como no setor público.
- **Conexões ao Conhecimento** - Ajuda a informar o debate político com um conjunto de métricas sobre a variedade e natureza dos mecanismos de difusão do conhecimento. Apresenta indicadores no âmbito internacional como mobilidade de indivíduos altamente qualificados, incluindo estudantes e cientistas, o impacto da colaboração (com base em citações de patentes), vínculos ciência-tecnologia (com base em citações de literatura não patentária em documentos de patentes) e colaboração entre empresas em inovação processos, dentre outros.
- **Desbloqueio da inovação nas empresas** - Explora o dinamismo do setor empresarial e a estrutura condições cruciais para a inovação. Ele examina pacotes de propriedade intelectual com foco nas empresas uso conjunto de patentes, marcas e desenhos industriais para proteger suas inovações. Novos dados em projetos registrados fornecem informações sobre as abordagens dos países para proteger a criatividade e um nova técnica é proposta para ajudar a rastrear áreas de produtos caracterizadas por criativos emergentes Atividades. Novas estimativas de incentivos fiscais de P&D são combinadas com financiamento direto de P&D para fornecem um quadro mais completo dos esforços do governo para promover P&D de negócios.
- **Competição na economia global** - Investiga como os países buscam construir seus pontos fortes e até que ponto as economias são bem-sucedidas na integração e especialização ao longo

da cadeia de valores globais. Avalia, também, indicadores de especialização em P&D, vantagens tecnológicas e pontos fortes relativos, bem como as características das empresas inovadoras e seu uso de novas tecnologias em processos de negócios.

- **Empoderamento da sociedade com Ciência e Tecnologia** - Concentra na participação de cidadãos nos processos inovadores, o grau de sofisticação da demanda e prontidão para aceitar e reconhecer o potencial da ciência e da tecnologia. Um conjunto de indicadores-chave examina acesso dos indivíduos e uso de tecnologias desde tenra idade, o nível de sofisticação de usuários e seu papel como e-consumidores e e-cidadãos. Outro conjunto de indicadores explora o suporte para inovação para enfrentar grandes desafios, como saúde e meio ambiente, em relação às lideranças no desenvolvimento de novas tecnologias nessas áreas. 3.2 Estudo sobre outros SNI.

Esquemáticamente, e para melhor compreensão e esclarecimento de como esses grandes grupos temáticos são analisados pelo *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard (STIS)*, segue na Tabela 3 o quadro de cada indicador e as variáveis utilizadas para as análises adotados pelo painel³. Utilizando as informações levantadas pela *Community innovation Survey (CIS)*, os países do Reino Unido realizam um *survey* próprio para analisar e pontuar pontos fracos e fortes dos seus sistemas de inovação intitulado de *UK Innovation Survey (UKIS)*. Como complementação, O UKIS realiza a aplicação de questionários eletrônicos com as empresas dos países membros levantando informações sobre os motores e barreiras ao processo inovativo e é financiado pelo *Department for Business, Energy and Industrial Strategy* e realizado pelo *Office for National Statistics* do Reino Unido com assistência do Departamento de Empresas, comércio e investimento da Irlanda do Norte. A amostra para o ano de 2019 (cobrindo o período de 2016-2018), foi de 30.942 empresas com 45% de respostas ao questionário. Metodologicamente, o indicador é dividido em (UKIS, 2019):

1) **Nível e tipo de inovação** - Os tipos e níveis de inovação variam amplamente de acordo com o tamanho da organização e localização, enquanto os negócios investimento e sua finalidade podem variar de acordo com as escolhas de negócios individuais no contexto de setor

³ As variáveis finas foram suprimidas. De acordo com o painel (2017), o número de variáveis analisadas é de 150.

e tipo de inovação. As principais variáveis utilizadas são: porcentagem de empresas engajadas em inovação por atividade e tamanho, Despesas com inovação por área de emprego.

Tabela 3 - Esquema de distribuição dos grandes eixos e das variáveis utilizadas no STIS.

TEMÁTICAS	VARIÁVEIS UTILIZADAS
1) INVESTIMENTOS EM CONHECIMENTO, TALENTOS E HABILIDADES	1.1) Investimento em Conhecimento 1.2) Ensino superior e pesquisa básica 1.3) Ciência e Engenharia 1.4) Título de doutores 1.5) Pesquisadores 1.6) Excelência em pesquisa 1.7) Capital Organizacional 1.8) Treinamento específico nas empresas 1.9) Intangíveis do setor público 1.10) Habilidades na economia digital
2) CONEXÕES AO CONHECIMENTO	2.1) Mobilidade internacional de indivíduos altamente qualificados 2.2) Ciência em movimento 2.3) Excelência em colaboração científica 2.4) Acesso aberto à pesquisa 2.5) Pesquisas além fronteiras 2.6) Links de ciência e tecnologia 2.7) Invenções além da fronteira 2.8) Mercados internacionais de conhecimento 2.9) Inovação aberta 2.10) Colaboração em inovação
3) DESBLOQUEAMENTO DA INOVAÇÃO NA EMPRESA	3.1) P&D de negócios 3.2) Principais jogadores em P&D 3.2) Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e inovação 3.3) Modos mistos de inovação 3.4) Inovação nova no mercado 3.5) Pacote protocolo de internet (IP) 3.6) Projetos registrados 3.7) Incentivos fiscais em P&D 3.8) Demanda e suporte para inovação 3.9) Ambiente político para inovação
4) COMPETIÇÃO NA ECONOMIA GLOBAL	4.1) P&D em negócios 4.2) Captação e-business 4.3) Dinâmica de iniciação 4.4) Criação em design 4.5) Vantagem tecnológica 4.6) Participação na cadeia de valores globais 4.7) Comércio e emprego 4.8) Links serviço-manufatura 4.9) Indústria na cadeia de valores globais 4.10) Padrões de consumo globais
5) EMPODERAMENTO DA SOCIEDADE COM CIÊNCIA E TECNOLOGIA	5.1) Habilitando a conectividade 5.2) Dispositivo e aplicativos online 5.3) Nativos usuais 5.4) Usuários de internet 5.5) Sofisticação de usuário 5.6) E-consumidores além da fronteira 5.7) Uso do e-governo 5.8) P&D para desafios sociais 5.9) Habilitando tecnologia 5.10) Percepção pública de ciência e tecnologia

Fonte: OECD Science, Technology and Industry Scoreboard (STIS), 2017.

2) **Suporte a inovação e a colaboração** - O desenvolvimento de inovações de qualquer tipo pode ser um processo complexo e as empresas podem decidir trabalhar em conjunto com outras empresas e buscar acesso a fontes de aconselhamento e informações para ajudar no processo criativo. Esta seção explora os tipos de colaboradores que as empresas trabalham com quem e onde eles procuram apoio. As principais variáveis usadas são: 1) percentagem de empresas por tipo de cooperação (parceria com fornecedores, com universidades, com clientes, parceria com outras empresas do grupo, parcerias com o governo ou com institutos de pesquisas); 2) percentagem de empresas ativas em inovação com usando várias fontes de informação (com a empresa ou com empresas do grupo, com clientes dos setores público e privado).

3) **Características e resultados da inovação** - O envolvimento com a inovação varia entre diferentes tipos de setores e o tipo de inovação pode variar de acordo com o setor, em particular, se as empresas fornecem produtos ou serviços. As variáveis medidas aqui são: 1) percentagem de empresas ativas por setor de atividade (empresas nas indústrias do ramo de produção e construção em geral, indústria de distribuição e serviços, fabricação de equipamentos elétricos e ópticos e a fabricação de equipamentos de transporte), 2) Resultados da inovação e performance organizacional.

4) **Geografia da Inovação** - Esta seção investiga as variações no envolvimento com a inovação em um nível espacial. As análises realizadas nos survey anteriores mostraram que as empresas com alto padrão de inovação estão distribuídas de maneira relativamente uniforme em todo o Reino Unido e nas regiões inglesas e não estão concentrados em locais específicos. As variáveis aqui analisadas são: 1) percentagem de empresas inovativas ativas por país e 2) percentagem de empresas inovativas por regiões inglesas.

5) **Fatores que impulsionam a inovação** – Existem várias motivações para as empresas se envolverem em formas amplas de inovação, que podem estar relacionados às estratégias de negócios das empresas para melhorar a qualidade, reduzir custos ou diversificar sua gama de produtos e serviços. Mudanças nessas motivações podem variar ao longo do tempo, refletindo a evolução do ambiente externo e das condições de mercado. A variável analisada está ligada a fatores de inovação (por contribuição ao ato de inovar): melhoria na qualidade do produto, substituição de serviços desatualizados, dentre outros.

6) **Barreiras à inovação** - Pesquisas anteriores mostraram que as barreiras percebidas à inovação parecem ter pouca relação com desempenho empresarial, ao focar em negócios altamente inovadores. É importante comparar e acompanhar as percepções de barreiras à inovação entre empresas inovadoras e não inovadoras ao longo do tempo. As variáveis de interesse são: 1) barreiras potenciais a inovação (fatores de custo – disponibilidade financeira, custo de inovação muito alto), 2) falta de pessoal qualificado, 3) risco econômico excessivo, dentre outros.

7) **Habilidades para inovar** - As habilidades da força de trabalho para criar e implementar novos produtos, serviços, práticas e processos são componentes essenciais para a introdução de inovações. As variáveis de interesse são: 1) percentual de funcionários com diploma ou no ensino superior, 2) percentual de formados em ciências ou engenharia, 3) percentual de formados em ciências ou engenharia por região.

A partir de agora, dando continuidade ao que foi exposto no início desse capítulo, segue em breve descrição dos SNI dos principais países analisados como mais dinâmicos na literatura sobre o assunto.

3.2 Breve descrição da origem e desenvolvimento de SNI em Nações Desenvolvidas

Esse tópico fará uma descrição da origem e desenvolvimento dos SNI em países desenvolvidos. O objetivo será de expor a origem, o processo de construção e as principais políticas e agentes envolvidos no processo de criação e fortalecimentos dos sistemas de inovação analisados. Os SNI analisados serão: Estados Unidos, Alemanha, Japão e China.

3.2.1 Estados Unidos

3.2.1.1 Origem do SNI americano

Segundo Mowery e Rosenberg (1993) de um modo geral, ao se analisar a origem e a formação do Sistema Nacional de Inovação dos Estados Unidos, um traço marcante de sua construção foi vislumbrar a dimensão e a grande escala a qual foi desenvolvido. Um bom exemplo dessa magnitude é o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nacional pós segunda guerra mundial que era maior que todo o somatório das nações que compõem a OCDE. Os autores destacam ainda, que existiam três setores-chaves para o desenvolvimento do SNI: a Indústria, universidades e o governo federal americano. Entretanto, cada um desses agentes teve importância maior ou menor, historicamente falando, de acordo com a formação,

desenvolvimento e consolidação do SNI americano e que atualmente, o papel destes atores e suas importâncias mudaram como o passar do tempo.

No que se refere a formação e desenvolvimento do SNI dos Estados Unidos podemos dividir a análise em dois períodos distintos: um anterior e outro posterior a Segunda Grande Guerra Mundial (MOWERY e ROSENBERG, 1993). No período anterior a 1945, a expansão da economia americana e a combinação de inovações em transporte, comunicação e tecnologia foram as principais responsáveis pelo acelerado aparecimento e evolução de grandes manufaturas⁴ (produção de máquinas leves e outros dispositivos mecânicos) por todo o país, com destaque para aspectos teóricos e experimentais de Frederick Taylor e práticos com Henry Ford. Entretanto, essas configurações apresentam-se com baixo nível de investimento em treinamento e nas habilidades dos trabalhadores o que possibilitou o impedimento das empresas americanas em adotar novas tecnologias e melhorias dos produtos e processos existentes. Vale lembrar, que no início do Século XX o processo de pesquisa industrial era liderado quase exclusivamente pela indústria química com destaque para a empresa de produtos químicos *Du Pont*.

A partir disso, a principal mudança estrutural incluindo os investimentos industriais nessas grandes fábricas foram impulsionadas principalmente pela política antitruste americana. A lei de *Sherman* de 1890 e a lei antitruste de Clayton (1914), frearam o processo de cartelização, fusões e monopólios que ocorriam aceleradamente naquele período, o que possibilitou maciços investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação e, também, o aparecimento dos primeiros laboratórios de pesquisas dentro das grandes manufaturas existentes na época, principalmente como o meio mais eficaz de fugir das leis anti-cartelização e assegurar, e até mesmo, ampliar o poder de mercado já estabelecido (MOWERY e ROSENBERG, 1993; ATKINSON, 2014). Neste período, erguiam-se as bases para o desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação americano e sua ampliação no pós-guerra.

O período após a Segunda Grande Guerra mundial transformou significativamente o SNI americano, principalmente pela participação do governo federal no sistema de P&D nacional e pelos elevados investimentos militares (MOWERY e ROSENBERG, 1993; ATKINSON, 2014; MOWERY, 1996). Com a entrada dos Estados Unidos na Guerra em 1941, os investimentos governamentais de P&D cresceram assustadoramente, assim como os gastos em defesa norte-americana⁵ que se consolidaram com a abertura do *Office of Scientific*

⁴ Para mais detalhes verificar Mowery e Rosenberg (1993).

⁵ Passaram de 29,6 milhões de dólares em 1940 para 423,6 milhões em 1945.

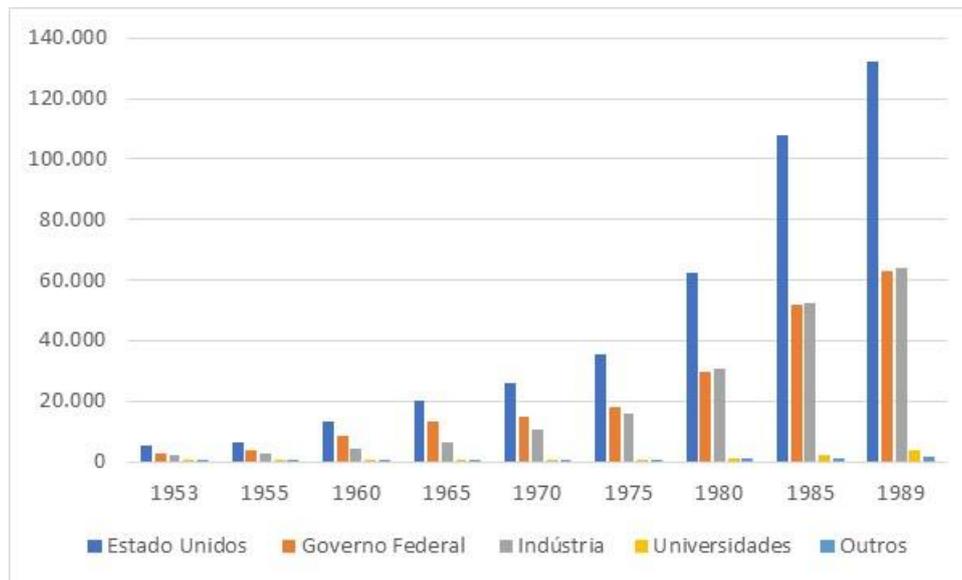
Research and Development (OSRD), uma agência criada para a pesquisa científica para fins militares que dependiam diretamente de assistência de pesquisa universitária (com destaque para o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e, posteriormente, com a criação do Projeto *Mannathan*, um programa de pesquisa e desenvolvimento, também, ligado diretamente para a produção de inovação ligada a guerra. Esses programas alavancaram a capacidade de pesquisa do setor privado e ampliaram a participação das universidades com a participação da comunidade científica na recomendação e orientação dos programas de desenvolvimento militares, com investimentos do governo federal (Figura 2).

Na indústria de semicondutores, importante protagonista na mudança técnica e na transformação industrial americana, os investimentos militares tiveram grande participação (MOWERY e ROSENBERG, 1993; DOSI, 2006). Em meados de 1950 até o final de 1960, a partir da grande necessidade de aquisição de produtos eletrônicos para o setor de defesa como também para a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) o governo norte-americano destinou uma grande parte dos recursos para esse setor. Entretanto, percebe-se que a distribuição do orçamento federal para P&D era altamente concentrado, como quase 80% do total no período destinado apenas para dois setores: aeronaves e mísseis (50%) e maquinários elétricos (25%).

O sistema financeiro privado americano também desempenhou um importante papel na formação e no amadurecimento do SNI americano (MOWERY e ROSENBERG, 1993; ATKINSON, 2014). Em três grandes setores empresarial (semicondutores, microeletrônica e biotecnologia), principalmente em empresas jovens, o mercado de crédito de alto risco foi o principal financiador. Segundo os autores, na década de 1970 cerca 100 a 200 milhões de dólares foram destinados para o financiamento dessas empresas e em 1980 os investimentos passaram de 2 bilhões de dólares.

Figura 1 - Fonte dos fundos para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) por setor – 1953 a 1989

(Valores em Milhões de dólares)



Fonte: MOWERY e ROSENBERG (1993), a partir de dados do *National Science Foundation*.

Com o passar dos anos a participação e expansão da pesquisa em instituto de ensino superior aumentou gradativamente, principalmente pelo aumento na destinação do financiamento do governo federal (MOWERY, 1996). Segundo o autor, os investimentos federais nos institutos passaram de 420 milhões em 1935 para 2 bilhões em 1960 e para 8,5 bilhões de dólares em 1985. Essa maciça destinação de recursos transformou importantes universidades americanas (com destaque para o MIT, Stanford e Columbia) em centro de pesquisas científicas, principalmente na melhoria da infraestrutura universitária, na contratação de pessoal e na compra de uma série de maquinário e equipamentos para a diversificação e ampliação de laboratórios e centros de pesquisa.

Mowery (1996) também destaca que em contraste estrutural e em comparação a outros SNI, a importância de novas empresas na comercialização de novas tecnologias dentro da economia norte americana. Pequenas empresas *startup* desenvolveram um papel significativo no desenvolvimento e difusão de microeletrônica, hardwares e softwares de computadores, biotecnologia e robótica, principalmente depois da segunda guerra mundial, principalmente com a intensa participação das universidades como geradora e incubadora de pequenas empresas de tecnologia.

Segundo Atkinson (2014), no final da década de 1970 com o surgimento de grandes desafios de competitividade internacional, com destaque para Japão e Alemanha, os Estados Unidos concentraram ainda mais suas políticas na promoção de tecnologia e inovação.

Primeiramente como Jimmy Carter em 1976 e, posteriormente, com os governos Reagan e Bush I e o congresso americano com a formulação de diversas políticas de incentivos como (Lei *Stevenson-Wydle*, a Lei *Bayh-Dole*, a Lei Nacional de Transferência de Tecnologia e a Lei de comércio e competitividade Omnibus e, também, outra infinidade de pequenos programas e premiações, como: Pesquisa de Inovação de Pequenos Negócios, o Serviço Nacional de Informações Técnicas, a companhia de investimento em Pequenos negócios e, também, muitos institutos como o Centro de Ciência e Tecnologia e Pesquisa de Engenharia da Fundação de Ciência (FSC), Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST). Todo esse arcabouço institucional de novos empreendimentos de pesquisa colaborativa, incluindo o Centro Nacional de Ciência e Tecnologia e Pesquisa de Engenharia da Fundação de Ciência (NSF) e o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST).

3.2.1.2 Indicadores para a mensuração do SNI americano

O sistema nacional de inovação dos Estados Unidos inclui não apenas instituições realizando P&D e o nível e fontes de financiamentos ligados ao P&D, mas também, políticas importantes como a política antitrustes, de direito de propriedade intelectual e políticas reguladoras diversas que afetam diretamente o desenvolvimento tecnológico, o treinamento de engenheiros e cientistas e a adoção de tecnologias, além de instituições do ensino superior e a corporações financeiras (MOWERY, 2011). Entretanto, podem existir metodologias que apresentem estruturas de análise um pouco diferenciada, mas que apresentam no seu interior as mesmas abordagens dos agentes e fatores levantadas anteriormente (ATKINSON, 2014).

Segundo Mowery (2011) A estrutura básica de um SNI é resultado conjunto de processos históricos institucionais complexos que são afetados diretamente pelas políticas públicas e outras influências. Além disso, o seu desempenho depende em parte das ações e decisões das empresas privadas que podem reforçar ou mitigar os efeitos de políticas governamentais. Mais especificamente, Mowery (2011) destaca que a diferença básica do SNI americano para outros SNI de economias industriais no pós-guerra está em três elementos básicos: 1) Política antitruste que estimulou investimentos empresariais em P&D; 2) Pequenas e novas firmas que desempenharam papel importante na comercialização de novas tecnologias e 3) Financiamento governamental de P&D relacionado a defesa gerou uma influência generalizada em outras instituições.

Um dos primeiros artigos a utilizar o conceito, comparar e classificar os sistemas nacionais de inovação foi o de Patel e Pavitt (1994). Segundo os atores, um sistema nacional

de inovação seria um conjunto de instituições nacionais e suas estruturas de incentivos e suas competências, que determinam a taxa e a direção do aprendizado tecnológico de um país. Conseqüentemente, Patel e Pavitt (1994) destacam que as instituições que formam um SNI e com destaque para o SNI americano são: 1) Empresas - Existem dados sobre as atividades de P&D de empresas comerciais e dados de patentes concedidas nos Estados Unidos; 2) Universidade e institutos - Utilizam dados sobre insumos de P&D e resultado na forma de números de artigos publicados e de citações, bem como dados sobre a qualificação da população em comparações internacionais; 3) Instituições de ensino (dados sobre a qualificação); 4) Incentivos governamentais. Empiricamente as variáveis de cada bloco de análise podem ser resumidas no esquema ilustrativo abaixo (Tabela 4).

Tabela 4 - Variáveis utilizadas para classificar os SNI por Patel e Pavitt (1994)

Instituições	Variáveis	Unidade	Fonte
Empresas	Participação no P&D Industrial	(% PIB)	OCDE
	Número de patentes licenciadas	Unidade	<i>US patents e Trademark Office</i>
	Vantagem tecnológica revelada por setor industrial	Índice	<i>US patents e Trademark Office</i>
	Nacionalidade das patentes por setor industrial	Nação	<i>US patents e Trademark Office</i>
Universidade	Pesquisa Básica (citações por artigo científico)	Média	OCDE
	Pesquisa Básica (negócios Financiados em P&D)	(% PIB)	OCDE
Instituto de Ensino	Qualificação da mão de obra	Nível	OCDE
Governo	Dispêndios governamentais em P&D	(% PIB)	OCDE

Fonte: Elaboração própria

No mesmo artigo, os autores analisam o SNI de um grupo de países (OCDE) e destacam para observação e classificação sistemas já maduros: Japão, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos no período de 1960 a 1990. As comparações revelaram uma diversidade de em estágios de desenvolvimento econômico e tecnológico ou uma diversidade em áreas de especialização científica e tecnológica nacional. Segundo os autores, essas diversidades estruturais podem ser oriundas de um processo de “falha institucional”. Nesta estrutura, os países podem ser classificados em SNI míopes (Estados Unidos e Reino Unido) e SNI dinâmicos (Alemanha e Japão) e essas diferenças podem ser bem entendidas através da análise de três instituições distintas:

- 1) **Sistema Financeiro subjacente á atividade empresarial:** Na Alemanha e no Japão (SNI Dinâmicos) estas empresas buscam desempenho em longo prazo;
- 2) **Método de Gestão** – Em especial as grandes empresas de setores intensivos em P&D. No Reino Unido e nos Estados Unidos (SNI míopes) o poder é empregado na competência financeira em detrimento da competência técnica, o que leva a um mecanismo de incentivo e controle imediatista e de curto prazo, o que acaba desestimulando a pesquisa avançada (PATEL E PAVITT, 1994).
- 3) **Sistema Educacional para a formação da força de trabalho** – Os SNI alemão e japonês fornecem uma aprendizagem cumulativa e uma base sólida, diferente de Reino Unido e Estados Unidos.

Melaas e Zang (2016) destacam que as políticas públicas e privadas são aspectos que permitem diferenciar o estilo de desenvolvimento de cada SNI estudado. Apesar do amplo apoio de ambos os governos na geração e no desenvolvimento dos SNI, o governo chinês se apresenta como a única fonte de financiamento de P&D, basicamente devido à falta de um mercado de capitais privado maduro, enquanto os americanos possuem um grande leque de financiadores e são o grande estimuladores da pesquisa básica em universidades e institutos (MELAAS e ZANG, 2016). De acordo com os autores, o foco de desenvolvimento do SNI chinês está na inovação nos processos de produção enquanto o americano se destaca na geração de novas tecnologias.

Ainda segundo Melaas e Zang (2016), os SNI podem ser melhor estudados principalmente destacando três principais fatores de análise: 1) Atividades do setor público e privado; 2) Atividade de pesquisa básica e aplicada e 3) Objetivos e resultados da Inovação. No que se refere a participação dos setores público e privado, os autores destacam que o nível de atividade do setor público é influenciado pela distribuição do poder político entre os níveis de governo e a atividade do setor privado é amplamente determinada pelo peso da atividade de P&D nos diferentes setores da economia e pela disponibilidade de financiamento de mercado de capitais. Com relação a atividade de pesquisa básica e avançada Melaas e Zang (2016), relatam que o problema fundamental está na velocidade de geração de retorno esperado pelos investimentos, enquanto a pesquisa básica é guiada pela investigação científica e, geralmente, não consegue gerar resultados acelerados, a pesquisa avançada é motivada pelo lucro e responde a demanda de curto prazo da indústria. E, por último, objetivo e resultados da inovação podem moldar um sistema de inovação somente se ele é prioritário na elaboração de produtos novos ou se se preocupa em gerar e aperfeiçoar processos diferenciados. Resumidamente, esse

enquadramento, diferenciação e similaridades na análise entre Estado Unidos e China pode ser mais bem visualizado na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Similaridades e Diferenças entre os SNI americano e chinês

Variável	Estados Unidos	China
Atividades do setor público e privado	<p># Governado por um sistema político federal, que tende a favorecer um nível limitado de apoio direto do setor público à inovação por causa de um tradicional pressuposto de que o setor privado fará as melhores escolhas para alocar P&D investimentos.</p> <p># Mercados de capital privado altamente desenvolvidos desempenham um papel crucial na formação do mercado nacional dos EUA sistema de inovação, dando suporte tanto a pequenos empresários quanto a grandes firmas estabelecidas.</p>	<p># A política pública chinesa é definida por uma condução altamente centralizada sistema sob controle de uma única parte. Devido à instabilidade política na China em toda a primeira metade do século 20, o país foi incapaz de desenvolver uma abordagem estratégica às políticas públicas de apoio à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico</p> <p># Uma rede integrada de empresas privadas realiza a maior parte da P&D da China. Em 2015, empresas privadas foram responsáveis por três quartos dos investimentos em P&D, totalizando US \$ 211 bilhões. No entanto, a maior parte desta atividade é focada em pesquisa aplicada e imitação ou reprodução de inovações estrangeiras,</p>
Atividades de Pesquisa básica e aplicada	<p># Universidades públicas e laboratórios governamentais desempenham um papel proeminente na geração de conhecimento por meio do fornecimento de infraestrutura de pesquisa e treinamento futuro gerações de pesquisadores</p> <p># Atores da indústria focados na comercialização de novos produtos tendem a se concentrar em pesquisa aplicada que incorpora design de curto.</p>	<p># A pesquisa básica era tradicionalmente conduzida na Academia Chinesa de Ciências (CAS) e por universidades de grande porte, enquanto os institutos de pesquisa públicos tradicionalmente realizam P&D aplicado tarefas, ao lado de uma série de universidades especializadas.</p>
Objetivos e resultados da inovação	<p># Nas últimas décadas, a discussão em torno a inovação nos Estados Unidos tem se concentrado cada vez mais nas primeiras etapas de pesquisa e desenvolvimento, e tem havido relativamente menos atenção dada à manufatura como um componente integral do ecossistema de inovação</p> <p># Concentração na inovação em produto.</p>	<p># A China tem sido particularmente bem-sucedida em aumentar o volume de produção através da integração de processos avançados que aumentam a eficiência e a redução de custos.</p> <p># Concentração na inovação de processos.</p>

Fonte: Elaboração própria com informações de Melaas e Zang (2016).

3.2.2 Alemanha

3.2.2.1 Breve Descrição da Origem do SNI alemão

De acordo com Keck (1994), a análise histórica de criação e consolidação do SNI alemão é um caso dos mais especiais em análise. Primeiro, depois da Segunda Guerra Mundial o país foi dividido em dois estados: a República Federal da Alemanha (ocidente) e a República Democrática Alemã (Leste) - a parte oriental adotou as instituições políticas e econômicas da

parte ocidental com inclusão as relativas à tecnologia e à ciência, enquanto a parte Leste ficou com uma economia planificada e um sistema político socialista autoritário (KECK, 1994). O segundo fator está ligado ao processo acelerado e dinâmico de exportações, em 1988 a Alemanha Ocidental exportou o mesmo valor que os Estados Unidos (320 bilhões de dólares) e mais que o Japão (265 bilhões de dólares). O terceiro fator diz respeito a formação de instituições imprescindíveis para a formação de qualquer SNI: Universidades voltadas para a pesquisa e no avanço do conhecimento científico e a base científica das empresas com laboratórios de P&D interno separado da produção. Segundo Keck (1994), estas instituições foram emuladas e deram direcionamento para a formação do SNI em outros países.

No aspecto histórico a Alemanha, dentre os estados europeus, o país era o retardatário tanto em termos políticos quanto em termos econômicos (KECK, 1994). Inúmeros conflitos e guerras devastaram o território alemão entre a Guerra dos Trinta Anos até as Guerras Napoleônicas (1815), o que deterioraram os estados nação e deixou o processo de unificação enfraquecido. Em 1834, a Prússia juntamente com outros estados alemães formou uma união aduaneira e em 1871 ocorreu a união política dos estados. Nesse momento, o governo federal ficou responsável pela coordenação da política externa e de aspectos militares enquanto o sistema educacional estaria com jurisdição dos estados federais.

Segundo Kerk (1994), no início do século XIX, a Alemanha voltava-se para o exterior, principalmente para a Grã-Bretanha e Bélgica, a procura de novas tecnologias e pessoal qualificado para trazer tecnologia avançadas para as suas indústrias. Neste momento, o que se verifica em outras nações era aspectos protecionista de defesa as indústrias nascentes e, também, ao pessoal qualificado (LIST, 1856; KERK, 1994). O governo central teve importante papel na compra de maquinário estrangeiro, no incentivo financeiro aos trabalhadores da indústria de outras nações e, também, na aquisição das primeiras máquinas a vapor e a primeira locomotiva importada da Grã-Bretanha. A partir disso, com a construção de estradas e canais, com o incentivo a construção de inúmeras ferrovias e a criação de um serviço público competente e com o financiamento pelo governo na consolidação do sistema de educação, pesquisa em tecnologia, ciência e negócios impulsionaram a criação de um país forte e os primeiros passos em direção a um sistema de inovação robusto (KERK, 1994).

Nos anos seguintes e até o início do século XX, importantes instituições foram fundamentais no avanço e na consolidação do país e no desenvolvimento do SNI: A indústria, o sistema educacional e as organizações de pesquisa especializadas, com destaque para as universidades (KERK, 1994). Trataremos de cada uma a seguir:

- 1) A Indústria - Historicamente em 1866, a Associação da Indústria de Açúcar de

Beterraba (AIAB) fundou um laboratório químico que pode ser considerado o primeiro instituto de pesquisa privado industrial do país, nesse momento a primeira indústria de base científica na Alemanha foi a ligada a produção de açúcar da beterraba, principal produto exportador da época. Em 1903, o laboratório foi filiado a Faculdade Agrícola (Berlim) e financiado em conjunto pelo governo e pela indústria (KERK, 1994).

A origem da indústria farmacêutica é oriunda de institutos farmacêuticos privados que foram paulatinamente sendo transformados em firmas químico-farmacêuticas, muitas delas receberam os nomes de seus gerentes fundadores com destaque para Heinrich Emanuel Merck (Merck & Co., virou subsidiária americana em 1899). De acordo com Kerk (1994), os avanços no setor são provas do papel primordial do desenvolvimento avançado na pesquisa médica e biológica nas universidades alemãs. Em 1913, a Alemanha era a maior exportadora de produtos farmacêuticos com 30,3% das exportações mundiais, muito à frente da Grã-Bretanha (21,3%), Estados Unidos (13%) e França (11,9%). Empresas do setor têxtil como BASF, Hoechst⁶ e Bayer passaram a ser as maiores empresas do setor químico até os dias atuais.

3.2.2.2 Indicadores para a mensuração do SNI alemão

Segundo Drejer (2010), a estrutura de interdependência interindustrial tecnológica de muitos SNI apresenta distinções importantes. Como o Reino Unido iniciou sua de industrialização pelas áreas elétricas e mecânicas, o processo de desenvolvimento inovativo estava largamente presente na mudança revolucionária nas técnicas de energia e de transformação material, na organização da produção e em transporte (ferrovia e navios a vapor). O SNI japonês por outro lado, logo após o Pós-Guerra, se concentrou em semicondutores, componentes eletrônicos, equipamentos de computação, equipamentos de transporte e máquinas relacionadas, eletrônica em geral e aço e produtos metálicos (ODAGIRI e GOTO, 1994). O SNI Alemão iniciou seu processo de crescimento e industrialização com a formação de uma grande indústria química, até hoje a presença do setor apresentasse preponderantemente com um “*driver*” de tecnologia (DREJER, 2010). Essa fonte de tecnologia geral é a principal propulsora na difusão de tecnologia para os demais setores industriais da economia, como a indústria de papel, alimentos, têxteis, máquinas elétricas e não-elétricas, bem como para o setor automotivo.

⁶ Com a fusão com a Rhône- Poulenc em 1999, a empresa passou a se chamar Aventis. Em 2004, com a fusão da Aventis com a Sanofi-Synthelabo passou a se chamar Sanofi-Aventis, 6ª maior empresa do mundo no setor farmacêutico (FORBES, 2015).

De maneira geral, O SNI alemão está focado em indústrias de média alta tecnologia e possui participações de exportação extremamente altas com destaque para empresas como Volkswagen, BMW, Bayer, Basf e Daimler, esse SNI pode ser dividido em três grandes grupos principais (HOMMES, MATTES e TRIEBE (2011, pg. 12):

1) **O sistema político governamental** - O Sistema político tem alta prioridade no incentivo a pesquisa, ciência e tecnologia e é composto por duas principais instituições: O Ministério da Educação e Pesquisa (*Bundesministerium für Bildung und Forschung* ou BMBF) que se concentra na criação e design de programas de pesquisa e em acordos entre universidades, outros institutos de pesquisa e as empresas e o Ministério da Economia e Tecnologia (*Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie* ou BMWi) que concentrasse em políticas voltadas para as pequenas e microempresas (PMEs) e o lançamento comercial de inovações;

2) **O grupo intermediário** que inclui as organizações de gerenciamento e financiamento de projetos – Canaliza uma parte substancial do financiamento público além de desempenhar papel importante no SNI alemão, fazem parte deste grupo: a Fundação Alemã de Pesquisa (*Deutsche Forschungs-gemeinschaft* ou DFG), a Federação Alemã de Associações de Pesquisa Cooperativa Industrial (AIG/IGF), Fundação *Volkswagem*, Fundação *Thyssen*, Fundação Robert Bosch, Associação de Doadores para a Ciência alemã (*Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft* ou SDW) e a fundação de Pesquisa Industrial (*Stiftung Industrieforschung* ou SI).

3) **O setor de pesquisa** - composto por instituições público e privadas que realizam P&D e do sistema industrial realizando atividades de P&D e introduzindo inovações no mercado. Este setor apresenta três atores principais: 1) As empresas privadas – grande parte das atividades de P&D e inovação são realizadas por elas, seja internamente ou por cooperação com outras empresas e com instituições públicas de pesquisa; 2) Universidades – É um dos principais pilares do SNI (415 universidades) e 3) Instituições de pesquisa não-universitária, como destaque para Sociedade Max Planck (pesquisa básica), a Sociedade *Fraunhofer* (pesquisa aplicada e desenvolvimento), a Associação *Helmholtz* (pesquisa nuclear), a Sociedade Leibniz (diversas atividades). Esse conjunto de atores ou instituições e seus processos de cooperação, interação e aprendizado formam um dos mais bem maduros e consolidados SNI entre os países desenvolvidos.

De acordo Hommes, Mattes e Triebe (2011), os SNI da Alemanha e dos Estados Unidos apresentam diferenças marcantes. O SNI alemão é focado em indústrias de média e alta tecnologia, mas apresenta como importante pilar as pequenas e médias empresas tecnológicas

(*Mittelstand*) que se destacam em inovações incrementais e apresentam-se como líderes em pequenos nichos, enquanto o SNI americano é concentrado em serviços intensivos em conhecimento e indústrias de alta tecnologia, com serviços de Tecnologia da Informação (TI) e biotecnologia, além de expressiva competitividade com as *startups* e as *spinoffs*, muitas das vezes se concentrando em inovações radicais e a abertura de mercados novos. No SNI alemão existe o vínculo a um setor de pesquisa não-universitário com estreito vínculo dinâmico com o setor industrial, já no SNI americano as instituições e os laboratórios federais são importantes impulsionadores de talentos e de inovação.

Além destas características, os autores utilizam para analisar os dois SNI uma composição de indicadores limitados às instituições-chaves e às organizações para a política de ciência e tecnologia, a estrutura econômica e o desempenho inovativo e as políticas de pesquisa e inovação de cada país. No primeiro indicador é realizada uma breve análise de histórica e atual das instituições que moldaram o processo de industrialização e desenvolvimento de cada país, são utilizadas para efeito comparativo neste tópico: as despesas internas brutas em P&D, gastos com P&D das empresas e gastos com P&D das universidades. No segundo indicador, é destacado as diferenças e similaridades nas variáveis econômicas e no desempenho da indústria, são utilizados indicadores como: Percentual de participação da indústria no PIB, exportações de produtos de média e alta tecnologia, clima de negócios, produtividades, dentre outros. O terceiro indicador está relacionado à análise das políticas de pesquisa e inovação atuais, procurando pontos fortes e fracos para a dinamização do sistema nacional de inovação de cada nação. Esta metodologia de análise dos SNI procura nas instituições o processo de consolidação e aperfeiçoamento dos SNI estudados.

Ainda seguindo a diversidade de metodologias de análise e comparação dos SNI, Jiang e Zhang (2018), realizaram um estudo comparativo das instituições de três grandes SNI internacionais. Os autores buscam responder as seguintes argumentações: Por que esses países com diferentes arranjos institucionais todos se tornaram países inovadores? e quais são as políticas de inovação nas diferentes instituições?. Segundo os autores, as instituições possuem um papel determinante nos custos, ritmos, mecanismos e direções do processo de inovação e, também, essas instituições moldam o processo de desenvolvimento dos SNI analisados, mas em cada país ou SNI essas instituições apresentam-se com atitudes e mecanismo de implementação diferenciados e com resultados de desenvolvimento também distintos, mas com resultados econômicos e sociais extremamente positivos.

Ainda segundo Jiang e Zhang (2018), as instituições capazes de diferenciar, mostrar similaridades e limites para os SNI são: 1) a relação de cooperação governo-empresa, 2) a

relação de trabalho e 3) a estrutura do mercado de capitais existente. A relação governo-empresa busca refletir a extensão da intervenção governamental nas atividades econômicas das empresas. A relação de trabalho envolve o sistema de emprego de um país e o sistema de recompensa por desempenho no sistema de emprego. A organização do mercado de trabalho está relacionada as fontes de capitais financeiros investidos nas empresas. No caso específico do SNI alemão, há uma sobreposição entre competição de mercado e igualdade social, o governo garante igualdade social por forte redistribuição de receitas em vez de intervir nas atividades econômicas das empresas, mas ainda a uma forte distância entre a relação governo-empresas. As relações de trabalho são altamente inflexíveis com forte participação dos sindicatos e do governo nas negociações com as empresas. O mercado de capitais é desregulamentado, mas o sistema de tomada de decisões empresas que envolve participantes como bancos e acionistas determinam um especial modelo de financiamento empresarial. O SNI americano apresenta diferenças marcantes nestas três instituições (JIANG e ZHANG, 2018).

No mesmo sentido ao observado no texto de Jiang e Zhang (2018), Gordon (2019), o autor destaca o papel de outra grande instituição no processo de desenvolvimento, o Estado como grande estimulador do processo inovativos nos dois países analisados utilizando o referencial teórico os sistemas nacionais de inovação. Em ambos os SNI, o governo desempenha uma participação ativa e direcionada no estímulo a atividade inovativa e na consolidação dos seus sistemas de inovação, apesar de estratégias diferenciadas de atuação. No SNI americano, os gastos em P&D governamental para a geração de conhecimento endógeno foram de 144 bilhões de dólares em 2017 em diversas áreas como saúde, setor espacial, defesa (56% de aumento desde 1999) e energia. Esse investimento é concentrado especificamente em pesquisa aplicada e desenvolvimento o que mostrado o foco em ações para a melhoria do processo de inovação e a capacidade inovativas das empresas, apesar das empresas serem a principais investidoras em P&D (MOWERY, 2010). Em contraste, o SNI alemão apresenta um conglomerado de instituições governamentais e privadas para o desenvolvimento em ciência, tecnologia e inovação, com destaque para o *Industrial Research Association* (AIF) e o *The Fraunhofer Society Society*. De maneira geral, o sistema alemão foi desenvolvimento estruturado para criar um emaranhado e sofisticado complexo de instituições que auxiliam nas áreas científicas e tecnológicas de desenvolvimento do país (GORDON, 2019).

3.2.3 Japão

3.2.3.1 Breve Descrição da Origem do SNI japonês

A inauguração de um governo não-feudal após a Restauração *Meiji* de 1868 (Era Meiji de 1868-1911) foi o marco central no processo de industrialização e no surgimento das primeiras instituições que formariam o sistema de inovação japonês (ODAGIRI e GOTO, 1994). Neste período, o governo iniciou um esforço organizado de modernização do país, incluindo a disponibilização de infraestrutura para transporte, comunicação, serviços públicos, educação e finanças. De modo geral, o governo japonês se apoderou do processo de difusão de tecnologias estrangeiras seja na transferência de informações escritas (livros, papéis e desenho), pessoas (contratação de estrangeiros e envio de estudantes japoneses ao exterior), bens (importação de máquinas) e capitais (investimento estrangeiro direto). Esse processo de empoderamento foi marcante no processo de formação educação japonês, com a contratação de inúmeros profissionais estrangeiros para todas as áreas, principalmente como consultores. De acordo com os autores, o processo de desenvolvimento tecnológico e industrial japonês pode ser entendido tendo em mente duas principais estratégias: 1) o Suporte estratégico governamental e 2) Importação de tecnologia estrangeira. Todavia, apesar da engenharia reversa, o processo de aprimoramento e melhoramento desta tecnologia ocorreria com esforço interno de P&D dentro das firmas.

Após dois anos do estabelecimento do Imperador Meiji, foi criado o primeiro ministério que criaria os primeiros moldes do processo de abertura ao ocidente e, também para o processo de industrialização japonês, o Ministério da Indústria (*Kôbushô*) – muita das vezes traduzido como Ministério da Construção ou Engenharia (DREJER, 2010 e ODAGIRI e GOTO, 1994). A criação do ministério impulsionou o processo de industrialização através de um programa de importações de tecnologia ocidental avançada, bem como na contratação de estrangeiros para a absorção de aprendizado e de conhecimento.

O período foi extremamente marcado pelo desenvolvimento do setor educacional. O foco da Era Meiji estava na educação primária obrigatória e estabelecimento de um sistema nacional de educação. No período, foi contratado um consultor americano, D. *Murray* que estruturou a dinâmica do sistema de educação, à medida que os avanços foram sentidos, a influência do consultor foi sendo diluída e a educação nacionalista foi mais tarde enfatizada em todo o país.

O processo de exportação e absorção do aprendizado e conhecimento de outras nações foi destaque na incorporação de um sistema de ensino superior moderno, principalmente nas áreas de tecnologia e engenharia. Diversos professores e consultores britânicos, holandeses,

franceses e alemães foram contratados formaram os primeiros alicerces do colégio de Engenharia, posteriormente, foram substituídos por japoneses formados em outras universidades da Europa. Em 1886, o colégio foi fundido e tornou-se o Departamento de Engenharia da Universidade Imperial (mais tarde se transformaria na Universidade de Tóquio). O projeto foi extremamente bem-sucedido e os primeiros formandos foram rapidamente absorvidos pelas principais manufaturas do país.

Com o sistema educacional bem estruturado, o período foi marcado por um processo acelerado de modernização do país, nos anos de 1870 a 1880, o governo iniciou um processo acelerado de construção de fábricas em setores estratégicos como mineração, ferrovias, construção naval, máquinas e têxteis (ODAGIRI e GOTO, 1994). Esse processo acelerado de industrialização mostrou claramente o papel desempenhado pela política adotada no período, principalmente no setor militar com a preocupação de ameaças de colonização de alguns territórios japoneses pela Rússia e outros países. A construção do estaleiro de *Kure* em 1907 foi a maior operação a englobar diferentes setores industriais, com destaque para a construção naval, veículos, máquinas em geral e ferramentas e peças, foram utilizados cerca de 21 mil funcionários. A empresa privada *Mitsubishi's Estaleiro de Nagasaki* se destacou dentro as demais com 10 mil funcionários, cujo cliente principal era a marinha japonesa.

A produção militar no período seguia ocupando uma parcela significativa da economia japonesa, principalmente devido ao processo de colonização russa e de outros países. O governo japonês reteve inúmeras plantas industriais militares como a construção naval, aeronaves, munições e aço, e em serviços públicos, incluindo telecomunicações. Essas plantas militares eram centros dinâmicos de desenvolvimento tecnológico, principalmente com a contratação de máquinas e pessoal (engenheiros) vindos do exterior. Essa tecnologia foi posteriormente repassada ao setor privado (ODAGIRI e GOTO, 1994).

A economia começou a crescer e após cerca de duas décadas de Restauração, o PIB mais que dobrou no período de 1885 a 1914 (ODAGIRI e GOTO, 1994). Esse intenso crescimento foi liderado pela acelerada substituição da indústria de processamento de alimentos e têxteis por uma indústria pesada intensiva em tecnologia (metal, maquinário e química). Durante as primeiras quatro décadas do século XX, essas indústrias cresceram a uma taxa anual de 10% enquanto a demais crescia 6% em média.

O rápido crescimento japonês foi expressivo durante todo o período Meiji. Muitas empresas de máquina, químico e aço e outras indústrias pesadas já estruturadas com o surgimento de outras em meados da década de 1900, dinamizavam a economia do país. Além disso, a base científica e de engenharia e o sistema educacional tinham se expandido

aceleradamente e a criação de inúmeros institutos de pesquisas básica e laboratórios industriais foram criados. As indústrias sentiram uma forte necessidade de atualize sua capacidade científica e tecnológica para acomodar o crescimento da tecnologia. indústrias baseadas (DREJER, 2010). A Primeira Grande Guerra Mundial acelerou essa tendência, convencendo o setor militar da importância dos investimentos em alta tecnologia e da participação do setor privado em contribuir com a defesa nacional.

A Primeira Guerra Mundial acelerou essa tendência, convencendo os militares da importância da alta tecnologia e da capacidade do setor privado de contribuir à defesa nacional. Além disso, a importação de equipamentos e intermediários bens tornou-se difícil durante a guerra, dando ao setor privado um incentivo para produzir anteriormente importados equipamentos avançados e materiais no mercado interno, como máquinas-ferramentas, vários produtos químicos, alumínio e aço. Este fato melhorou ainda mais a necessidade de tecnologia avançada. Várias instituições nacionais de pesquisas foram fundadas, com destaque para o Instituto de Física e Química (1917), o Instituto de Pesquisa Elétrico (1918) e o Instituto de Pesquisa Industrial (1920), além de outros institutos de pesquisa em agricultura, combustíveis, mineração, geografia, aviões, dentre outros.

As empresas privadas também iniciaram seus investimentos em laboratórios próprios de P&D. Em 1923, havia 162 laboratórios privados de P&D afiliados a empresas, cooperativas e fundações privadas (DREJER, 1994 e ODAGIRI e GOTO, 1994). Deste total, 71 eram laboratórios de química (Farmacêutico, corantes, tintas, borracha, cimento, cerâmica e papel), 27 eram de metais e máquinas e 24 n setor de alimentos. Entre as grandes empresas podemos destacar a *Shibaura Seisakusho e Tokyo Denki* (que mais tarde se tornaria a *Toshiba*), a *Mitsubishi Shipbuilding (Mitsubishi Heavy Industries)* e a *Nippon Kokan*, empresa siderúrgica e naval (agora NKK). Neste período, houve intensa evolução na abertura e consolidação de grandes conglomerados indústrias, principalmente seguindo os investimentos vultosos do setor militar japonês.

De um modo geral, a entrada do Japão na Primeira Grande Guerra Mundial trouxe muitos avanços para a economia e para a indústria japonesa, mas o período entre a entrada e os pós Segunda Grande Guerra Mundial foi devastador para a economia e para a população japonesa. O índice de produção da indústria manufatureira em 1946 caiu 26% e o fornecimento de alimentos caiu 51%. Muitas plantas e equipamentos industriais foram destruídos por bombardeios ou levados pelas Forças Aliadas, além das milhares de vidas perdidas. Entretanto de acordo com Odagiri e Goto (1994), cerca de um terço da capacidade produtiva das indústrias pesadas foram deixados intactas, o que possibilitou junto com uma série de medidas

econômicas, o retorno ao desenvolvimento gerado no período anterior.

Segundo os autores citados, essa nova fase de reorganização seguiu a mesma estratégia lógica da Era Meiji: 1) Incentivos a importação de tecnologias avançadas de outros países e 2) Produção de uma base tecnológica doméstica (ODAGIRI e GOTO, 1994). O governo direcionou seus investimentos diretamente nas empresas capazes de adaptar e aperfeiçoar as tecnologias importadas e concentrou todo o poder de coordenação estratégica da indústria nas mãos do Ministério do Comércio Internacional e Indústria (MITI). Em 1988, os investimentos japoneses em tecnologia importada superaram o da França, Alemanha e Reino Unido, devido a estas medidas, a produção manufatureira japonesa recuperou o nível de pico pré-guerra em 5 anos (DREJER, 2010). Logo, o milagre do crescimento acelerado nos pós Segunda Grande Guerra pode ser melhor entendido pelas bases industriais, educacionais e econômicas já estabelecidas antes do período de guerra, principalmente no período de Restauração Meiji.

No período entre 1970 e 1980, as empresas japonesas aumentaram consideravelmente sua participação no mercado de exportação mundial. Dois fatores são prioritários na explicação desta tendência: a alta taxa de investimento em P&D e no desenvolvimento de novas plantas e equipamentos aprimorados. Os gastos com P&D japoneses saltaram de 7,2% em 1965 para 19,8% em 1986 e os investimentos em plantas e equipamentos superou a dos Estados Unidos no mesmo período. Essa intensidade em P&D foi altamente concentrado em indústrias civis com destaque para a indústria eletrônica que obtiveram enorme destaque na geração de patentes, superando os americanos (FREEMAN, 1995). De acordo com a Figura, podemos observar a dinâmicas e interrelações existentes dentro setores industriais japoneses.

De acordo com Odagiri e Goto (1994), o processo de reorganização e reerguimento do processo de industrialização japoneses foi altamente liderado por três ramos do setor industrial do país: Ferro e aço, equipamentos elétricos e de comunicação e automóveis. Apesar da grande participação no crescimento destes setores advindo das importações de tecnologia estrangeiras, o desenvolvimento e o aprimoramento desses processos tecnológicos eram realizados internamente à indústria. Com isso, grandes empresas foram estabelecidas com destaque para a *Yawata Steel Works* (Ferro e aço), *Toshiba*, *Hitachi*, *Mitsubichi Eletrics* (setor elétrico) e *Mitsubishi*, *Kawazaki*, *Toyota*, *Mazda* e *Nissan* (setor automotivo).

3.2.3.2 Indicadores para a mensuração do SNI japonês

De acordo com Freeman (1993) ao analisar as diferenças básicas existentes entre a comparação no padrão de surgimento e de consolidação entre o SNI japonês e o SNI nos países

da América Latina, o autor utiliza como variável chave das análises os investimentos domésticos com P&D, bem como toda a estrutura que irão impulsionar o SNI. , o SNI japonês expandiu o sistema de ensino universalmente com destaque para o ensino superior com o direcionamento na formação de engenheiros, importou tecnologia e combinou com mudança técnica de iniciativas locais com aumento rápido em P&D, investimento pesado em infraestrutura avançada de telecomunicações, crescimento rápido na indústria de eletrônicos priorizando o setor exportador e participação relevante da indústria na participação e nos gastos em P&D (normalmente acima de 50% de todos os gastos). Essas diferenças são marcantes para entendermos as prioridades e o direcionamento dos investimentos no desenvolvimento de um ambiente que propicie o envolvimento de agentes públicos e privados na geração e na visualização futura de um processo de desenvolvimento tecnológico maduro.

Segundo o autor, no início de 1950 e 1960, o sucesso japonês era estritamente atribuído ao processo de cópia, imitação e importação de tecnologia estrangeira. Esse argumento foi desfeito à medida que os produtos e processos japoneses superaram o desempenho americano e europeu. Esse processo dinâmico de evolução tecnológica, agora, pode ser explicado pela intensidade em P&D, principalmente no setor eletrônico. Entretanto, apenas aumentar os investimentos e P&D não seriam capazes de garantir o sucesso tecnológico esperado, como o exemplo da União Soviética.

Freeman (1993) ao analisar e comparar o SNI japonês e o soviético encontrou direcionamento expressivo nos gastos em P&D que não foram capazes de impulsionar o desenvolvimento soviético. De acordo com o autor, apesar do SNI soviético apresentar quase o dobro dos gastos domésticos de P&D com relação ao PIB (4%) do Japão, outras variáveis comprometeram substancialmente o desenvolvimento do SNI, tais como: Baixa proporção e financiamento de P&D ao nível das empresas (<10%), exposição fraca a competição internacional, investimentos em P&D direcionados ao setor militar e espacial com pouco ou nenhum impacto significativo a economia civil, ligação fraca ou inexistente entre marketing, produção e compra, desestímulo a muitos incentivos à inovação realizados em 1960 e 1970 e separação em P&D, produção e importação de tecnologia com ligação institucional fraca.

De maneira geral, assim como apontado por Edquist (1997), Freeman (1987), concentrasse sua análise para o SNI japonês analisando quatro elementos básicos: 1) O papel do Ministério da Indústria e Comércio Internacional (MITI), 2) O papel da P&D empresarial, principalmente com relação a tecnologia importada, 3) O papel da educação e a formação de inovações sociais relacionadas e 4) A estrutura do conglomerado da indústria. Essa estrutura de identificação e análise dos agentes/instituições responsáveis pelo desenvolvimento de um SNI

é recorrente em muitas metodologias de identificação dos sistemas de inovação de muitos países analisados aqui. O papel da interação e da cooperação desses agentes é primordial para consolidação das ideias e objetivos que serão planejados. Neste sentido, continuaremos na análise e destaque para a identificação de agentes e variáveis chaves para a observação de um SNI.

Sendo assim, Fatma (2018), o SNI japonês pode ser analisado e estudado compreendendo a participação de alguns agentes importantes: O papel do Estado, das universidades, das empresas, das reformas institucionais estruturantes e da lei de propriedade intelectual. Com a ampliação dos poderes do primeiro-ministro e com uma coordenação de ideias adequadas foram criados e ampliados os conselhos em áreas com Ciência e Tecnologia (C&T) o que possibilitou o governo dobrar o financiamento dos fundos a P&D em fundos de pesquisas competitivos, bem como, a ampliar do número de bolsas de pesquisas o que facilitou o treinamento de instituições especializadas em parcerias com a indústria e o fortalecimento da estrutura de qualificação e equivalências por todo o país. As reformas institucionais impulsionaram e concentraram os investimentos em ministério importantes para o desenvolvimento japonês, o MITI recebeu 16% do total do orçamento de pesquisa, enquanto o atual Ministério da Educação, Cultura, Esporte, Ciência e Tecnologia (MEXT) concentrou 63% do orçamento em ciência e tecnologia. Por fim, as leis de propriedades intelectuais possibilitaram a construção de uma economia baseada na criação de valor agregado e na criação de uma economia dinâmica.

Ainda segundo a autora, apesar do dinamismo o SNI japonês atrás do norte americano em termos de capacidade de inovação eficientes no sistema de longo prazo. Esse atraso pode ser melhor explicado levando em consideração os seguintes pontos:

- 1) No nível da pesquisa: O papel das universidades é muito restrito e pesquisa e aplicada internamente. Nos Estados Unidos as universidades são motores de busca e inovação;
- 2) No nível de colaboração entre os atores: Ligação cada vez menor entre as universidades e o ramo industrial.
- 3) No nível de adaptação às mudanças: O SNI japonês apesar do dinamismo nas décadas de 1980 e 1990 não apresenta acelerado poder de adaptação e respostas as mudanças tecnológicas apresentadas por outros países.

Neste argumento, para Motohashi (2008), o SNI japonês era caracterizado por ser dominado por sistemas internos de P&D de grandes empresas com pequena participação de

pequenas empresas, mas devido a competição internacional essa visão está mudando. Os gastos com P&D estavam altamente concentrados em grandes corporações, cerca de 40% do total investido, fato que impossibilita a colaboração dessas empresas com outras empresas menores e com as universidades em geral (MOTOHASHI, 2008). Entretanto, atualmente, o SNI japonês passa de um sistema de P&D interno concentrado em grandes empresas para um sistema baseados em rede com novas empresas de base tecnológica com colaboração externa (NTBFs).

O desenvolvimento das NTBFs está estritamente ligado a maior colaboração ou integração com as universidades. Segundo Motohashi (2008), o processo de cooperação Universidade-Indústria (CUI) possui o poder de alavancar um desenvolvimento tecnológico acelerado principalmente, mas a relação entre o tamanho da firma e a CUI apresenta os seguintes resultados: a) Existe uma relação direta entre o tamanho da firma e o nível de cooperação entre Universidade-Empresa, apesar desse envolvimento diminui ao longo de 5 anos; b) Grandes empresas buscam direcionar a parceria com visão de longo prazo, enquanto as pequenas empresas apresentam desenvolvimento inovativos ligados a criação de novos produtos, c) Como principais problemas enfrentados na parceria, as grandes empresas citam os contratos e participações não claros. Contudo, esse novo processo de participação das NTBFs e da CUI formaram SNI mais dinâmico e competitivo.

Seguindo o mesmo raciocínio, Fukugawa (2017), o conhecimento universitário afetou a P&D da indústria no período anterior as reformas japonesas (1983-1997). Segundo o autor, de maneira geral, as universidades desempenham três principais papéis no crescimento e no desenvolvimento de longo prazo: 1) Fornecimento de recursos humanos que são insumos essenciais, 2) Pesquisa básica que embora não esteja ligada diretamente associado ao uso industrial, podem ser aplicadas e desenvolvidas em um grande grupo de categorias tecnológicas e 3) Promoção da inovação e do empreendedorismo, que são os principais responsáveis pelo crescimento da produtividade total dos fatores que levam diretamente ao crescimento econômico.

3.2.4 China

3.2.4.1 Breve Descrição da Origem do SNI Chinês

De acordo com Liu e Gao (2017) existem três fases distintas para entendermos o processo de evolução do SNI chinês:

- 1ª Fase: Na década de 1950, a China seguia o regime e o sistema econômico em bases no modelo soviético de desenvolvimento com um descolamento negativo entre as atividades de C&T e as atividades industriais. Neste modelo, esperava-se que as empresas estatais (EEs) se concentrassem em atividades de produção com estrito vínculo com as instituições públicas de pesquisa (IPPs), o que impossibilitou o incentivo em conduzir P&D internamente. No final da década de 1980, os IPPs continuavam como os principais executores de P&D no sistema de inovação chinês, mas, agora, o governo impôs requisitos rigorosos aos institutos. Em meados da década de 1990, os IPPs foram substituídos por departamentos de P&D das empresas à medida que a economia prosperava.
- 2ª Fase: Em 1992, O sistema nacional de inovação chinês passou por uma nova era. Após a chamada “Palestra do Sul” de Deng Xiaoping, acelerou-se o processo de interação ativas entre a ciência e as indústrias. Foi introduzida a Lei do Progresso da Tecnologia com o intuito de desenvolvimento tecnológico. Em 1996, foi instituída Lei de Transferência de Tecnologia que incentivou profundamente o setor de ciência a transferir sistematicamente sua tecnologia. Em 1998, o secretário geral do Partido Comunista Jiang Zemin anunciou no 15º Congresso do Partido Comunista o Desenvolvimento do Estado através da Promoção da Ciência, Tecnologia e Educação. Além disso, o governo estabeleceu instituições de fomento à difusão de tecnologia, como centros de produtividade e centros de pesquisa em engenharia (LIU e GAO, 2017).
- 3ª Fase: Em 2006, com a publicação do Programa Nacional de Médio e Longo Prazo para o Desenvolvimento da C&T, o país se posicionou como um país inovador e incentivador de toda a sociedade. Em 2007, o governo anunciou a política de desenvolvimento com base científica e no relatório “Saudando a Era do Conhecimento e Construindo um Sistema Nacional de Inovação”, publicado pela academia China de Ciência, o país delimitou sua política de desenvolvimento e consolidação de seu SNI.

Apesar da evidente mudança estrutural e tecnológica desempenhada no governo de Deng Xiaoping, o processo de industrialização e os primeiros pilares do SNI chinês e de políticas de ciência e tecnologia originaram-se ainda no governo de Mao (1ª fase) (BROCK e WEI, 2012). De acordo com Milaré (2020), no período de governo de Mao Zedong (Mao Tse-Tung) de 1949-1976, o país criou seu estado-nação, percebeu seu processo de acumulação primitiva e criou uma indústria pesada. Após 1949, o país estava devastado com o fim de duas

grandes guerras (japoneses e nacionalistas) e a centralização das forças estava na ampla e dinâmica Reforma Agrária. Nesse momento, Mao uniu o país e alicerçou evidentes estratégias para a retomada e avanço no processo de industrialização do país.

O processo de reforma agrária desenvolvido por Mao não apenas uniu o povo chinês, mas organizou a economia em direção de um país com maior participação da indústria. Segundo Milaré (2020), os agricultores foram organizados em cooperativas e o estado começou a controlar o processo produtivo através de agências estaduais. Nas cidades, o processo de reformas aboliu a burguesia anterior e forçou as empresas privadas em trabalhar com contratos com departamentos estatais. Em pouco tempo, o governo controlava toda a produção e impulsionou o país na formação de uma indústria pesada (MILARÉ, 2020).

O processo de industrialização do governo de Mao foi muito bem-sucedido e pode ser considerado o maior legado deixado para o seu sucessor, Deng Xiaoping (MILARÉ, e DIEGUES, 2012). De acordo com dados do Anuário Estatístico Chinês (1999), a participação do setor industrial no produto interno bruto (PIB) passou de 17,6% em 1952 para 44,3% em 1978 com crescimento real médio anual do PIB de 4%. Em contrapartida, o setor primário diminuiu sua participação no mesmo período em 50%, aproximadamente (Figura 9).

Segundo Tao, Berci e He (2012), o desenvolvimento e a evolução educacional do período de governo de Mao Tsé-Tung são outro grande legado deixado para o país. Os atores destacam que durante o período de recuperação econômica nacional (1949-1952), o governo adotou os padrões de educação do regime soviético com ênfase em programas de engenharia e trabalho na produção, enfatizando os esforços em políticas de reestruturação do ensino superior, apesar dos investimentos na educação primária. Houve um acelerado crescimento no número de matrículas e em 1956, as escolas privadas foram nacionalizadas e o acesso foi expandido em todos os níveis educacionais. O movimento Grande Salto para Frente (1958-1960) e o Movimento Socialista Educacional (1962-1965) possibilitou, depois da ruptura sino-soviética, o sistema educacional foi direcionado em duas vias: 1) Escolaridade regular, universitária, universitária e preparatória e 2) Escolaridade profissional e trabalho-estudo.

Mas especificamente, no período de implementação do 1º Plano Quinquenal (1953-1957), o desenvolvimento do setor industrial já era visível. De acordo com a Figura , o incremento no produto industrial no período cresceu 141%, passando de 27 bilhões para 65 bilhões de *yuan*. Outros setores importantes evoluíram rapidamente, como Maquinaria (220%), Químico (397%) e produtivo (220%). Além disso, a expansão da produção física com o crescimento acelerado em máquinas (104%), motores de combustão interna (2107%), motores elétricos (128%) e transformadores (200%), mostram claramente o avanço industrial em curto

espaço temporal.

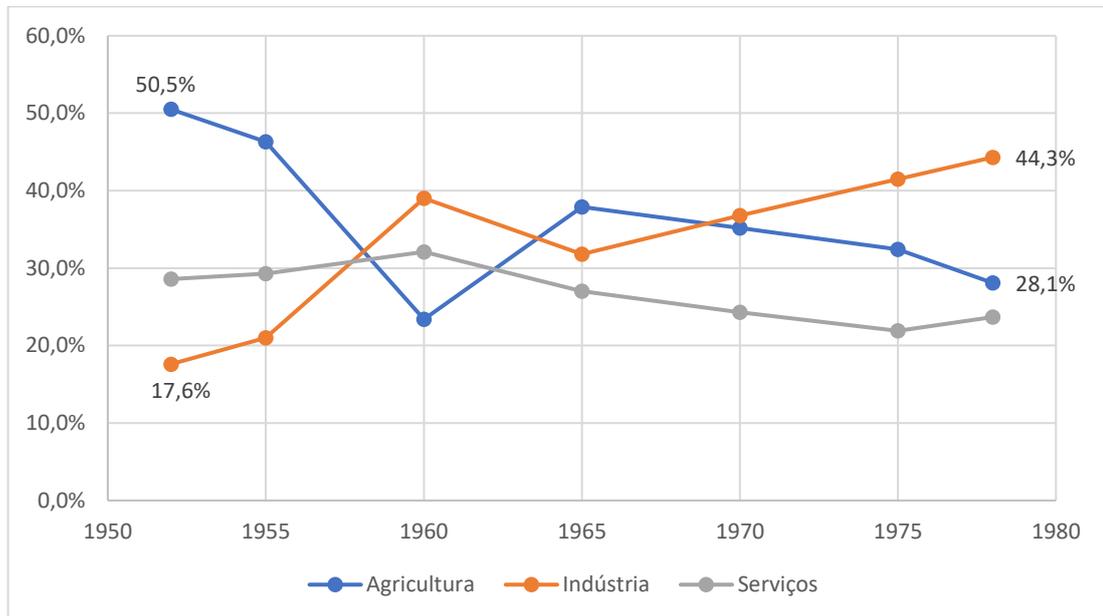


Figura 2 - Evolução da Composição do PIB Chinês – Anos Selecionados
Fonte: Anuário Estatístico Chinês (1999), Milaré (2020).

Tabela 6 - Valor Bruto da Produção – 1ª Plano Quinquenal (1953-1957)

Indicador (unidade)	1952 realizado	1957 planejado	1957 realizado	Realizado 1957-1952
Valor Bruto da produção (em milhões de <i>yuan</i> de 1952)				
Industrial	27.010	52.560	65.020	141%
Setor produtivo	10.730	24.303	34.330	220%
Maquinaria	1.404	3.470	6.177	340%
Químicos	864	2.271	4.291	397%
Setor produtivo menos maquinaria e químicos	8.462	18.562	23.862	182%

Fonte: Milaré e Diégues (2012)

Apesar do acelerado desenvolvimento educacional do período, de 1966 e 1976 no período da Revolução Cultural chinesa, esse processo sofreu um grande golpe. De acordo com Tao, Berci e He (2012), esse novo sistema educacional concentrou em: 1) Substituir a teoria por conceitos relacionados ao trabalho; 2) a meritocracia e o desempenho acadêmico não eram reconhecidos; 3) a duração da escolaridade pré-secundária foi reduzida; 4) estudo em sala de aula foi combinado com trabalho nas fábricas, fazendas e no exército; 5) eliminação dos cursos de História, Geografia e Literatura; 6) Os graduados receberam empregos em fábricas e fazendas do governo; 7) todos os exames de admissão foram abolidos e 8) as faculdades foram retiradas da liderança dos intelectuais. Os avanços no sistema educacional foram destruídos neste período e somente retomados com a ascensão de Xiaoping.

No governo de Deng Xiaoping (1978-1992), de acordo com Chow (2004) em “*Economic Reform and Growth in China*”, o processo de reformas gerenciadas e adotadas foram essenciais para alavancar o sucesso no processo de desenvolvimento econômico e tecnológico chinês. Para o autor, os maiores componentes adotados na reforma econômica e tecnológica do período foram: **1) A Reforma Agrícola** – a adoção do programa de Sistema de Responsabilidade familiar em que as famílias ficaram responsáveis pela lucros e perdas decorrentes da produção foi responsável pela modernização agrícola; **2) As Empresas Estatais** – as principais mudanças foram na descentralização do poder central, concedendo as empresas as decisões em marketing, produção e decisão de investimento e, também, na independência financeira possibilitando a manutenção dos lucros na empresa com repasse apenas dos impostos ao governo. **3) Política de Abertura** – Encorajamento dos investimentos estrangeiros e a abertura ao comércio exterior expandiram o volume de comércio estrangeiro de 25% para 37% de 1987 a 1998; **4) O Sistema de Preços** – Desarmar os preços determinados administrativamente permitindo que as forças do mercado controlem os preços; **5) Desenvolvimento de Setores não estatais** – Existem 3 tipos de empresas: coletivas, individuais e supervisionadas. O enfoque foi dado para o último tipo; **6) O setor bancário e financeiro** – Maior autonomia aos bancos e aos bancos centrais e transformou os bancos especializados em bancos comerciais; **7) Infraestrutura Econômica e Social** – Incluindo aqui o sistema educacional e as instituições jurídicas; **8) Sistema de bem-estar social** – Foca em programas de saúde e segurança social. Esse processo de mudanças radicais foi muito bem-sucedido em alterar o manter a estabilidade política sem que houvesse mudanças no sistema político existente.

A política de reformas também impactou diretamente as políticas de Ciência e Tecnologia (C&T) do país. Segundo Xiwei e Xiangdong (2007), o processo de reformas ligadas

as políticas de C&T podem ser divididas em três etapas:

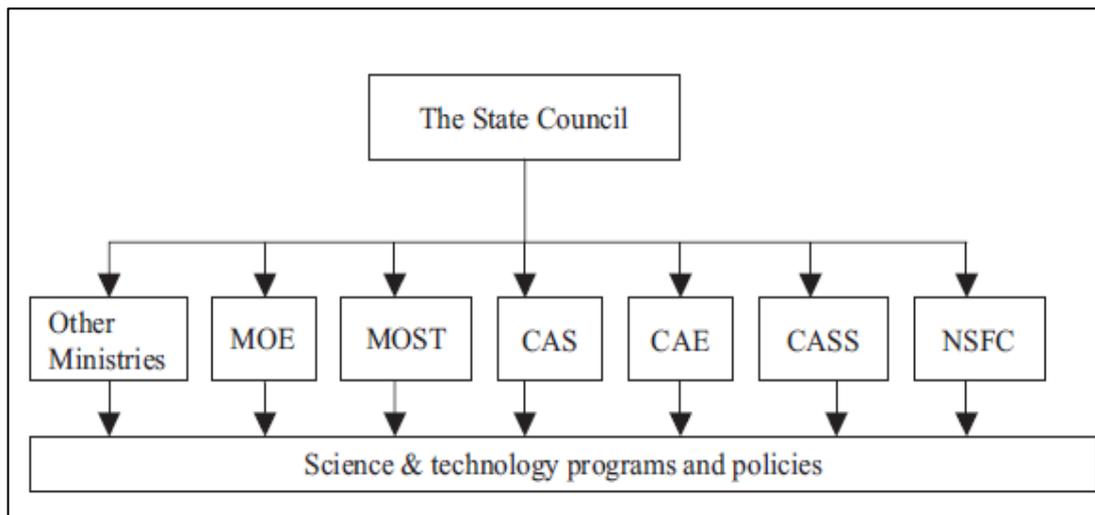
1ª Etapa (1985-1992) – Na primeira etapa, o governo emitiu o decreto “A Solução do Comitê Central do Partido Comunista sobre a Reforma do Sistema de C&T” com o slogan “Construir uma Nação baseada em C&T”, que estimulou a elaboração de leis e regulamentos de patentes e de transferência de tecnologia o que impulsionou os institutos de pesquisas e as universidades a estreitarem os vínculos com a indústria chinesa. No mesmo período, o programa TORCH estimulou a criação de 83 zonas de alta tecnologia o que favoreceu a difusão de novas tecnologias para a produção e mercado e contribuiu fortemente para as exportações de produtos intensivos em tecnologia (SHIH, 2013).

2ª Etapa (1992-1999) - Foram marcadas pela “Lei do Progresso em C&T e pelo Programa de Escalada”. Ambas as iniciativas promoveram a pesquisa básica, enquanto os institutos de pesquisas e as universidades ganhava mais autonomia, principalmente no encorajamento de criação de suas próprias empresas de alta tecnologia.

3ª Etapa (Após 1999) – O foco estava centrado no fortalecimento do SNI e a aceleração de conquistas de C&T. Os institutos de pesquisas foram progressivamente transformados em empresas *hightech* ou empresas de serviços técnicos. Até 2003, 1149 institutos foram transformados (XIWEI E XIANGDONG, 2007).

De maneira geral, atualmente, os órgãos administrativos que englobam o sistema de C&T (SC&T) chinês são (Figura 3): 1) O Ministério da Educação (MOE), o Comitê de Ciência e Tecnologia do Estado (SSTCC), a Academia da Ciência da China (CAS), a academia de Engenharia da China (CAE), a Academia de Ciências Sociais da China (CASS) e o Comitê Nacional de Fundação Científica (NFSC). Estes órgãos juntamente com os Ministérios da Tecnologia da Informação Industrial e o Estado da Indústria de Construção de Máquinas (SAMI). A estrutura organizacional do SC&T demonstra o papel anterior e atual do governo central no dinamismo e impulso dos programas de C&T no país (SHIH, 2013 e XIWEI E XIANGDONG, 2007).

Figura 3 - Principais órgãos administrativos de C&T na China



Fonte: Xiwei e Xiangdong (2007).

Para Gu e Lundvall (2016), o período de transição econômica dinâmico chinês pode ser dividido em dois períodos específicos na segunda metade do Século XX. O primeiro período foi caracterizado pelo desenvolvimento sob um regime econômico central planejado (soviético) e o segundo ligado diretamente a orientação de reformas de mercado e de transição econômica. Segundo os autores, a virada crucial deste período foi a mudança na liderança política do país de Mao Tse-Tung para Deng Xiaoping, o que possibilitou a evolução e dinamismo do segundo período de desenvolvimento.

Neste período de acelerado processo de evolução do SNI chinês direcionado para o mercado, a orientação de política estava direcionada em dois paralelos distintos: Descentralização burocrática e Privatizações (GU e LUNDVALL, 2017). A primeira orientação possibilitou a autonomia das empresas na tomada de decisões sobre o planejamento da produção, investimentos e aquisição de tecnologia, marketing, preços e pessoal, dando autonomia aos governos locais em nas áreas de finanças, orçamentária e problemas administrativos. Foi neste período que as reformas tributárias, do sistema bancário e da estrutura de governança de empresas estatais. Na segunda orientação, possibilitou a criação das Zonas Econômicas Especiais (ZEEs) para Investimentos Estrangeiros Diretos (IED), o que diminuiu e possibilitou aos governos locais maiores oportunidades para acumulação de capital local.

Atualmente, de acordo com Gao e Liu (2017), o SNI chinês pode ser desmembrados em quatro grandes partes: O Sistema de Inovação do Conhecimento (SNC), o Sistema de Inovação Tecnológica (SIT), o Sistema de Distribuição de Conhecimento (SDC) e o Sistema de Aplicação de Conhecimento (SAC). O SNC apresenta como principal função a produção do conhecimento, sua difusão e transferência sob a direção governamental, os principais agentes

desse sistema são os institutos nacionais de pesquisa e as universidades. Já o SIT possui como principal agente as empresas. O governo possui uma série de políticas de incentivo a tecnologia e inovação empresarial (Plano Nacional de Pesquisa em Engenharia, Projeto de Desenvolvimento de Engenharia e o Projeto de Inovação Tecnológica). O SDC tem como objetivo a formação de recursos humanos em novos conhecimentos, alta habilidade técnica e capacidade de inovação, refere-se ao sistema de ensino superior e formação profissional. Por último, o SAC trabalha na interação entre os institutos de pesquisa e empresas, possui como função ampliar o conhecimento e tecnologia para o sistema econômico. As interações desses sistemas interligados formam o processo de entendimento de como o sistema chinês gera, promove e consolida inovações.

Os três motores mais importantes para a área Leste são a cooperação ‘indústria-universidade-pesquisa’, Investimento Estrangeiro Direto (IED) e fundos de educação, enquanto a contribuição da pesquisa das empresas é muito limitada. Para a área intermediária, os principais impulsionadores são a contribuição de pesquisa do governo, o IED e a contribuição de pesquisa das empresas. Para a área oeste, a maioria um fator importante é a contribuição da pesquisa do governo. O resultado demonstra que os drivers de inovação de três áreas diferem significativamente entre si. Mostra uma ligação entre o nível de desenvolvimento econômico e cooperação internacional para a inovação na área. Portanto, na área Leste, as empresas estão mais abertas a cooperar com universidades e institutos de pesquisa e enfatizar a atração de investimentos estrangeiros. Nas áreas Oeste e Médio, as empresas são mais autossuficientes e sua inovação não é tão ativa quanto as empresas na área Leste. No todo, a inovação da China é impulsionada principalmente pela contribuição de pesquisa do governo, IED e cooperação indústria-universidade-pesquisa. Mas recentemente as instituições de pesquisa independentes das empresas têm desempenhado um papel mais importante no SNI. A inovação da China é impulsionada principalmente pela contribuição de pesquisa do governo, IED e cooperação indústria-universidade-pesquisa.

3.2.4.2 Indicadores para a mensuração do SNI Chinês

Gu e Lundvall (2016) o processo de transformação e estrutura do SNI chinês pode ser melhor entendido analisando três principais partes: 1) Os atores inovativos; 2) Influência tecnológica e 3) Relações interativas. O primeiro deles está relacionado aos institutos de P&D, indústrias de bens de capital e seu processo de transbordamento tecnológico. Já a segunda parte diz respeito aos meios de licenciamento tecnológico (TL), compras de máquinas Sample (SMP),

compra de equipamentos (PE), investimento direto estrangeiro (FDI), fabricante de equipamentos originais (OEM). E, por último, as interações entre os atores e desses com os mercados doméstico e internacional. Esse conjunto de agentes e atores impulsionaram o dinamismo de um número importante de *Startups* e Novas empresas tecnológicas (NTE's) (em inglês *New Technology Enterprise*), com destaque para *Huaewi*, *Datang*, *Lenovo*, *Xiaomi*, dentre outros.

De acordo com os autores, o processo acelerado de industrialização no período de reformas nos anos de 1980 e 1990 são um importante indicador do crescimento chinês. Segundo eles, a participação do setor agrícola vem diminuindo consideravelmente desde 1952 (60% de participação), chegando a 2003 com 12,3% na composição do PIB chinês. Por outro lado, o setor industrial mudou sua participação exponencialmente passando de 9% em 1952 para 46% em 2003. Outro importante indicador que mostra o elevado dinamismo do período são os investimentos domésticos em P&D (1987 = 6,74 bilhões para 89,57 bilhões de *yuan* em 2000). Vale ressaltar, resumidamente, que esse processo de industrialização se deu vinculado a um crescimento ligado as exportações de produtos de média e alta tecnologia.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Universo e Amostra da Pesquisa

Basicamente, a base de dados referente a análise para a classificação dos SNI foi selecionada levando em consideração as 50 maiores economias globais. A variável utilizada para a classificação foi o Produto Interno bruto (PIB) a preços correntes expressos em dólar para o ano de 2019. Optou por esse período anual devido à ausência de informações relativas para outros períodos anuais mais recentes e, também, para a análise anual coincidir com o período de coleta para as outras variáveis analisadas. Lembrando que existem duas justificativa de escolha desse grupo de países: 1) pelo número de observações para a análise fatorial e 2) pelo conjunto de países representar cerca de 78% do PIB mundial (Quadro 2).

Quadro 2 - As 50 maiores economias do mundo

Posição	Países	Produto Interno bruto (US\$)	Posição	Países	Produto Interno bruto (US\$)
1º	Estados Unidos	20,953,030,000,000	26º	Nigéria	432,293,776,262
2º	China	14,722,730,697,890	27º	Irlanda	425,888,950,992

Posição	Países	Produto Interno bruto (US\$)	Posição	Países	Produto Interno bruto (US\$)
3º	Japão	5,057,758,958,707	28º	Israel	407,100,736,594
4º	Alemanha	3,846,413,928,654	29º	Argentina	389,288,056,265
5º	Reino Unido	2,759,804,061,837	30º	Egito	365,252,651,279
6º	Índia	2,660,245,248,868	31º	Noruega	362,198,318,435
7º	França	2,630,317,731,455	32º	Filipinas	361,489,325,231
8º	Itália	1,888,709,443,687	33º	Emirados Árabes Unidos	358,868,765,175
9º	Canadá	1,645,423,407,568	34º	Dinamarca	356,084,867,686
10º	Coréia	1,637,895,802,793	35º	Singapura	339,998,477,930
11º	Rússia	1,483,497,784,868	36º	Malásia	337,006,066,373
12º	Brasil	1,444,733,258,972	37º	África do Sul	335,442,101,366
13º	Austrália	1,327,836,171,069	38º	Bangladesh	323,056,957,972
14º	Espanha	1,281,484,640,044	39º	Colômbia	271,437,596,294
15º	México	1,073,915,880,823	40º	Vietnã	271,158,442,449
16º	Indonésia	1,058,423,838,345	41º	Finlândia	269,594,831,988
17º	Holanda	913,865,395,790	42º	Paquistão	262,610,002,939
18º	Suíça	752,248,045,730	43º	Chile	252,940,023,046
19º	Turquia	719,954,821,683	44º	Romênia	248,715,551,367
20º	Arábia Saudita	700,117,873,253	45º	República Checa	245,339,322,067
21º	Polônia	596,624,355,720	46º	Portugal	228,539,245,045
22º	Suécia	541,220,059,459	47º	Nova Zelândia	210,700,848,974
23º	Bélgica	521,861,292,587	48º	Irã	203,471,303,952
24º	Tailândia	501,643,653,515	49º	Peru	202,014,363,787
25º	Áustria	433,258,467,677	50º	Grécia	188,835,201,626

Fonte: *World Bank e OECD National Account* (2022).

4.1.1 Variáveis Utilizadas

Com relação as variáveis analisadas, além do PIB utilizado para a classificação dos países selecionados, encontram detalhadas por nome, descrição, fonte de onde foram extraídas e os principais autores que utilizaram essas variáveis na descrição, análise e investigação na imensa literatura sobre sistemas nacionais de inovação (Tabela 7).

Tabela 7 - Variáveis, Fonte, Unidade e autores

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade	Citação (Autores)
Educação	Despesas com Educação	Percentual (%) do Total das Despesas do	UNESCO	Percentual (%)	Mowery e Rosenberg, 1992; Atkinson (2014); mowery (1996); Patel e Pavitt (1994);

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade	Citação (Autores)
	Superior	Governo com Educação Superior			Melaas e Zang (2016); Odagiri e Goto (1994); Mazzucato (2014); Edquist e Jonhson (1997); Lester (2005); Rosenberg (2000) e Rosenberg e Nelson (1993), Lundvall, (1992), dentre outros.
tec&d	Técnicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Representa o número de técnicos que participa de alguma atividade pesquisa e desenvolvimento (P&D). Técnicos e funcionários equivalentes são pessoas que realizam tarefas científicas e técnicas que envolvem a aplicação de conceitos e métodos operacionais, normalmente sob a supervisão de pesquisadores.	UNESCO	Por milhões de Habitantes	Edquist (2005); Xiwei e Xiangdong (2007); Lewis (2019); Lewis (2023); Toner (2011); Belt, Ri e Akinremi (2021), Huan, Rice e Martin (2015), Cohen e Levinthal (1990) dentre outros.
artigos	Artigos de Revista Técnica e Científica	Os artigos de periódicos científicos e técnicos referem-se ao número de artigos científicos e de engenharia publicados nos seguintes campos: física, biologia, química, matemática, medicina clínica, pesquisa biomédica, engenharia e tecnologia e ciências da terra e espaciais	National Science Foundation, Science and Engineering Indicators (Banco Mundial).	Unidade	Suarez-villa e Hasnath, 1993; Stern, Porter e Furman (2000), Usman <i>et al.</i> , (2022); Furman e Hayes (2004); Hu e Matheus (2008); Hu e Matheus (2005); Fagerberg e Srholec (2007); Castellassi e Natera (2011), dentre outros.
pesq&d	Pesquisadores em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	O número de pesquisadores envolvidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).	UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural	Por milhões de habitantes	Cohen e Levinthal (1990); Huan, Rice e Martin (2015); Wuryaningrat (2013); Kostopoulos <i>et al.</i> , 2011, e Moilanen (2014), Huang <i>et al.</i> , 2005; Dutse, 2013; Haq,

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade	Citação (Autores)
		Pesquisadores são profissionais que conduzem pesquisas e melhoram ou desenvolvem conceitos, teorias, técnicas de modelos instrumentação, software de métodos operacionais.	Organization)		Hussain e Amin, 2022, dentre outros.
desp&d	Despesas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Despesas domésticas brutas em pesquisa e desenvolvimento (P&D), expressas como uma porcentagem do PIB. Eles incluem despesas de capital e atuais nos quatro setores principais: empresa de negócios, governo, ensino superior e organização sem fins lucrativos	UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)	Percentual (%) do PIB	Cohen e Levinthal (1990); Huan, Rice e Martin (2015); Wuryaningrat (2013); Kostopoulos <i>et al.</i> , 2011, e Moilanen (2014), Huang <i>et al.</i> , 2005; Dutse, 2013; Haq, Hussain e Amin, 2022, dentre outros.
patres	Pedidos de Patentes (Residentes)	Pedidos de patentes são pedidos de patentes em todo o mundo arquivados através do procedimento de tratado de cooperação de patentes ou com um Escritório Nacional de Patentes para obter direitos exclusivos para uma invenção-um produto ou processo que fornece uma nova maneira de fazer algo ou oferecer uma	World Intellectual Property Organization (WIPO)	Unidade	Suarez-villa e Hasnath, 1993; Stern, Porter e furman (2000), Usman <i>et al.</i> , (2022); Furman e Hayes (2004); Hu e Matheus (2008); Hu e Matheus (2005); Fagerberg e Srholec (2007), Freeman, 1994, 1995; Lundvall, 1992, dentre outros.

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade	Citação (Autores)
		nova solução técnica para um problema			
patnres	Pedidos de Patentes (Não Residentes)	Pedidos de patentes são pedidos de patentes em todo o mundo arquivados através do procedimento de tratado de cooperação de patentes ou com um Escritório Nacional de Patentes para obter direitos exclusivos para uma invenção-um produto ou processo que fornece uma nova maneira de fazer algo ou oferecer uma nova solução técnica para um problema	World Intellectual Property Organization (WIPO)	Unidade	Suarez-villa e Hasnath, 1993; Stern, Porter e Furman (2000), Usman <i>et al.</i> , (2022); Furman e Hayes (2004); Hu e Matheus (2008); Hu e Matheus (2005); Fagerberg e Srholec (2007), Freeman, 1994, 1995; Lundvall, 1992, dentre outros.
expaltec	Exportações de Alta Tecnologia	As exportações de alta tecnologia são produtos com alta intensidade de P&D, como em aeroespacial, computadores, produtos farmacêuticos, instrumentos científicos e máquinas elétricas.	United Nations, Comtrade database through the WITS platform (Banco Mundial).	Percentual das Exportações de Manufaturados	Furman e Hayes (2004); Hu e Matheus (2008); Hu e Matheus (2005); Fagerberg e Srholec (2007), Freeman, 1994, 1995; Lundvall, 1992, dentre outros.
empp&d	Empresas P&D	Percentual de empresas que gastam com P&D.	World Bank	Percentual de todas as empresas.	Stern, Porter e Furman (2000), Usman <i>et al.</i> , (2022); Furman e Hayes (2004); Hu e Matheus (2008); Fagerberg e Srholec (2007), Freeman, 1994, 1995; Lundvall, 1995, dentre outros.
credsetpriv	Crédito Doméstico ao Setor Privado	Crédito doméstico ao setor privado refere-se aos recursos financeiros fornecidos ao	International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files, and	Percentual (%) do PIB	Shang, Song e Wu (2017); Amora, Schneider e Zaldoka (2013), dentre outros.

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade	Citação (Autores)
		setor privado por empresas financeiras, como empréstimos, compras de títulos de não químicos e créditos comerciais e outras contas a receber, que estabelecem reivindicação de reembolso.	World Bank and OECD GDP estimates.		
idel	Investimento Direto Estrangeiro Líquido (Entradas Líquidas)	Investimento direto estrangeiro são as entradas líquidas de investimento para adquirir um interesse gerencial duradouro (10 % ou mais ações votantes) em uma empresa que opera em uma economia que não seja a do investidor. É a soma do capital patrimonial, reinvestimento de ganhos, outro capital de longo prazo e capital de curto prazo, como mostrado no balanço de pagamentos. Esta série mostra o IDE líquido total.	International Monetary Fund, Balance of Payments Statistics Yearbook and data files.	Dólares (US\$)	Yue, 2022; Warwick (2013); Fischer e Queiroz (2015); Fu (2008), dentre outros.

Fonte: Elaboração própria a partir da revisão da literatura.

4.2 ANÁLISE FATORIAL

4.2.1 Modelagem na Análise Fatorial

A análise fatorial é uma técnica da estatística destinada a representar um processo aleatório multivariado por meio da criação de novas variáveis, derivadas das variáveis originais

e, geralmente, em menor número, que representa as comunalidades do processo restando às variáveis espúrias serem não descritas pelo modelo fatorial (HAIR et al., 2009).

Matematicamente, temos:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \mu_1 + a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\
 X_2 &= \mu_2 + a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_1 \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 X_i &= \mu_p + a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p \quad (1)
 \end{aligned}$$

Onde:

X_i = Representa o i-ésimo escore da variável analisada.

F = É o fator aleatório comum para todas as variáveis medidas.

a_i = É a constante chamada de carga fatorial (*loading*) que mede a importância dos fatores na composição de cada variável. Representa o peso da variável “i” no fator “J”.

ε_i = Componente aleatório.

Efetuada a padronização de X (média 0 (zero) e desvio padrão 1 (um)), o modelo fatorial acima pode ser reescrito de forma geral, como:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_{im} + \varepsilon_i \quad (i=1, \dots, p) \quad (2)$$

Neste caso, X_i , representa as variáveis padronizadas, a_i , as cargas fatoriais, F_m , os fatores comuns e ε_i , os fatores específicos. Assumindo as seguintes premissas básicas:

- 1) Os fatores comuns (F_k) são independentes (ortogonais) e igualmente distribuídos com média zero e variância 1;
- 2) Os fatores específicos ε_i são independentes e igualmente distribuídos com média zero

e variância ψ_i ($i = 1, \dots, p$).

3) F_k e ε_i são independentes.

O termo ψ_i representa a variância de ε_i , ou seja, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \psi_i$. Caso as três premissas sejam verificadas, estaremos com um modelo fatorial ortogonal. Caso contrário, se F_k e ε_i estiverem correlacionadas, o modelo em questão será oblíquo.

Em se tratando da estimação dos fatores “F”, eles podem ser estimados por combinação linear das variáveis, da seguinte forma:

$$F_1 = d_{11}X_1 + d_{12}X_2 + \dots + d_{1m}X_i$$

$$F_2 = d_{21}X_1 + d_{22}X_2 + \dots + d_{2m}X_i$$

·

·

·

$$F_m = d_{m1}X_1 + d_{m2}X_2 + \dots + d_{mi}X_i \quad (3)$$

Sendo “ F_m ” os fatores comuns, “ d_{mi} ” são os coeficientes dos escores fatoriais e “ X_i ” as variáveis originais do modelo. Neste aspecto, os escores fatoriais resulta da multiplicação dos coeficientes “ d_{mi} ” pelo valor das variáveis originais. Na existência de mais de um fator, o escore fatorial corresponderá às coordenadas da variável em relação aos eixos (fatores).

Retornando a expressão 2, sua variância é dada por:

$$\text{Var}(X_i) = \text{Var}(a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + \varepsilon_i) = 1$$

$$= 1 = a_{i1}^2 \text{Var}(F_1) + a_{i2}^2 \text{Var}(F_2) + \dots + a_{im}^2 \text{Var}(F_m) + \psi_i$$

$$= a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + \psi_i \quad (4)$$

Sendo a comunalidade específico (H^2) a dada por : $\alpha^2_{i1} + \alpha^2_{i2} + \dots + \alpha^2_{im}$ e ψ_i a variância específica.

A comunalidade (H^2) representa uma estimativa da variância de X_i que é explicada pelos fatores comuns; e ψ_i é chamada de especificidade de X_i , pois não está ligado ao fator comum. Portanto, a comunalidade é um índice da variabilidade total explicada por todos os fatores para cada variável (FÁVERO et al., 2009), . Assim:

$$Var(X_i) = H^2 + \psi_i \quad (5)$$

Em notação Matricial, o modelo fatorial apresentado por meio da equação 1 pode ser expresso por:

$$X - \mu = \Lambda F + \varepsilon \quad (6)$$

Em que:

$$(X - \mu)_{px1} = \begin{bmatrix} X_1 - \mu_1 \\ X_2 - \mu_2 \\ X_p - \mu_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

A expressão 7 representa o vetor das p variáveis padronizadas. E:

$$F_{px1} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ \vdots \\ F_p \end{bmatrix} \quad (8)$$

Já a expressão 8 representa o vetor de fatores comuns.

$$\varepsilon_{px1} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix} \quad (9)$$

A expressão 9 representa o vetor dos fatores e específicos. E, por último a expressão 10 representa a matriz dos pesos fatoriais.

$$\Lambda_{px1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \dots & a_{pm} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Mais especificamente, a análise fatorial aplica-se sobretudo a casos em que se desconhece a estrutura fatorial subjacente às correlações entre as variáveis em observação. Desta forma, pretende-se a atribuição de um *score* (quantificação) a “constructos” ou fatores que não são diretamente observáveis. Este *score* representa a informação presente nas diferentes variáveis, tendo a capacidade de resumir a informação aí presente num número reduzido de fatores que não são observáveis diretamente e que permitem identificar as relações estruturais entre as variáveis, que habitualmente passam despercebidas (MANLY, 2008).

4.2.2 Adequação para a utilização da análise fatorial

Seguindo o exposto por Fávero et al., (2009), para que a utilização da análise fatorial seja adequada deve-se analisar 3 pontos fundamentais: a matriz de correlação das variáveis, a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett, e por fim, a interpretação da matriz anti-imagem.

4.2.2.1 Análise da matriz de correlação

Deve-se levar em consideração que a análise fatorial básica é baseada nas correlações entre as variáveis. É esperado que a análise da matriz de correlação apresente valores

significativos para justificar a adoção da análise fatorial. Caso os valores sejam entre todas as variáveis sejam baixas, talvez a utilização da análise fatorial deve ser revista. De maneira prática, caso a visualização e interpretação das correlações entre as variáveis não revelarem um número significativo de valores superiores a 0,3, então há fortes indícios de que deve procurar uma outra técnica multivariada ou não para a interpretação dos dados (HAIR, et al., 2009 e MANLY, 2008).

4.2.2.2 Teste KMO e teste de esfericidade de Bartlett

4.2.2.2.1 Teste de esfericidade de Bartlett

Na situação extrema de independência perfeita entre todas as variáveis, a matriz de correlação se reduz à matriz identidade, pois todos os elementos fora da diagonal principal são iguais a zero. Isso significa que as variáveis não se agrupam para formar nenhum construto e, portanto, a construção dos fatores perde todo seu sentido. O Teste de Bartlett tem essa situação como sua hipótese nula (H_0) e, caso ela seja rejeitada, pode-se concluir que existe algum tipo de associação entre as variáveis e que elas podem, de fato, representar conjuntamente um ou mais traços latentes (MATOS e RODRIGUES, 2009). A estatística do teste de Bartlett possui a seguinte expressão:

$$\chi_{Bartlett}^2 = - \left[(n - 1) - \left(\frac{2 \cdot k + 5}{6} \right) \right] \cdot \ln |D| \quad (11)$$

Com $k \cdot (k-1)/2$ graus de liberdade. Sabendo que “n” é o tamanho da amostra e “k” é o número de variáveis. Além disso, “D” representa o determinante da matriz de correlação.

4.2.2.2.2 Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

A estatística KMO avalia a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve ser pequeno (FÁVERO, et al., 2009). A estatística varia de 0 e 1, valores próximos de 0 (zero) indicam que pode não ser adequada pois existe uma baixa

correlação entre as variáveis. De maneira geral, valores inferiores a 0,6 indicam inadequação da análise fatorial. Sobre isso, o enquadramento dos valores observados pela estatística KMO encontram-se descritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Estatística KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)

KMO	Análise Fatorial
0,9 - 1	Muito Boa
0,8 - 0,9	Boa
0,7 - 0,8	Média
0,6 - 0,7	Razoável
0,5 - 0,6	Má
< 0,5	Inaceitável

Fonte: FÁVERO, et al., (2009).

Matematicamente, temos:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (12)$$

Onde:

r_{ij} = Coeficiente de correlação entre as variáveis;

a_{ij} = Coeficiente de correlação parcial.

4.2.2.2.3 Matriz Anti-Imagem

De acordo com Hair et al., (2009), a matriz anti-imagem é a matriz das correlações parciais entre variáveis após a análise fatorial, e que representa o grau em que os fatores explicam um ao outro nos resultados. A diagonal contém as medidas de adequação da amostra

para cada variável, e os demais valores são correlações parciais entre variáveis. A matriz contém os valores negativos das correlações parciais e é utilizado frequentemente para obter indícios para a exclusão ou não de determinada variável do modelo.

Paralelamente, pode-se calcular uma medida de adequação da amostra (*Measure of Sampling Adequacy, MSA*). Cabe salientar que a baixa correlação entre determinadas variáveis não necessariamente implica sua eliminação, pois esta variável pode representar um fator isolado (MANLY, (2008) e FÁVERO, et al., (2009)). A expressão que representa a MSA é dada por:

$$MSA = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (13)$$

4.2.3 Extração dos Fatores Iniciais

4.2.3.1 Método de Extração dos fatores

Basicamente, existem dois métodos para a extração dos fatores: Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Fatores Comuns (AFC). A ACP considera a variância total dos dados, enquanto a AFC os fatores são estimados levando em consideração a variância comum. Se o objetivo da análise for a redução dos dados para obter o menor número de fatores necessários para explicar o máximo da variância representada pelo conjunto de variáveis originais, deve-se utilizar a Análise de Componentes Principais (ACP). Como esse é o um dos objetivos deste trabalho discutiremos sobre a ACP⁷ e a aplicação da análise fatorial com componentes principais, doravante AFPC.

4.2.3.2 Escolha do Número de Fatores

Basicamente, existem 4 (quatro) critérios para a decisão de escolha do número de fatores (FÁVERO et al., (2009), LOESCH E HOELTGEBBAUM, (2012).):

1) **O critério da raiz latente (Critério de Kaiser)** - O critério de Kaiser determina o número de fatores a escolher em função do número de valores (autovalores ou *eigenvalues*) próprios acima de 1. Os autovalores mostram a variância explicada por cada fator, ou seja, quanto cada fator consegue explicar da variância total. De acordo com Hair et al., (2009), é o critério mais utilizado para a determinação do número de fatores a escolher.

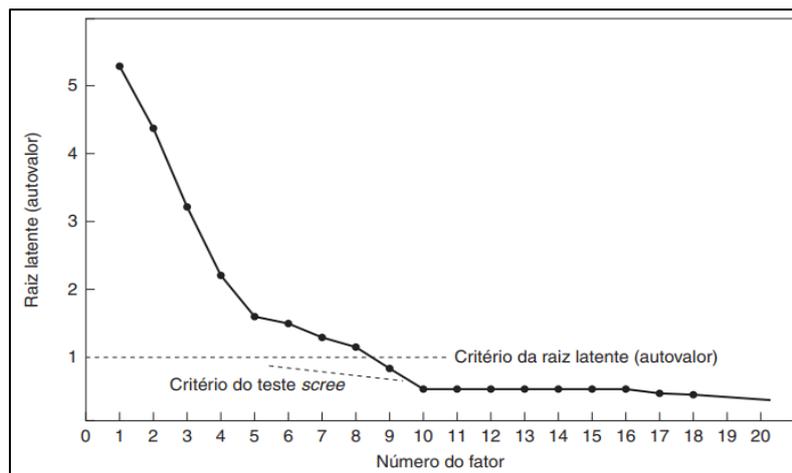
⁷ Existem Outros métodos de extração dos fatores iniciais. Dentre os mais conhecidos temos: a Máxima Verossimilhança, Os Mínimos Quadrados Ordinários generalizados (OLS e GLS) e o Alpha).

2) **Cr terio a priori** - é o critério mais simples. O número de fatores já está decidido pelo pesquisador. Este tratamento   útil quando se testa uma teoria ou hipótese sobre o número de fatores a serem extraídos. Também pode ser justificado na tentativa de repetir o trabalho de outro pesquisador e extrair o mesmo número de fatores anteriormente encontrado (HAIR, et al., (2009).

3) **Cr terio de porcentagem de variância** - O critério de porcentagem de variância é uma abordagem baseada na conquista de um percentual cumulativo especificado da variância total extraída por fatores sucessivos. O objetivo é garantir significância prática para os fatores determinados, garantindo que expliquem pelo menos um montante especificado de variância (MANLY, (2008).

4) **Cr terio de gráfico Scree** - é utilizado para encontrar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantidade de variância única comece a dominar a estrutura da variância comum (HAIR, et al., (2009). O gráfico é demonstrado por meio da plotagem dos valores das raízes latentes (eixo Y) e o número de fatores (eixo X), de acordo com a ordem de extra o. O ponto no qual o gráfico começa a ficar horizontal é considerado indicativo do número máximo de fatores a serem extraídos. Comparando os métodos de Kaiser (raiz latente) e o método de scree, vemos que para a técnica de raiz latente escolher mos 8 fatores, enquanto o método scree determinou 10 fatores para a análise (Figura 4).

Figura 2 - Compara o da escolha do número de fatores - Raiz latente e Critério Scree



4.2.4 Rota o dos Fatores

Após a extra o dos fatores, podemos calcular o grau de adapta o das variáveis aos

fatores por meio das cargas fatoriais. Normalmente, o que acontece é que a maior parte das variáveis tem cargas altas no fator mais importante e cargas baixas nos outros fatores. Isso torna a interpretação mais difícil (MANLY, 2008). A técnica de rotação de fatores é utilizada para atingir uma melhor distinção entre os fatores, ou seja, a técnica melhora substancialmente a interpretação dos resultados.

Mais especificamente, Segundo Hair et al., (2009), os eixos de referência dos fatores são rotacionados em torno da origem até que alguma outra posição seja alcançada. Como anteriormente indicado, as soluções de fatores não-rotacionados extraem fatores na ordem de sua variância extraída. O primeiro fator tende a ser um fator geral com quase toda variável com carga significativa, e explica a quantia maior de variância. O segundo fator e os seguintes são então baseados na quantia residual de variância. Cada fator explica porções sucessivamente menores de variância. O efeito final de rotacionar a matriz fatorial é redistribuir a variância dos primeiros fatores para os últimos com o objetivo de atingir um padrão fatorial mais simples e teoricamente mais significativos.

Os métodos de rotação podem ser de dois tipos: Ortogonais ou oblíquos. Os métodos ortogonais produzem fatores que não estão correlacionados entre si, chamados de fatores ortogonais. Na rotação oblíqua, os fatores estão correlacionados e, para a interpretação da solução, é necessário levar em consideração tanto as correlações quanto as cargas fatoriais (*loading*). De maneira prática, se o objetivo for a redução do número de variáveis originais, independentemente do quanto significativo os fatores resultantes possam ser, a melhor solução é optar por um método de rotação ortogonal (FÁVERO e BELFIORE, (2017).

Dentre os métodos de rotação ortogonais merecem destaque: 1) O método Varimax, Quartimax e Equamax. O método Varimax é comumente o mais utilizado e busca minimizar o número de variáveis que têm alta cargas em um fator, simplificando a interpretação dos resultados. O método Varimax maximiza a soma de variâncias de cargas exigidas da matriz fatorial. O método Quartimax busca simplificar as linhas de uma matriz fatorial (número de fatores), ou seja, O objetivo fundamental é tornar os pesos de cada variável elevados para um pequeno número de componentes, e próximos de zero (0) para todos os demais componentes. E, por último, o método Equamax congrega as características de ambos os métodos anteriores, ou seja, busca simplificar as linhas e colunas simultaneamente (FÁVERO e BELFIORE, (2017).

4.2.5 Interpretação dos fatores

A última etapa da técnica em análise fatorial refere-se a interpretação e nomeação dos fatores por meio das cargas fatoriais. Entretanto, deve-se levar em consideração quais cargas fatoriais devem ser consideradas para a análise. De acordo com Hair et al., (2009), a regra prática para a determinação do valor das cargas fatoriais deve considerar o tamanho da amostra, ou seja, quanto menor o tamanho da amostra maior deve ser o valor da carga fatorial a escolher. Ou seja, se a amostra possuir 350 observações ou mais, a carga fatorial para a escolha dos fatores principais poder ser 0,3, por outro lado, caso a amostragem seja de 50 observações, então, a carga fatorial para as escolhas tem de ser de 0,75 ou mais (Quadro 3).

Quadro 3 - Relação entre cargas fatoriais e tamanho da amostra

Carga fatorial	Tamanho da Amostra
0,30	350
0,35	250
0,40	200
0,45	150
0,50	120
0,55	100
0,60	85
0,65	70
0,70	60
0,75	50

Fonte: Hair et al., (2009).

4.3 Técnica de Análise de Aglomerados ou Cluster

A técnica de análise de aglomerados (*Cluster Analysis*) é uma técnica estatística de interdependência que permite agrupar casos ou variáveis em grupos homogêneos em função do grau de similaridade entre os indivíduos, a partir de variáveis predeterminadas (FÁVERO, et al., 2009). A ideia principal por trás da técnica é agrupar objetos com base em suas próprias características, buscando assim a estrutura natural desses objetos.

Basicamente, a análise de aglomerados pode ser dividida em cinco etapas:

- 1) Seleção da medida de distância ou semelhança entre cada par de objetos;
- 2) Padronização das variáveis;
- 3) Seleção de algoritmo de agrupamento: Método hierárquico ou não-hierárquico;
- 4) Escolha da quantidade de cluster formados;
- 5) Interpretação e validação dos clusters formados.

A primeira etapa para a elaboração de uma análise de agrupamento consiste na definição prévia da medida de distância (dissimilaridade) ou de semelhança (similaridade) que será adotada. Dentre a variedade de medidas podemos destacar: Distância euclidiana, euclidiana ao quadrado, distância de Minkowski, distância de Manhattan, distância de Chebychev, distância de Camberra, dentre outras.

A segunda etapa de desenvolvimento do modelo de análise de agrupamento é a padronização das variáveis. Caso as variáveis a serem analisadas estejam em medidas de unidade diferenciadas, como é o caso desse trabalho, a intensidade das distâncias entre as observações pode sofrer influência das variáveis que apresentam maior magnitude em seus valores (FÁVERO, et al., 2009). Nesse caso, opta-se pela padronização dos dados fazendo cada variável ter a mesma contribuição sobre a medida de distância a ser utilizada. O método de padronização mais utilizado é conhecido pelo procedimento *Zscores*. Nesse procedimento, o valor de uma nova variável padronizada é obtido pela subtração do correspondente valor da variável original pela sua média e, em seguida, o valor resultante é dividido pelo seu desvio padrão, conforme fórmula abaixo.

$$ZX_{ij} = \frac{X_{ij} - \chi_i}{s_j}$$

- onde: ZX_{ij} é a nova variável padronizada; X_{ij} é a variável original; χ_i é a média e s_j é o desvio padrão.

Caso as variáveis precisem ser padronizadas, o cálculo das medidas de agrupamento citadas sofre alterações analíticas. O quadro 4 ilustra o método de cálculo para cada medida. Na etapa 3 devemos escolher qual seleção do algoritmo de agrupamento que iremos utilizar: Método hierárquico ou não-hierárquico. Enquanto os métodos hierárquicos privilegiam uma estrutura passo a passo (hierárquica) para a formação dos agrupamentos, os esquemas de agrupamento não hierárquicos utilizam algoritmos para maximizar a homogeneidade dentro de cada agrupamento, sem que haja um processo hierárquico para se chegar a esse resultado (HAIR

et al., (2009), FÁVERO, et al., 2009).

Quadro 4 - Método de mensuração das medidas de agrupamento com variáveis padronizadas

Medida de Distância (Dissimilaridade)	Expressão
Euclidiana	$d_{pq} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (ZX_{jp} - ZX_{jq})^2}$
Quadrática euclidiana	$d_{pq} = \sum_{j=1}^k (ZX_{jp} - ZX_{jq})^2$
Minkowski	$d_{pq} = \left[\sum_{j=1}^k (ZX_{jp} - ZX_{jq})^m \right]^{\frac{1}{m}}$
Manhattan	$d_{pq} = \sum_{j=1}^k ZX_{jp} - ZX_{jq} $
Chebychev	$d_{pq} = \max ZX_{jp} - ZX_{jq} $
Canberra	$d_{pq} = \sum_{j=1}^k \frac{ ZX_{jp} - ZX_{jq} }{(ZX_{jp} + ZX_{jq})}$

Fonte: FÁVERO, et al., 2009

O método hierárquico pode ser de dois tipos: aglomerativos ou divisivos. No processo aglomerativo, todas as observações são consideradas separadas e a partir de suas distâncias serão formados grupos até que se chegue a um estágio final de apenas um agrupamento. Dentro do processo aglomerativo são utilizados os métodos de encadeamento do tipo único (*single neighbor*), completo (*furthest neighbor ou complete neighbor*), médio (*betwee groups ou average linkage*) e ward (*mínima variância*). Caso todas as observações sejam consideradas agrupadas e sejam formados grupos menores pela separação de cada observação, até que essas subdivisões gerem grupos individuais, ou seja, observações totalmente separadas, então estamos verificando o processo divisivo.

Por fim, após os estágios anteriores de aglomeração e distância entre os agrupamentos é possível construir um gráfico em formato de árvore capaz de resumir o processo de aglomeração existentes entre as observações, esse gráfico é chamado de dendrograma ou fenograma. Essa ilustração facilita o processo de formação e análise dos agrupamentos formados, simplificando a observação dos cluster existentes.

Adicionando-se a isso, construiremos a partir dos resultados obtidos no modelo de análise fatorial e análise de agrupamento, um modelo com dados em painel para cada

agrupamento (classe de SNI) que serão formados. Esse procedimento busca encontrar as variáveis determinantes para o desenvolvimento dos sistemas de inovação estudados. Nesse sentido, o próximo tópico tratará do modelo conceitual de dados em painel.

4.4 Modelo de Dados em Painel

Os dados em painel, também chamados de dados longitudinais, são conjuntos de dados que possuem dimensões tanto de corte transversal como de série temporal, ou seja, são caracterizados por possuírem observações em duas dimensões que em geral são o espaço e o tempo (WOOLDRIDGE, 2001). A coleta de dados em painel tem por objetivo acompanhar os mesmos indivíduos ao longo de um determinado período. A vantagem de utilizar o método, ainda segundo Wooldridge (2001), é que obter múltiplas observações sobre as mesmas unidades permite o controle de determinadas características não observáveis no objeto de estudo. Então, a estimação dos dados em painel proporciona informações que possibilitam o controle de heterogeneidades não observáveis e constantes no tempo.

O modelo geral, conforme Wooldridge (2001), para dados em painel, com $i = 1, 2, \dots, N$ observações em $t = 1, 2, \dots, T$ períodos e K variáveis podem ser descrito da seguinte forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde Y_{it} é a variável dependente; α_i é um componente fixo que representa o efeito não observado; X_{it} é um vetor ($1 \times K$) contendo as variáveis explicativas; β é um vetor ($K \times 1$) de parâmetros a serem estimados; e ε_{it} é o erro idiosincrático. Nota-se que há um número máximo de N unidades observadas e T períodos, correspondendo a uma base de dados ($N \times T$). Se para cada N unidade observada houver o mesmo número T de observações de séries de tempo, têm-se o que se chama de painel equilibrado. Caso contrário, o painel é denominado de painel não equilibrado.

Além disso, esse modelo possibilita duas especificações distintas, as quais são estimadas de acordo com as pressuposições feitas em relação à possível correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas X_{it} : modelo de efeitos fixos e modelo de efeitos aleatórios. Estes serão explicados de forma mais detalhada nas subseções a seguir.

4.5.1 Modelo de Efeitos Fixos

Conforme descrito na equação (1), α_i representa o efeito não observado, o qual também pode ser chamado de efeito fixo (EF) no modelo. Para eliminar o efeito fixo é feita a *transformação de efeitos fixos* ou *transformação intragrupo*, e para verificar o que esse método envolve, é necessário relembrar o modelo com uma única variável explicativa (Wooldridge, 2001):

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

Agora, para cada i , é calculada a média dessa equação ao longo do tempo. Logo:

$$\bar{Y}_i = \alpha_i + \beta \bar{X}_i + \bar{\varepsilon}_i \quad (3)$$

em que $\bar{Y}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T Y_{it}$, e assim por diante. Pelo fato de α_i ser fixo ao longo do tempo, ele aparece tanto na equação (2) como na (3). Ao subtrair (3) de (2), o resultado será:

$$Y_{it} - \bar{Y}_i = \beta(X_{it} - \bar{X}_i) + \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

ou

$$\check{Y}_{it} = \beta \check{X}_{it} + \check{\varepsilon}_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

- onde $\check{Y}_{it} = Y_{it} - \bar{Y}_i$ são os dados centrados na média de Y e, de forma análoga, \check{X}_{it} e $\check{\varepsilon}_{it}$. É importante observar que na equação (5) o efeito não observado, α_i , desapareceu. Isso sugere a principal característica do modelo de efeitos fixos, que é tratar os α_i 's como variáveis aleatórias não observáveis que são correlacionadas com algum X_{it} em qualquer período de tempo, como na primeira diferença. Por esse motivo, toda variável explicativa que for constante no tempo para todo i é removida pela transformação de efeitos fixos, não podendo adicionar nesse modelo variáveis invariantes no tempo. Caso for entendido que α_i é não correlacionado com X_{it} , é melhor usar o estimador de efeitos aleatórios apresentado na próxima subseção.

4.5.2 Modelo de Efeitos Aleatórios

Ao reescrever o mesmo modelo de efeitos não observados, porém agora com K variáveis explicativas, tem-se:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_0 + \beta_1 X_{it1} + \beta_2 X_{it2} + \dots + \beta_k X_{itk} + \varepsilon_{it}, t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

O modelo de efeitos aleatórios (EA) assume que α_i na equação (6) é puramente aleatório, de acordo com Cameron e Trivedi (2010), e nesse caso α_i será não correlacionado com cada variável explicativa em todos os períodos de tempo, ou seja, $Cov(X_{it}, \alpha_{it}) = 0, t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, k$. Dessa forma, o uso de uma transformação para eliminar α_i resultará em estimadores ineficientes. Caso a hipótese seja satisfeita, é possível definir o termo de erro composto como $v_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$, então a equação (6) pode ser escrita como:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_0 + \beta_1 X_{it1} + \beta_2 X_{it2} + \dots + \beta_k X_{itk} + v_{it}, t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

sendo que se pressupõe α_i como independente e identicamente distribuído (i.i.d.), com variância σ_α^2 e que ε_{it} também é i.i.d. com variância igual a σ_ε^2 . Conforme Wooldridge (2001), como α_i é o erro composto em cada período de tempo, os v_{it} são serialmente correlacionados ao longo do tempo, logo, sob as hipóteses de efeitos aleatórios:

$$\rho_v = Corr(v_{it}, v_{is}) = \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2}, t \neq s \quad (8)$$

onde a $Var(v_{it}) = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2$ e a $Cov(v_{it}, v_{is}) = \sigma_\alpha^2, t \neq s$. A presença de correlação serial no termo de erro composto v_{it} pode ser substancial. Dado que os erros-padrão dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) agrupado ignoram essa correlação, ele serão viesados e também serão incorretas as estatísticas de teste. Os Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) podem ser uma opção para resolver o problema de correlação serial nesse caso, pois estes consideram a correlação entre os erros de cada observação. A transformação em si é a seguinte:

$$Y_{it} - \lambda \bar{Y}_i = \beta_0(1 - \lambda) + \beta_1(X_{it1} - \lambda \bar{X}_{i1}) + \dots + \beta_k(X_{itk} - \lambda \bar{X}_{ik}) + (v_{it} - \lambda \bar{v}_i) \quad (9)$$

em que $\lambda = 1 - [\sigma_\varepsilon^2 / \sigma_\varepsilon^2 + T \sigma_\alpha^2]^{1/2}$, $\sigma_\alpha^2 = Var(\alpha_i)$ e $\sigma_\varepsilon^2 = Var(\varepsilon_{it})$. A transformação em (9) considera variáveis explicativas que sejam constantes ao longo do tempo, sendo essa uma vantagem dos efeitos aleatórios sobre os efeitos fixos ou sobre a primeira diferença. Isso só se torna possível porque, ao tratar de efeitos aleatórios, se presume que o efeito não observado é não correlacionado com todas as variáveis explicativas que fizerem parte do modelo, sejam elas fixas ao longo do período de tempo ou não.

4.5.3 Testes para Especificação Correta

Como dito ao longo desse capítulo, a preferência entre efeitos fixos e efeitos aleatórios dependerá da pressuposição sobre a correlação entre os termos de erro ε_{it} e as variáveis independentes X_{it} . Se ambos não estiverem relacionados, o modelo a ser utilizado será o de efeitos aleatórios e, caso contrário, deve-se utilizar o de efeitos fixos. Para definir qual o melhor modelo a ser utilizado há alguns testes que a literatura indica, e seus resultados indicarão a escolha correta. Dentre esses testes, destacam-se o teste F e o teste de Hausman, apresentados a seguir:

1) Teste F

Desenvolvido por Chow (1987), o teste F verifica a validade da hipótese de que os efeitos específicos das firmas sejam iguais a zero. A estatística do teste pode ser descrita por:

$$F_{(M, NT-K-N)} = \left(\frac{SQRRE - SQRFE}{SQRFE} \right) \left(\frac{NT-K-N}{M} \right) \quad (10)$$

em que os termos $SQRFE$ e $SQRRE$ se referem à soma dos quadrados dos resíduos dos modelos de efeitos fixos e aleatórios, respectivamente. Ou seja, o teste F verifica a validade da hipótese de ausência de efeitos específicos dos municípios, a qual é dada por $H_0: \alpha_i = 0$.

2) Teste de Hausman

O teste proposto por Hausman (1978) é utilizado para testar a ortogonalidade entre os efeitos em comum (efeito fixo) e os regressores. O objetivo do teste é verificar a relação entre o ruído branco ε_{it} e as variáveis explicativas X_{it} . Sob a hipótese nula, as duas estimações não diferem sistematicamente, e o teste de especificação é medido através da diferença das matrizes de covariância assintótica dos modelos:

$$H = (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' [V_{FE} - V_{RE}]^{-1} (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) \quad (11)$$

As hipóteses a serem testadas são descritas por:

$$\begin{aligned}
 H_0: \varepsilon_{it} &\text{ não possui relação com as variáveis explicativas } X_{it}; \\
 H_1: \varepsilon_{it} &\text{ possui relação com as variáveis explicativas } X_{it},
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Em que a condição necessária para rejeitar a hipótese nula é obter um valor crítico com distribuição qui-quadrado maior que o valor de 0,05. Caso a hipótese nula (H_0) seja aceita, o modelo a ser utilizado será de efeitos aleatórios. Entretanto, caso seja aceita a hipótese alternativa (H_1), em que há relação do ruído branco com as variáveis explicativas, o modelo escolhido é o de efeitos fixos, conforme Johnston e DiNardo (1972).

3) Teste de Raiz Unitária de Im, Pesaran e Shin (2003) - IPS

O teste de IPS especifica um regressão do tipo *Dicky-Fuller aumentado (ADF)* para cada unidade de *cross section* do painel. Após a estimação de cada uma das regressões, calcula-se a média aritmética das estatística do tipo t para os coeficiente α para obter as estatísticas do teste para dados em painel, que após algumas operações sistematizadas, apresentará distribuição padrão normal (SCARPELLI, 2010).

4) Teste de Cointegração de Pedroni (1999)

O teste de cointegração de Pedroni é um teste em si complexo. Pedroni constrói um total de sete estatísticas de testes cujos graus e poder são distintos para diferentes N e T. A distribuição segue a distribuição normal e uma das principais vantagens desse método é que não há imposição de exogeneidade dos regressores (SCARPELLI, 2010).

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Seguindo o exposto por Fávero *et al.*, (2009), esse capítulo descreverá os resultados obtidos, as análises e discussões do modelo de análise fatorial por componentes principais levando em consideração os 4 (quatro) estágios fundamentais para a construção do modelo: 1) Adequação do modelo; 2) Extração dos fatores iniciais; 3) Rotação dos fatores e 4) Interpretação dos fatores encontrados. No primeiro estágio, para que a análise fatorial seja

adequada deve-se analisar: a) A matriz de correlação dos dados, para verificar se existem valores significativos para justificar a utilização da técnica; b) Verificar a estatística de adequação global KMO e o teste de esfericidade de Bartlett. No segundo estágio, busca-se decidir: a) O método de extração dos fatores; e b) O número de fatores selecionados para explicar a estrutura dos dados. No terceiro estágio, rotacionasse os fatores para buscar uma melhor interpretação e transformação dos coeficientes dos componentes principais retidos em uma estrutura simplificada. E, por último, a interpretação, organização e nomeação dos fatores por meio das cargas fatoriais. Bem como, será realizado o ranqueamento dos países analisados e a elaboração das tipologias para a identificação dos SNI.

Após essas estimações, serão elaborados através das variáveis encontradas nos fatores modelos com dados em painel. Os modelos utilizarão as divisões e tipologias para separação e análise dos modelos com dados em painel. Esses procedimentos serão realizados no intuito de se observar quais variáveis apresentam maior importância estatística de acordo com cada classe dos SNI encontrados. Utilizaremos como *proxy* para medir o desenvolvimento dos sistemas de inovação estudados, a variável PIB per capita de cada país (FAGERBERG e SRHLOEC, 2007).

5.1 Análise Descritiva

De acordo com Hair *et al.*, (2009), o menor tamanho absoluto possível para uma análise fatorial bem fundamentada deve possuir uma amostra de 50 observações, como a amostragem aqui presente. Entretanto, os autores salientam que além do número de observações serem maiores que o número de variáveis, a carga fatorial a ser escolhida para a geração dos fatores explicativos deve ser inversamente proporcional ao número de observações a serem escolhidos. Ou seja, quanto menor for a amostragem maior deve ser a carga fatorial. Assim, para 50 observações a carga fatorial a escolher deve apresentar valores superiores a 0,75 (Quadro 1).

Com relação a análise descritiva, para Fávaro e Belfiore (2017), a estatística descritiva descreve e sintetiza as características principais e fundamentais observadas em um conjunto de dados por meio de tabelas, gráficos e medidas-resumo (média, moda mediana, desvio-padrão, dentre outros), permitindo uma melhor compreensão do comportamento dos dados e são fundamentais para o início ideal de qualquer modelagem. Neste sentido, antes de tudo, sintetizou-se as principais análises descritivas dos dados na Tabela 9.

Tabela 9 - Análise descritivas das variáveis analisadas

Variável	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor máximo
educação	22,30	4,01	12,55	32,63
tecp&d	971,90	1.009,34	10,78	4.852,89
artigos	48.152,15	94.227,45	135,00	528.263,30
pesqp&d	30.174,73	2.562.273,00	38,79	8.407,76
desp&d	15.474	12.221	0,12	5,14
patres	42.762,14	1.823.77,4	55,00	1.243.568
patnres	17.167,44	52.284,75	35,00	3.36.340
expaltec	163.776	1.379.601	0,3	62,25
empp&d	193.704	1.138.195	1,1	50,56
credsetpriv	804.808	3.887.505	10,43	165,39
idel	3,79	6,31	-11,69	37,48

Fonte: Resultado da pesquisa.

5.2 Resultados da Análise Fatorial

5.2.1 Adequação do modelo

No estágio de adequação do modelo, de acordo com Fávero *et al.*, (2009), devemos analisar a matriz de correlação das variáveis e os testes adicionais de adequação. Com relação a matriz de correlação, caso a visualização e interpretação das correlações entre as variáveis não revelarem um número significativo de valores superiores a 0,3, então há fortes indícios de que deve procurar uma outra técnica multivariada ou não para a interpretação dos dados (HAIR, *et al.*, 2009 e MANLY, 2008). Analisando a Tabela 10, percebeu-se altas correlações entre as variáveis e muito poucos valores abaixo de 0,3.

Como exposto por Fávero *et al.* (2009, p. 242), “a baixa correlação de determinada variável com as demais não necessariamente implica sua eliminação, uma vez que esta variável pode representar um fator isoladamente”. Dessa forma, outro aspecto que deve ser observado diz respeito à avaliação das comunalidades, que representam a quantia de variância explicada pela solução fatorial de cada variável, onde comunalidades menores que 0,5 são consideradas como explicação insuficiente (HAIR *et al.*, 2005).

Para que seja verificada a adequação global propriamente dita da extração dos fatores, recorreremos à estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e ao teste de esfericidade de Bartlett. A partir do resultado obtido pelo teste KMO, a adequação global da análise fatorial pode ser

considerada razoável. Entretanto, quando analisamos os resultados obtidos pela estatística $\chi^2_{Bartlett}$, podemos afirmar que para o nível de significância de 5% e 66 graus de liberdades que a matriz de correlações de Pearson é estatisticamente da matriz identidade de mesma dimensão (Tabela 11).

Ressalta-se que deve, dentre os dois testes de adequação global, ser sempre preferido o teste de esfericidade de Bartlett à estatística KMO para efeitos de decisão sobre a adequação global da análise fatorial, visto que, enquanto o primeiro é um teste com determinado nível de significância, o segundo é apenas um coeficiente (estatística) calculado sem distribuição de probabilidades determinada e hipóteses que permitam avaliar o nível correspondente de significância para efeitos de decisão (FÁVERO e BELFIORE, 2017).

Tabela 10 - Matriz de Correlação de Pearson das Variáveis

Variáveis	educação	tecp&d	artigos	pesqp&d	desp&d	patres	patnres	expaltec	empp&d	credsetpriv	idel
educação	1.0000										
tecp&d	0.5345	1.0000									
artigos	0.5803	0.7660	1.0000								
pesqp&d	0.6349	0.4524	0.5509	1.0000							
desp&d	0.4693	0.4587	0.2590	0.7168	1.0000						
patres	0.5515	0.5833	0.6605	0.6024	0.5117	1.0000					
patnres	0.4299	0.0087	0.6607	0.0970	0.2771	0.6004	1.0000				
expaltec	0.6574	-0.0091	-0.6235	0.4395	0.5027	-0.7316	0.1224	1.0000			
empp&d	0.7881	0.1903	0.4234	0.2589	0.6364	0.3705	0.3801	-0.4626	1.0000		
credsetpriv	0.6640	0.0032	0.5254	0.6274	0.4808	0.6329	0.2918	0.2220	0.4202	1.0000	
idel	0.4643	0.0988	0.6685	0.5546	0.4047	0.3361	0.3453	0.0886	0.1078	-0.0122	1.0000

Fonte: Resultado da pesquisa.

Tabela 11 - Resultado do Teste KMO e o Teste de Bartlett

Teste		Valor Encontrado
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)		0,683
Teste de esferecidade de Bartlett	Qui-Quadrado	359.521
	Graus de Liberdade	66
	P-valor	0.000

Fonte: Resultado da pesquisa

Após os testes de adequação para a análise fatorial, procedeu-se a extração dos fatores através do método dos componentes principais. Adotou-se esse procedimento por ser o mais utilizado, já que se baseia no pressuposto de que podem ser extraídos fatores não correlacionados a partir de combinações lineares das variáveis originais. A análise fatorial por componentes principais permite, portanto, que, a partir de um conjunto de variáveis originais correlacionadas entre si, seja determinado outro conjunto de variáveis (fatores) resultantes da combinação linear do primeiro conjunto (FÁVERO e BELFIORE, 2017; HAIR *et al.*, (2009).

5.2.2 Extração dos fatores iniciais e rotação dos fatores

Corroborando com os testes de adequação, a Tabela 12 contempla a comunalidade das variáveis analisadas. O objetivo principal da análise das comunalidades é verificar se alguma variável acaba por não compartilhar um significativo percentual de variância com os fatores extraídos. Somado a isso, pode ser observado que praticamente todas as variáveis possuem um poder de explicação alto, considerando todos os fatores obtidos, com exceção da variável exportações de alta tecnologia. Essa variável apresentou comunalidade baixa e, por isso, na extração dos fatores essa variável apresentou baixa carga fatorial.

Tabela 12 - Comunalidade (H2) das variáveis analisadas

Variável	Inicial	Comunalidade (H2)
educação	1	0.7223
tecn&d	1	0.7433
artigos	1	0.9393
pesq&d	1	0.8135
desp&d	1	0.6706
patres	1	0.7875
patnres	1	0.7708

Variável	Inicial	Comunalidade (H2)
expaltec	1	0.3907
empp&d	1	0.5391
credsetpriv	1	0.8103
idel	1	0.7357

Fonte: Resultado da pesquisa (Colocar nome sintético das variáveis).

A partir dos resultados obtidos a partir da extração dos fatores não rotacionados, de acordo com (Hair *et al.*, 2009), deve-se manter os fatores com autovalores maiores que 1 (um). Sendo assim, foram encontradas 4 dimensões (fatores) de variabilidades comuns existentes no conjunto de dados utilizados. Esses 4 fatores em conjunto explicam cerca de 72,71% da variância observada, com os fatores 1, 2, 3 e 4 representarem, respectivamente 32,4%, 18%, 12,9% e 9,2%.

Analisando as Tabelas 13 e 14 com as cargas fatoriais não rotacionadas notamos um padrão disperso e de difícil interpretação da análise dos fatores. Optamos pela rotação dos fatores no intuito de melhorar a interpretação pela redução de algumas das ambiguidades que frequentemente acompanham as soluções fatoriais não-rotacionadas (HAIR *et al.*, 2009). O método de rotação adotado foi o Varimax ortogonal com normalização de Kaiser que é um dos métodos de rotação ortogonal mais comumente utilizado dentre os métodos ortogonais, em suma, ele procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fato (MANLY, 2008, FÁVERO e BELFIORE, 2017). Além disso, esse método busca a redução dos dados a um número menor de variáveis ou a um conjunto de medidas não correlacionadas para uso subsequente em outras técnicas multivariadas (HAIR *et al.*, 2009). Os resultados confirmam a existência de 4 (quatro) fatores fundamentais para a explicação de 72,7% das variâncias observadas. Esse e outros resultados adicionais encontram-se na Tabela 15.

Tabela 13 - Autovalores (raiz característica), percentual explicado por cada fator (%) e a variância acumulada (%)

Fatores	Autovalor	Diferença	Proporção	Cumulativo
1	3.889	1.719	0.324	0.324
2	2.170	0.613	0.180	0.505
3	1.556	0.448	0.129	0.635
4	1.108	0.269	0.092	0.727
5	0.839	0.145	0.070	0.797
6	0.693	0.106	0.057	0.854
7	0.587	0.110	0.048	0.903

Fatores	Autovalor	Diferença	Proporção	Cumulativo
8	0.476	0.087	0.039	0.943
9	0.388	0.183	0.032	0.976
10	0.205	0.150	0.017	0.993
11	0.028			1.000

Fonte: Resultado da pesquisa

Tabela 14 - Matriz de cargas fatoriais – Sem rotação

Não Rotacionado				
Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
educação	0.2747	0.344	0.7241	-0.0645
tecp&d	0.0937	0.3356	0.7873	-0.0458
artigos	0.7458	-0.6059	0.0613	-0.1104
pesqp&d	0.5975	0.6341	-0.1198	0.2002
desp&d	0.6739	0.3687	-0.1153	0.2594
patres	0.6811	-0.5452	0.0109	-0.162
patnres	0.6832	-0.5421	0.0817	-0.0593
expaltec	0.0297	0.4287	-0.2223	-0.03957
empp&d	0.5845	-0.0821	0.3757	0.2226
credsetpriv	0.7011	0.4451	-0.3114	-0.154
idel	0.0826	-0.1017	-0.1291	0.8378

Fonte: Resultado da pesquisa

Tabela 15 - Matriz de cargas fatoriais, comunalidades e unicidade – Com rotação Varimax

Fator	Variância	Diferença	Proporção da variância explicada		Cumulativo
1	29,541	0,037	0,246		0,246
2	29,166	1,219	0,243		0,489
3	1,697	0,539	0,141		0,630
4	1,157	-	0,096		0,727

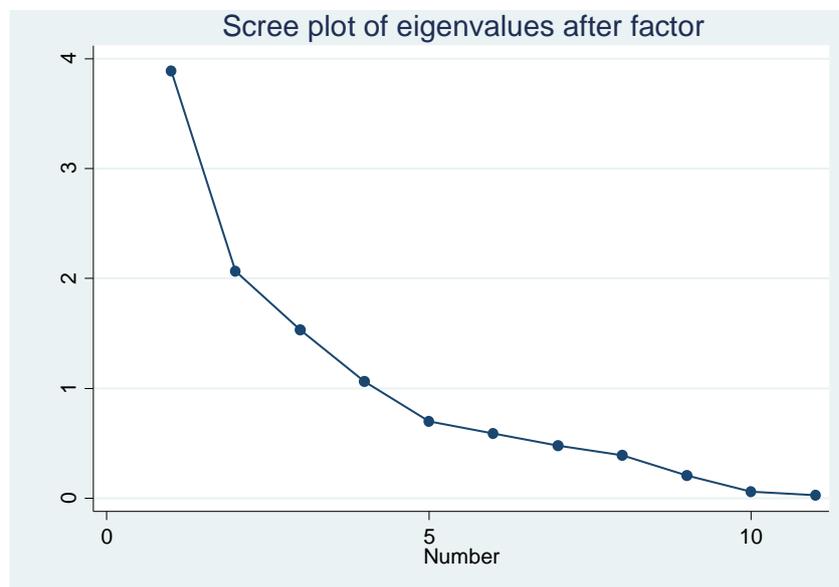
Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Unicidade (1-H2)	Comunalidade (H2)
educação	0.0406	0.1437	0.8337	-0.0706	0.2777	0.7223
tecp&d	-0.0757	-0.0076	0.8569	-0.0562	0.2567	0.7433
artigos	0.9613	0.1118	-0.0041	0.0522	0.0607	0.9393
pesqp&d	-0.0724	0.8711	0.2006	0.0965	0.1865	0.8135
desp&d	0.1535	0.7651	0.1324	0.2101	0.3294	0.6706
patres	0.8786	0.1163	-0.0428	-0.0165	0.2125	0.7875
patnres	0.8667	0.106	0.024	0.0878	0.2292	0.7708
expaltec	-0.2273	0.3206	-0.0608	-0.4823	0.6093	0.3907
empp&d	0.4609	0.2489	0.4268	0.2873	0.4609	0.5391
credsetpriv	0.1736	0.8554	-0.0183	-0.2196	0.1897	0.8103
idel	-0.0373	0.1299	-0.1416	0.8351	0.2643	0.7357

Fonte: Resultado da pesquisa

Ainda segundo Fávero e Belfiore, (2017) e Hair *et al.*, (2009), um método (teste)

adicional para a confirmação dos números de fatores a ser adotado, o teste *scree*. O teste *scree* é usado para identificar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantidade de variância única comece a dominar a estrutura de variância comum. Em resumo, ele é construído fazendo-se o gráfico das raízes latentes em relação ao número de fatores em sua ordem de extração, e a forma da curva resultante é usada para avaliar o ponto de corte. Utilizando esse critério confirmou-se a existência de 4 (quatro) fatores para a análise (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico de autovalores para o critério do teste scree



Fonte: Resultado da pesquisa utilizando o software Stata 13

5.2.3 Interpretação dos fatores e variáveis encontrados

De acordo com Fávero *et al.*, (2009), deve-se ter uma preocupação adicional com o tamanho da amostra e a escolha das cargas fatorial. De um modo geral, quanto menor a quantidade de observações adotadas, mais alta deve ser a carga fatorial para a escolha dos fatores a serem analisados. Como nesse trabalho o tamanho da amostra é de 50 observações, deve-se levar em consideração cargas fatoriais a partir de 0,75, assim como preconiza (KLINE, 1994 e HÄRDLER e SIMAR, 2019). Seguindo o exposto os 4 fatores com suas devidas nomenclaturas encontram-se listados na Quadro 5.

Mais especificamente aos resultados obtidos, a variável chave para a medição da capacidade inovativa para um determinado ano é baseada no número de patentes concedidas naquele ano (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; STERN, PORTER E FURMAN (2000),

USMAN *et al.*, (2022); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2008); HU e MATHEUS (2005); FAGERBERG e SRHOLEC (2007); CASTELLASSI e NATERA (2011)). Patentes são, até hoje, o mecanismo institucional comum mais aplicado para a proteção dos direitos de propriedade e garantia das invenções, antes que ocorram a inovação e sua difusão. O sistema de patentes é, também, um incentivo poderoso no incentivo primário para cientista e empreendedores na garantia de recompensa e seguranças para suas invenções. O sistema de patentes fornece sobretudo meios legais, em mercados competitivos, para a apropriação dos retornos das invenções (SUAREZ-VILLA, 1996).

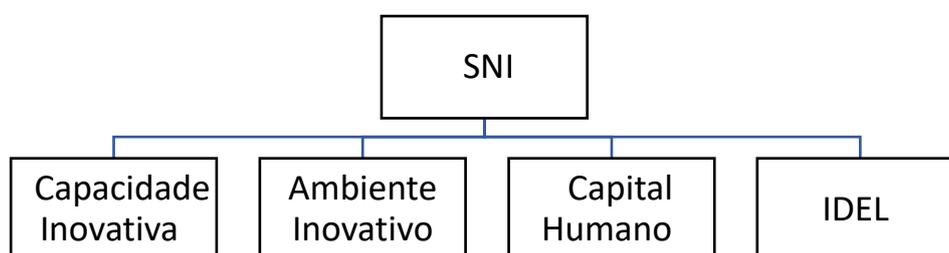
Quadro 5 - Interpretação e Nomeação dos fatores

Fator 1: Capacidade Inovativa	1) Artigos de Revista Técnica e Científica 2) Pedidos de Patentes (Residentes) 3) Pedidos de Patentes (Não Residentes)	
Fator 2: Ambiente Inovativo	2.1) Capacidade de Absorção	1) Pesquisadores em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) 2) Despesas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
	2.2) Crédito Doméstico	1) Crédito Doméstico ao Setor Privado
Fator 3: Capital Humano	3.1) Investimento em Educação	1) Despesas com Educação Superior
	3.2) Aprendizado em P&D	2) Técnicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
Fator 4: Investimento Estrangeiro	3) Investimento Direto Estrangeiro Líquido (IDEL)	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Em resumo, o desenvolvimento dos SNI depende da sua capacidade inovativa, do ambiente inovativo nacional, do capital humano empregado e dos investimentos estrangeiros líquidos (Figura 6). Sendo assim, o fator 1 **Capacidade Inovativa** refere-se a todo o estoque de conhecimento inventivo disponível (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993). Segundo os autores, a capacidade inovadora de um país é um indicador de invenção e uma medida potencial de inovação. Em resumo, quanto maior o número de invenções registradas com patente disponíveis maior será a probabilidade de serem aplicados como uma inovação em alguma atividade potencialmente útil. Ainda segundo os autores, a capacidade inovativa é, essencialmente uma medida de conhecimento científico e tecnológico gerado endogenamente do país e de suas capacidades.

Figura 3 - Fatores determinantes do desempenho dos SNI estudados



Fonte: Elaboração do autor.

Entretanto, Fagerberg e Srholec (2007) utilizaram em seu estudo outras variáveis para a mensuração da capacidade inovativa. Além de utilizar as patentes para a representação da capacidade inovativa de uma nação, os autores utilizaram a variável publicação científica (artigos de revista) para a medição. Os autores englobaram a variável capacidade inovativa para descrever a composição de uma outra variável denominada de “sistema de inovação”. Como resultados encontrados, a capacidade inovativa está diretamente ligada na dinâmica de evolução do sistema de inovação e, por conseguinte, no desenvolvimento econômicos dos países analisados.

O segundo fator Ambiente Inovativo foi desmembrado em dois subitens: capacidade de absorção e crédito doméstico. O conceito de capacidade de absorção foi introduzido na literatura pelo trabalho seminal de Cohen e Levinthal (1990), a partir do qual disseminaram-se diversos outros estudos, sobretudo empíricos, sobre a capacidade de absorção de novos conhecimentos. Neste aspecto, Cohen e Levinthal (1990) definem capacidade de absorção como a capacidade de uma empresa de reconhecer o valor de novas informações e conhecimentos, assimilá-los e aplicá-los para fins comerciais. Assim, a simples aproximação com fontes externas de conhecimento não garante que a firma seja capaz de assimilar, transformar e comercializar na forma de produtos e processos os novos conhecimentos adquiridos.

Entre os artigos empíricos que utilizam outras variáveis para mensurar a capacidade absorção podemos elencar aqueles que utilizaram medidas diretamente relacionadas a motivação e habilidades do funcionário WURYANINGRAT (2013), aqueles que utilizaram pessoal de P&D (HUANG *et al.*, 2005), funcionários com ensino superior (KOSTOPOULOS *et al.*, 2011, e MOILANEN (2014), atividades de treinamento e/ou investimento em treinamento (DUTSE, 2013), como capital humano e despesas em P&D (HAQ, HUSSAIN E

AMIN, 2022). Entretanto, muitos deles se concentram na utilização para medição da capacidade de absorção variáveis ligadas as despesas em P&D.

Sobre a subdivisão que gerou a variável “Crédito doméstico”, Shang, Song e Wu (2017) destacam a importância do mercado de crédito doméstico sobre as capacidades inovadoras de empresas industriais. Segundo os autores, o mercado de crédito doméstico aprimora os incentivos de inovação das empresas. Entretanto, as restrições de créditos das empresas e as performances das empresas são canais fundamentais para o desenvolvimento do mercado de crédito o que afeta diretamente a capacidade inovadora das empresas.

Seguindo o mesmo raciocínio, Amora, Schneider e Zaldoka (2013), apresentam evidências que o desenvolvimento do mercado de crédito doméstico gera um papel importante no progresso tecnológico dos países. Os autores descobriram que a desregulamentação bancária permite aos bancos e ao crédito uma maior expansão geográfica, aumentando a disponibilidade e a qualidade do crédito doméstico. Outro resultado importante foi demonstrar que esses créditos foram associados à adoção de novas tecnologias de triagem e monitoramento nas empresas manufatureiras.

O fator 3 Capital Humano foi dividido em duas outras variáveis: O papel do Estado e o Aprendizado em P&D. Quanto ao papel do estado para o desenvolvimento de SNI é amplamente discutido na literatura (NELSON e ROSENBERG, 1993; MOWERY e ROSENBERG, 1993; CHESNAY, 1993; MALERBA, 1993; EDQUIST e LUNDEVALL, 1993; KIM 1993; LUNDEVALL, 2010; GREGERSEN, 2010; CHAMINADE, LUNDEVALL e HANEEF, 2018; EDQUIST, 1997; SCHMOCH, RAMMER e LEGLER, 2006, MAZZUCATO, 2014; MAZZUCATO, 2015; FREEMAN, 1995, BLOCK (2011); KELLER (2011), dentre uma infinidade de outros estudos). Em resumo, a maioria das inovações radicais, revolucionárias que alimentaram a dinâmica do capitalismo (das ferrovias à internet, até a nanotecnologia e a farmacêutica moderna) aponta para o Estado como origem dos investimentos “empreendedores” mais corajosos, incipientes e de capital intensivo (MAZZUCATO, 2014 e 2015).

O fator 3 também se subdividiu na variável “Aprendizado em P&D” representado por técnicos em P&D. Muitas das vezes negligenciado no processo de geração e difusão de tecnologia, os técnicos em P&D usam seus conhecimentos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática para a resolução de uma diversidade de problemas práticos que surgem em pesquisa e desenvolvimento, produção e manutenção (LEWIS, 2019). Esses atores trazem, de acordo com Lewis (2019), contribuições significativas para a geração, desenvolvimento e difusão das inovações geradas.

Os técnicos em P&D além de negligenciados na literatura sobre sistemas de inovação, apresentam papel importante na dinâmica desses ambientes (LEWIS, 2023). Segundo o autor, esses trabalhadores ocupam funções que exigem habilidades e conhecimentos de nível intermediário em ciência, tecnologia, inovação, engenharia e matemática e configurar um extraordinário papel no desenvolvimento dos sistemas de inovação e nas empresas de muitos países. Nesse sentido, o aprimoramento e o desempenho que a tecnologia efetiva possa trazer dependerá da capacidade que os técnicos possuam de adaptar, operar, solucionar, manter e instalar tais tecnologias. Os técnicos em P&D estão envolvidos na instalação, comissionamento, manutenção e melhoria de plantas e instalações industriais químicas e na biotecnologia industrial.

E, por último, o fator 4 (Investimento estrangeiro direto) apresentou apenas uma variável com cargas fatoriais significativas, o investimento estrangeiro direto (IED). Para Warwick (2013), dentre os principais impactos positivos do IED estão: 1) Expansão da capacidade produtiva, 2) criação de empregos, 3) aprimoramento de capital humano, 4) inovação e difusão de tecnologia e 5) desenvolvimento empresarial. Entretanto, os benefícios positivos estão subordinados às capacidades absorptivas dos sistemas de inovação e estão diretamente relacionadas apenas a ganhos de produtividade do trabalho (FISCHER e QUEIROZ, 2015).

Na mesma linha, Fu (2008) mostra a contribuição significativa do IED para a capacidade de geração de inovação regional. O IED não somente apresenta resultados positivos para o sistema de inovação, mas também, para a produtividade da inovação nos países (YUE, 2022). No entanto, o autor destaca que o efeito positivo depende da capacidade de absorção e da presença de ativos complementares de inovação.

5.2.4 Relevância estatística de cada fator encontrado

Após a determinação e discussão sobre cada fator encontrado, realizou-se um modelo de regressão múltipla com os fatores determinados. A variável dependente utilizada foi a taxa de crescimento do PIB per capita de cada país analisado, possibilitando mensurar a importância de cada fator para o desempenho dos Sistemas Nacionais de Inovação das 50 maiores economias, assim como usado em FAGERBERG e SRHLOEC (2007). Utilizou-se, também, o erro-padrão robusto na tentativa de se chegar a uma medida mais precisa do erro-padrão verdadeiro de cada coeficiente. Optou-se, então, por esse método para corrigir o problema com heterocedasticidade presente (Realizou-se o teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisber para

heterocedasticidade⁸ e o teste de White).

Os resultados encontrados demonstram claramente a importância das variáveis (fatores) para os SNI (Tabela 16). A variável “Capacidade Inovativa” apresentou-se como a de maior impacto de acordo com os coeficientes encontrados, seguido pelo Investimento direto, Capital Humano e Ambiente inovativo.

Tabela 16 - Modelo de regressão múltipla com os fatores determinados para os SNI

Variável Dependente: TxPIBpercapita (Logaritmo natural)				
Parâmetros/Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	Estatística t	P-Valor
Capacidade Inovativa	1.072	0.279	3.83	(0.000)***
Ambiente Inovativo	0,503	0.201	2.51	(0.000)**
Capital Humano	0,569	0.234	2.54	(0.000)**
Investimento Estrangeiro	0.305	0.324	2.87	(0.001)**

Fonte: Elaboração própria. Software utilizado: Stata 13. Nota: 1) *** estatisticamente significativa a 1% e 2) ** estatisticamente significativa a 5%.

Breusch-Pagan/Cook-Weisber - $\chi^2(1) = 3.83$ – P-valor = 0.000/ R^2 ajustado = 0.68/ P-valor F = 0.00.

5.2.5 Tipologias dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

Após as estimações do modelo de análise fatorial e da análise de relevância estatística dos fatores encontrados, serão descritas as tipologias dos SNI através da técnica de análise de agrupamento. As etapas para a determinação dos cluster formados, seguiu o exposto por FÁVERO et al., (2009). Dando continuidade, foi gerado uma matriz de medida de dissimilaridade por distância euclidiana. Para a realização dos agrupamentos foi utilizado o procedimento de cluster hierárquico sob o método divisivo no Dendrograma.

Para a formação dos clusters foi utilizado o método de *Ward* (mínima variância). Esse procedimento de agrupamento hierárquico no qual a similaridade usada para juntar

⁸ Teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg, baseia-se no multiplicador de Lagrange (*LM*), apresenta, como hipótese nula, o fato de a variância dos termos de erro ser constante (erros homocedásticos) e, como hipótese alternativa, o fato de a variância dos termos de erro não ser constante, ou seja, os termos de erro serem uma função de uma ou mais variáveis explicativas (FÁVERO e BELFIORE, 2017).

agrupamentos é calculada como a soma de quadrados entre os dois agrupamentos somados sobre todas as variáveis. Esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido à sua minimização de variação interna (HAIR *et al.*, (2009).

Analisando o dendrograma observa-se a construção de 3 (três) cluster diferenciados e bem definidos, dado pela linha divisória que corta a ilustração (Figura 7). Vale destacar que a construção dos agrupamentos e divisões gerados não tem o objetivo de ranqueamento dos países encontrados e sim, de tentativa de entendimento do comportamento dos sistemas de inovação analisados. Assim, a divisão em agrupamento possibilitou a dinâmica de formação de 3 (três) tipologias de SNI, de acordo com a Tabela 17:

- **Os SNI de fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª classe** – O sistema de inovação de fronteira tecnológica foi composto por China e Estados Unidos. Os sistemas desenvolvidos de 1ª classe foram formados com a composição dos seguintes países: Coreia, Finlândia, Áustria, Alemanha, Holanda, Bélgica, Canadá, República Checa e Itália. Esses sistemas de 1ª classe apresentam-se com potencial para atingir a fronteira tecnológica.
- **Os SNI desenvolvidos de 2ª classe** – Composto por 19 países. Esse cluster apresenta os países com SNI desenvolvidos e com sistemas de inovação tecnologicamente dinâmicos e aqueles que apresentam interações tecnológicas diferenciadas em sua região, como o caso do Chile.
- **Os SNI de 3ª classe** - Composto por 20 países. Esse aglomerado corresponde aos sistemas que não conseguiram consolidar sua infraestrutura de Ciência e Tecnológica e aqueles que apresentam debilidades recentes que os fizeram descolar dos SNI imediatamente superiores. Notadamente, que esses últimos podem retornar a tipologia superior quando cessados os entraves que propiciaram a perda de dinâmicas dos seus SNI.

De forma geral, corroborando com essa divisão de sistemas, a literatura sobre tipologias, os países que compõem a 1ª classe dos SNI aparecem com classificações muito distintas. Por exemplo, em Patell e Pavitt (1994), os Estados Unidos eram classificados como SNI míopes em detrimento de Japão e Alemanha analisados como sistemas de inovação dinâmicos.

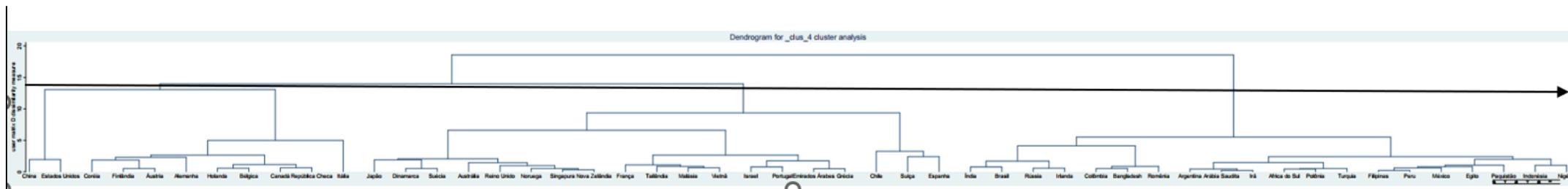
Basicamente, os fatores que diferenciavam essas tipologias estavam ligados à dinâmica de funcionamento do sistema financeiro ligado aos negócios, ao método de gerenciamento em empresas intensivas em P&D e ao sistema de educação.

Para Albuquerque (1996), o sistema de inovação americano é classificado dentro dos países situados na fronteira tecnológica, assim como a tipologia de enquadramento desse trabalho. Entram nessa categoria Japão e Alemanha. Em Albuquerque (1999), o SNI americano é classificado como um sistema maduro.

Com relação à dinâmica de análise e surgimento do sistema de inovação chinês, a literatura clássica deixa uma lacuna em aberto para o entendimento de seu funcionamento. Essa questão poderia estar relacionada pela dificuldade de obtenção de dados referente à dinâmica de surgimento do SNI ou mesmo pelo baixo entendimento que o país formaria um sistema de inovação tão pujante e dinâmico. No livro *National Innovation Systems: A Comparative Analysis* (1993), os autores dividem a análise dos sistemas por nível de renda sem análise ou citação do SNI chinês. Somando-se a isso, no artigo de Patell e Pavitt (1994), o sistema de inovação chinês não é citado e no artigo de Albuquerque (1994), não é classificado dentro das tipologias encontradas, sendo inserido na denominação “outros” junto com os sistemas de inovação da Turquia e Paquistão.

No caso especial da colocação do Japão no grupo de SNI desenvolvidos de 2ª classe, Branstetter e Nakamura (2003) destacam que não evidenciam que a capacidade inovadora declinou. Entretanto, os autores são claros em pontuar que a capacidade de crescimento japonesa falhou ao não conseguir repetir o crescimento da década de 80. A queda substancial no número de patentes concedidas e, retirando o setor de eletrônicos, houve uma queda substancial na produtividade de P&D.

Figura 7 - Dendrograma com a formação de 3 cluster para os SNI estudados



Fonte: Elaboração própria. Stata 13.

Tabela 17 - Descrição dos agrupamentos encontrados

Agrupamentos	Tipologia	Número de países	Países
1	Fronteira tecnológica e Desenvolvidos de 1ª classe	11	China, Estados Unidos, Coréia, Finlândia, Áustria, Alemanha, Holanda, Bélgica, Canadá, República Checa e Itália.
2	Desenvolvidos de 2ª classe	19	Japão, Dinamarca, Suécia, Austrália, Reino Unido, Noruega, Singapura, Nova Zelândia, França, Tailândia, Malásia, Vietnã, Israel, Portugal, Emirados Árabes, Grécia, Chile, Suíça e Espanha.
3	Em desenvolvimento (SNI de 3ª classe)	20	Índia, Brasil, Rússia, Irlanda, Colômbia, Bangladesh, Romênia, Argentina, Arábia Saudita, Irã, África do Sul, Polônia, Turquia, Filipinas, Peru, México, Egito, Paquistão, Indonésia e Nigéria.

Fonte: Elaboração própria.

5.2.6 Análise descritiva dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) encontrados

Após as estimações da análise de componentes principais e os modelos de análise de agrupamento, essa seção realizará uma análise descritiva dos SNI estudados e dos fatores encontrados (Capacidade Inovativa, Ambiente Inovativo, Capital Humano e Investimento Direto Líquido Estrangeiro). Será analisado os sistemas de inovação de acordo com a tipologia enquadrada na parte anterior.

5.2.6.1 Capacidade Inovativa

Para a análise da variável (fator) capacidade inovativa as variáveis utilizadas serão: artigos de periódicos científicos e técnicos, patentes não-residentes e patentes residentes. Com relação a primeira das variáveis, os dados mostram claramente um descolamento de China e Estados Unidos com relação aos demais países observados para o ano de 2019 (Tabela 18). De acordo com os dados da *National Science Foundation, Science and Engineering Indicators*, a china ultrapassou os Estados Unidos em 2015 e de 1996 a 2019, a produção chinesa de artigos e periódicos aumentou mais de 1000%. No mesmo período, diversos outros países apresentaram variação superior a japonesa, com destaque para Índia, Dinamarca e Reino Unido.

Tabela 18 - Valores e posição de cada país com relação a variável artigos de periódicos científicos e técnicos (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Estados Unidos	306.472,50	China	610.458,55	1º
Japão	96.607,21	Estados Unidos	438.020,45	2º
Reino Unido	77.969,06	Índia	129.549,92	3º
Dinamarca	69.738,56	Dinamarca	108.725,20	4º
China	53.284,78	Reino Unido	101.343,03	5º
França	50.006,98	Japão	101.039,83	6º
Itália	36.209,65	Rússia	87.168,13	7º
Canadá	34.252,57	Itália	76.301,91	8º
Rússia	32.706,64	Coréia	68.934,36	9º
Espanha	25000,67	França	65758,26	10º
Austrália	23495,94	Brasil	64.376,69	11º
Índia	21.408,98	Canadá	62.742,71	12º
Holanda	18.865,25	Espanha	58751,47	13º
Coréia	15.875,05	Austrália	57258,26	14º
Suécia	14569,85	Irã	52.885,10	15º
Polônia	12.984,35	Turquia	37.430,02	16º
Brasil	12.800,36	Polônia	34.816,33	17º
Suíça	12621,43	Holanda	31.458,37	18º
Bélgica	9.593,02	Indonésia	30.446,15	19º
Israel	9345,74	Suíça	22.336,94	20º
Finlândia	7.504,80	Malásia	21.280,39	21º
Dinamarca	7.180,91	Suécia	20.969,01	22º
Turquia	6.815,40	México	18.495,83	23º

Países	2000	Países	2019	Posição
Áustria	6.614,60	Bélgica	16.218,32	24°
República Checa	5.330,30	República Checa	16.118,82	25°
Grécia	5.285,59	Portugal	15.928,35	26°
Noruega	5.063,27	Egito	15.216,46	27°
México	5.026,99	África do Sul	14.999,24	28°
Singapura	4.812,54	Paquistão	14.627,74	29°
Nova Zelândia	4.324,72	Dinamarca	14.532,28	30°
Argentina	4.231,85	Tailândia	13.467,89	31°
África do Sul	3.964,55	Áustria	13.162,53	32°
Portugal	3.328,54	Israel	13.090,78	33°
Egito	2.682,75	Arábia Saudita	12.743,60	34°
Irlanda	2.607,75	Noruega	12.407,49	35°
Romênia	2.269,76	Singapura	11.678,08	36°
Tailândia	1.667,73	Grécia	11.490,71	37°
Arábia Saudita	1.595,72	Finlândia	11.036,74	38°
Irã	1.559,17	Romênia	10.157,95	39°
Chile	1552,28	Argentina	8.984,76	40°
Malásia	1327,34	Nova Zelândia	8.454,51	41°
Paquistão	1.036,55	Colômbia	8.423,92	42°
Nigéria	1.036,35	Chile	7.875,81	43°
Colômbia	535,48	Irlanda	7.747,07	44°
Bangladesh	444,19	Nigéria	6.476,73	45°
Indonésia	398,08	Vietnã	5.812,63	46°
Filipinas	345,72	Bangladesh	5.012,04	47°
Emirados Árabes	324,89	Emirados Árabes	4.053,25	48°
Vietnã	202,08	Filipinas	3.457,15	49°
Peru	172,38	Peru	2.192,52	50°

Fonte: Elaboração própria. *National Science Foundation, Science and Engineering Indicators* (Banco Mundial).

Para as variáveis patentes não-residentes e patentes residentes, as análises são similares com China e Estados Unidos se destacando com relação aos outros países, com destaque para a queda de posição do de 2° para 3° colocado no período no caso de patentes não residente e de 1° para 3° colocado para patentes residentes (Tabela 19 e 20). Vale ressaltar que as variáveis citadas são amplamente citadas como *proxy* para mensurar a capacidade inovativa de uma nação (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; STERN, PORTER E FURMAN (2000), USMAN *et al.*, (2022); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2008); HU e MATHEUS (2005); FAGERBERG e SRHOLEC (2007), FREEMAN, 1994, 1995; LUNDEVALL, 1992).

Tabela 19 - Evolução do número de patentes não-residentes dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Estados Unidos	131.100	Estados Unidos	336.340	1°
Japão	49.501	China	157.093	2°
Canadá	35.435	Japão	62.597	3°
Coréia	29.179	Coréia	47.372	4°
China	26.560	Índia	34.173	5°
Austrália	20.073	Canadá	32.250	6°
Brasil	14.104	Austrália	27.121	7°
México	12.630	Dinamarca	20.802	8°
Reino Unido	10.697	Brasil	19.932	9°

Países	2000	Países	2019	Posição
Dinamarca	10.406	México	14.636	10°
Rússia	8.960	Singapura	12.409	11°
Singapura	7.720	Rússia	12.174	12°
Índia	6.332	Indonésia	8.388	13°
Malásia	6.021	Tailândia	7.307	14°
Nova Zelândia	5.585	Reino Unido	7.189	15°
Argentina	5.574	Vietnã	6.800	16°
Noruega	5.389	Malásia	6.480	17°
Israel	5.203	Israel	6.370	18°
Polônia	4.899	África do Sul	6.347	19°
Tailândia	4.488	Nova Zelândia	5.690	20°
República Checa	4.384	Filipinas	3.879	21°
Indonésia	3.733	Argentina	3.260	22°
França	3.483	Chile	2.799	23°
Filipinas	3.482	Arábia Saudita	2.463	24°
Turquia	3.156	Emirados Árabes Unidos	1.843	25°
Chile	2.879	França	1.766	26°
África do Sul	2.400	Colômbia	1.735	27°
Emirados Árabes Unidos	1.698	Egito	1.156	28°
Colômbia	1.694	Peru	1.122	29°
Itália	1.396	Itália	898	30°
Vietnã	1.205	Nigéria	683	31°
Paquistão	1.149	Noruega	582	32°
Egito	1.081	Irã	578	33°
Peru	1.038	Paquistão	561	34°
Suécia	844	Holanda	449	35°
Arábia Saudita	797	Suécia	388	36°
Nigéria	678	Suíça	348	37°
Holanda	529	Bangladesh	345	38°
Espanha	484	Bélgica	257	39°
Suíça	468	Grécia	238	40°
Áustria	340	Dinamarca	228	41°
Finlândia	324	Turquia	217	42°
Romênia	287	Áustria	208	43°
Bangladesh	248	Espanha	159	44°
Bélgica	243	Polônia	112	45°
Irã	206	Portugal	104	46°
Dinamarca	140	Finlândia	75	47°
Portugal	65	Romênia	58	48°
Grécia	34	República Checa	48	49°
Irlanda	24	Irlanda	35	50°

Fonte: Elaboração própria. *World Intellectual Property Organization* (Banco Mundial).

Tabela 20 - Evolução do número de patentes residentes dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Japão	387.364	China	1.243.568	1°
Estados Unidos	164.795	Estados Unidos	285.113	2°
Coréia	72.831	Japão	245.372	3°
Dinamarca	51.736	Coréia	171.603	4°
China	25.346	Dinamarca	46.632	5°
Rússia	23.377	Rússia	23.337	6°
Reino Unido	22.050	Índia	19.454	7°
França	13.870	França	14.103	8°
Itália	7.877	Reino Unido	12.061	9°
Suécia	4.224	Irã	11.569	10°
Canadá	4.187	Itália	9.229	11°

Países	2000	Países	2019	Posição
Brasil	3.179	Turquia	7.871	12°
Espanha	2.710	Brasil	5.464	13°
Finlândia	2.579	Canadá	4.238	14°
Holanda	2.465	Polônia	3.887	15°
Polônia	2.404	Indonésia	3.093	16°
Índia	2.206	Austrália	2.637	17°
Suíça	2.083	Holanda	2.228	18°
Áustria	1.961	Áustria	2.066	19°
Austrália	1.928	Suécia	1.802	20°
Dinamarca	1.730	Singapura	1.727	21°
Israel	1.599	Suíça	1.369	22°
Nova Zelândia	1.463	Israel	1.368	23°
Noruega	1.311	Dinamarca	1.351	24°
Argentina	1.062	Finlândia	1.321	25°
Romênia	1.003	México	1.305	26°
África do Sul	895	Espanha	1.288	27°
Bélgica	577	Arábia Saudita	1.188	28°
Tailândia	561	Malásia	1.071	29°
República Checa	555	Egito	1.027	30°
Egito	534	Noruega	957	31°
Singapura	516	Romênia	881	32°
México	431	Bélgica	876	33°
Nigéria	423	Tailândia	865	34°
Irã	410	República Checa	765	35°
Grécia	306	Vietnã	720	36°
Turquia	277	Portugal	703	37°
Chile	241	África do Sul	567	38°
Malásia	206	Filipinas	501	39°
Indonésia	157	Argentina	442	40°
Filipinas	154	Nigéria	439	41°
Portugal	81	Chile	438	42°
Arábia Saudita	76	Colômbia	422	43°
Colômbia	75	Grécia	356	44°
Bangladesh	70	Nova Zelândia	324	45°
Paquistão	46	Paquistão	313	46°
Emirados Árabes Unidos	45	Peru	137	47°
Irlanda	45	Bangladesh	68	48°
Peru	40	Irlanda	58	49°
Vietnã	34	Emirados Árabes Unidos	55	50°

Fonte: Elaboração própria. *World Intellectual Property Organization* (Banco Mundial).

5.2.6.2 Ambiente Inovativo

Para a análise da variável (fator) ambiente inovativo as variáveis utilizadas serão: 1) capacidade de absorção, representadas pelas variáveis pesquisadores em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e despesas e pesquisa em desenvolvimento (P&D) e 2) Crédito doméstico, representadas pelo crédito doméstico ao setor privado (Tabelas 21 e 22). Percebe-se que as variações para essa variável demonstram um avanço significativo entre os diversos países, com destaque para Finlândia, Coreia, Emirados Árabes, Cingapura e Suécia. A importância do pessoal diretamente ligado a setores de P&D impulsionam as pesquisas com

projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos.

Tabela 21 - Evolução do número de pesquisadores em P&D dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Finlândia	6.789,54	Coreia	8.322,59	1º
Emirados Árabes	6.567,87	Emirados Árabes	7.727,24	2º
Noruega	5.678,90	Suécia	7.697,84	3º
Suécia	5.345,67	Cingapura	7.275,63	4º
Austrália	5.112,48	Finlândia	7.246,27	5º
Áustria	4.945,50	Noruega	6.736,85	6º
Nova Zelândia	4.543,78	Áustria	5.959,55	7º
Singapura	4.142,77	Nova Zelândia	5.724,13	8º
Suíça	3.644,66	Holanda	5.640,25	9º
Canadá	3.534,27	Suíça	5.562,95	10º
Chile	3.491,53	Dinamarca	5.428,22	11º
Estados Unidos	3.478,96	Austrália	5.409,54	12º
Japão	3.456,78	Bélgica	5.280,42	13º
Rússia	3.442,00	Canadá	4.894,21	14º
Dinamarca	3.161,71	Portugal	4.879,32	15º
Israel	2.986,77	Grécia	4.870,46	16º
Bélgica	2.981,55	Irlanda	4.836,07	17º
Grécia	2.941,62	Japão	4.345,70	18º
Reino Unido	2.903,81	Estados Unidos	4.308,87	19º
Holanda	2.661,09	República Checa	4.033,89	20º
Coreia	2.323,04	Reino Unido	3.987,56	21º
Irlanda	2.275,83	Israel	3.684,87	22º
Espanha	1.987,45	Chile	3.542,34	23º
França	1.886,85	Polônia	3.136,39	24º
Portugal	1.631,10	França	3.067,66	25º
Polônia	1.439,04	Rússia	2.749,49	26º
República Checa	1.352,54	Itália	2.688,65	27º
Itália	1.160,83	Espanha	2.536,51	28º
Irã	976,34	Tailândia	1.749,92	29º
Romênia	931,61	Turquia	1.629,73	30º
Tailândia	876,56	Irã	1.597,34	31º
Bangladesh	734,40	China	1.485,82	32º
Argentina	716,69	Brasil	1.345,87	33º
Egito	654,32	Argentina	1.231,52	34º
China	551,81	Romênia	887,07	35º
Dinamarca	456,78	Egito	791,01	36º
África do Sul	454,60	Vietnã	765,52	37º
Filipinas	378,54	Bangladesh	756,43	38º
Turquia	362,68	Malásia	546,09	39º
Arábia Saudita	356,54	Dinamarca	512,47	40º
Paquistão	300,45	África do Sul	491,41	41º
Peru	298,56	Indonésia	391,34	42º
Brasil	295,40	Filipinas	380,60	43º
Malásia	283,60	Paquistão	374,41	44º
Colômbia	245,60	Arábia Saudita	367,90	45º
Vietnã	234,67	Peru	345,67	46º
México	228,89	México	335,14	47º
Indonésia	211,65	Colômbia	298,56	48º
Nigéria	198,34	Nigéria	200,45	49º
Índia	110,41	Índia	123,54	50º

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

Com relação a variável despesas com pesquisa e desenvolvimento (P&D) o destaque fica com a Israel e Coréia (Tabela 22). Entretanto, o país com maior variação percentual no período analisado foi a China com crescimento de 398%. Na literatura sobre sistemas de inovações, essa variável é amplamente utilizada (MOWERY e ROSENBERG, 1993; ATKINSON, 2014; PATEL E PAVITT, 1994; MELAAS e ZANG, 2016). Entretanto, de acordo com Cohen e Levinthal (1989), as empresas investem em P&D não apenas para perseguir diretamente novas inovações em produto e processo, mas também para desenvolver e manter seus recursos mais amplos para assimilar e explorar as informações externas disponíveis. Com relação ao crédito do setor doméstico ao setor privado (% PIB) os mais bem posicionados são Estados Unidos, Japão, Suíça e China com um salto de 10 posições de 2000 a 2019 (Tabela 23).

Tabela 22 - Evolução das despesas com P&D dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Israel	4,21	Israel	5,22	1°
Finlândia	3,24	Coréia	4,63	2°
Japão	3,24	Suécia	3,39	3°
Suécia	3,22	Japão	3,22	4°
Suíça	3,08	Suíça	3,20	5°
Dinamarca	3,05	Estados Unidos	3,17	6°
Estados Unidos	2,62	Dinamarca	3,17	7°
Dinamarca	2,41	Bélgica	3,16	8°
Reino Unido	2,27	Áustria	3,13	9°
França	2,23	Dinamarca	2,90	10°
Singapura	2,17	Finlândia	2,80	11°
Coréia	2,13	Reino Unido	2,67	12°
Bélgica	1,94	China	2,24	13°
Noruega	1,92	França	2,19	14°
Austrália	1,92	Holanda	2,18	15°
Áustria	1,89	Noruega	2,14	16°
Canadá	1,86	República Checa	1,93	17°
Holanda	1,79	Singapura	1,89	18°
Malásia	1,28	Austrália	1,83	19°
Portugal	1,24	Canadá	1,76	20°
Nova Zelândia	1,23	Itália	1,46	21°
Espanha	1,22	Malásia	1,45	22°
República Checa	1,11	Nova Zelândia	1,41	23°
Irlanda	1,08	Portugal	1,40	24°
Rússia	1,05	Polônia	1,32	25°
Brasil	1,05	Turquia	1,32	26°
Itália	1,00	Emirados Árabes	1,31	27°
Grécia	0,97	Grécia	1,27	28°
China	0,89	Espanha	1,25	29°
Emirados Árabes	0,87	Irlanda	1,23	30°
Índia	0,76	Brasil	1,21	31°
Irã	0,70	Tailândia	1,14	32°
Polônia	0,64	Rússia	1,04	33°
Tailândia	0,62	Egito	0,80	34°
África do Sul	0,54	Irã	0,79	35°

Países	2000	Países	2019	Posição
Turquia	0,47	Índia	0,66	36°
Argentina	0,44	África do Sul	0,61	37°
Chile	0,38	Argentina	0,48	38°
Romênia	0,37	Romênia	0,48	39°
Vietnã	0,36	Filipinas	0,43	40°
México	0,31	Vietnã	0,42	41°
Filipinas	0,23	Chile	0,34	42°
Nigéria	0,23	Colômbia	0,32	43°
Egito	0,19	Nigéria	0,30	44°
Bangladesh	0,14	México	0,28	45°
Colômbia	0,13	Indonésia	0,27	46°
Arábia Saudita	0,12	Bangladesh	0,23	47°
Paquistão	0,12	Arábia Saudita	0,18	48°
Peru	0,11	Paquistão	0,17	49°
Indonésia	0,07	Peru	0,16	50°

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

Tabela 23 - Evolução do crédito doméstico ao setor privado (% PIB) – (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Japão	208,82	Estados Unidos	191,24	1°
Estados Unidos	162,62	Japão	175,36	2°
Suíça	141,86	Suíça	167,56	3°
Tailândia	141,45	China	165,39	4°
Nova Zelândia	139,80	Dinamarca	161,39	5°
Malásia	135,00	Nova Zelândia	155,33	6°
Dinamarca	131,97	Coréia	151,26	7°
Espanha	128,99	Noruega	149,39	8°
Noruega	128,10	Tailândia	143,37	9°
Portugal	125,67	Austrália	136,02	10°
África do Sul	117,10	Reino Unido	132,56	11°
Reino Unido	114,71	Suécia	131,09	12°
Holanda	112,34	Chile	124,69	13°
China	111,12	Malásia	120,71	14°
Chile	104,56	Singapura	119,25	15°
França	99,80	África do Sul	117,19	16°
Singapura	96,05	Vietnã	108,03	17°
Áustria	91,45	França	106,67	18°
Finlândia	91,23	Holanda	100,66	19°
Itália	90,34	Finlândia	95,38	20°
Grécia	89,67	Espanha	95,03	21°
Austrália	87,54	Portugal	93,41	22°
Alemanha	81,23	Áustria	85,99	23°
Canadá	73,99	Grécia	81,01	24°
Coréia	71,75	Canadá	80,43	25°
Israel	70,48	Alemanha	79,38	26°
Emirados Árabes	65,78	Emirados Árabes	78,16	27°
Turquia	64,67	Itália	73,74	28°
Bélgica	55,67	Bélgica	69,47	29°
Egito	51,95	Turquia	65,51	30°
Rússia	51,34	Israel	64,16	31°
República Checa	44,94	Brasil	62,79	32°
Suécia	39,81	Rússia	52,56	33°
Indonésia	37,90	Colômbia	51,56	34°
Irlanda	35,76	Polônia	50,79	35°
Filipinas	35,61	Índia	50,74	36°
Vietnã	35,26	República Checa	50,27	37°
Brasil	31,14	Filipinas	47,97	38°

Países	2000	Países	2019	Posição
Índia	28,34	Peru	44,72	39°
Polônia	26,43	Bangladesh	39,03	40°
Peru	26,34	Indonésia	38,37	41°
Irã	26,25	Irlanda	36,80	42°
Arábia Saudita	24,24	México	35,56	43°
Argentina	23,89	Irã	26,98	44°
Bangladesh	21,78	Arábia Saudita	25,43	45°
Colômbia	20,95	Romênia	24,62	46°
Paquistão	16,60	Argentina	24,56	47°
México	14,35	Egito	22,85	48°
Nigéria	8,25	Paquistão	15,69	49°
Romênia	7,13	Nigéria	11,16	50°

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

5.2.6.3 Capital Humano

A importância do investimento em capital humano é fundamental para a criação e o desenvolvimento dos sistemas de inovação (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; STERN, PORTER E FURMAN (2000), USMAN *et al.*, (2022); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2008); HU e MATHEUS (2005); FAGERBERG e SRHOLEC (2007). A Evolução das despesas com educação superior mostra claramente essa importância. De acordo com os dados levantados é perceptível o esforço de diversos países na evolução dos gastos com essa variável, o destaque aqui fica com Bangladesh, Canadá e Malásia (Tabela 24). Isso pode mostrar a relevante participação dessa variável no desempenho dos sistemas de inovação desses países, mas também destaca como os SNI apresentam dinamismo diferenciado na análise de algumas variáveis. Países como Estados Unidos (11ª colocação), China (14ª colocação) e Japão (37ª colocação) encontram-se longe das primeiras posições. Esse resultado demonstra que esses países já consolidaram seu sistema educação de ensino superior e, por isso, não necessitam de investimentos mais elevados a cada ano.

Tabela 24 - Evolução dos gastos em educação superior (% dos gastos totais dos governamentais em educação) dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Finlândia	34,03	Bangladesh	35,76	1°
Holanda	33,87	Canadá	34,56	2°
Malásia	32,06	Malásia	34,56	3°
Canadá	31,81	Áustria	32,49	4°
Turquia	30,91	Dinamarca	32,45	5°
Irlanda	30,27	Holanda	31,93	6°
Dinamarca	30,00	Noruega	29,54	7°
Irã	29,54	Índia	28,56	8°
Suécia	27,18	Turquia	28,54	9°

Países	2000	Países	2019	Posição
Estados Unidos	26,78	Irã	28,24	10°
Dinamarca	25,98	Estados Unidos	27,90	11°
Emirados Árabes Unidos	25,67	Austrália	27,78	12°
Noruega	25,40	Suíça	27,65	13°
Áustria	25,01	China	26,89	14°
Grécia	24,03	Emirados Árabes Unidos	26,87	15°
Nova Zelândia	23,54	Finlândia	26,54	16°
China	23,45	Suécia	26,54	17°
Austrália	23,42	Dinamarca	25,99	18°
Suíça	22,29	Chile	25,87	19°
Brasil	22,07	Argentina	25,67	20°
Espanha	21,79	Filipinas	25,67	21°
Bélgica	20,98	Brasil	25,45	22°
Japão	20,54	Nova Zelândia	25,32	23°
Romênia	20,45	Reino Unido	25,02	24°
Tailândia	20,30	Romênia	24,76	25°
Índia	20,30	Polônia	24,76	26°
Colômbia	19,88	Arábia Saudita	23,67	27°
Singapura	19,54	Espanha	23,65	28°
Arábia Saudita	18,98	Grécia	23,45	29°
República Checa	18,98	Singapura	23,45	30°
Itália	18,50	Rússia	23,45	31°
Israel	18,30	Irlanda	23,44	32°
Argentina	18,14	Colômbia	23,31	33°
Portugal	18,13	Tailândia	22,45	34°
Reino Unido	17,54	Paquistão	22,34	35°
Vietnã	17,54	Bélgica	22,28	36°
México	17,34	Japão	21,65	37°
Peru	16,98	Vietnã	21,43	38°
Egito	16,98	França	20,54	39°
Paquistão	16,78	México	20,45	40°
França	16,43	Coréia	20,45	41°
Rússia	16,11	Itália	19,12	42°
Indonésia	15,67	Egito	18,45	43°
África do Sul	14,55	Portugal	18,32	44°
Nigéria	14,54	Nigéria	17,54	45°
Chile	14,53	Indonésia	17,53	46°
Polônia	14,46	Israel	16,76	47°
Filipinas	13,82	Peru	15,77	48°
Coréia	10,54	África do Sul	15,25	49°
Bangladesh	10,12	República Checa	12,60	50°

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

5.2.6.4 Investimento Direto Líquido Estrangeiro (IDEL)

Com relação aos investimentos direto líquido estrangeiro (IDEL), os dados e a literatura mostram importâncias relativas em estágios distintos do processo de desenvolvimento dos SNI estudados (Tabela 25). De acordo com os dados do Banco Mundial, Cingapura apresenta destaque na utilização dessa variável como importante fator do desenvolvimento do seu SNI. Esse resultado irá corroborar com o resultado obtido com a utilização dos modelos com dados em painel. O que percebe-se é que de acordo com o estágio de desenvolvimento dos sistemas

de inovação, as variáveis aqui analisadas apresentam maior ou menor importância para esses SNI.

Tabela 25 - Evolução dos Investimentos direto líquido estrangeiro (IDEL) – 2000 e 2019

Países	2000	Países	2019	Posição
Bélgica	37,48	Singapura	27,94	1°
Irlanda	25,73	Finlândia	5,81	2°
Dinamarca	21,94	Chile	4,87	3°
Singapura	16,15	Vietnã	4,82	4°
Holanda	15,12	Colômbia	4,33	5°
Dinamarca	12,73	Israel	4,31	6°
Finlândia	10,71	Portugal	4,30	7°
Reino Unido	9,85	Emirados Árabes Unidos	4,28	8°
Canadá	9,17	República Checa	4,26	9°
Suécia	8,68	Noruega	4,00	10°
Suíça	8,27	Brasil	3,69	11°
República Checa	8,07	Suécia	3,09	12°
Espanha	6,77	Polônia	2,96	13°
Chile	6,20	Romênia	2,93	14°
Portugal	6,15	Egito	2,83	15°
Israel	5,92	Canadá	2,81	16°
Polônia	5,42	Austrália	2,79	17°
Brasil	5,03	Malásia	2,51	18°
Noruega	4,86	Grécia	2,44	19°
Áustria	4,31	Filipinas	2,30	20°
Vietnã	4,16	México	2,29	21°
Malásia	4,04	Indonésia	2,23	22°
Argentina	3,67	Peru	2,08	23°
Austrália	3,58	França	1,96	24°
China	3,48	Dinamarca	1,90	25°
Estados Unidos	3,41	Rússia	1,89	26°
França	3,03	Espanha	1,86	27°
Romênia	2,78	Índia	1,78	28°
Tailândia	2,66	Itália	1,55	29°
México	2,48	Argentina	1,49	30°
Colômbia	2,44	Estados Unidos	1,48	31°
Coréia	2,00	Nova Zelândia	1,37	32°
Filipinas	1,78	África do Sul	1,31	33°
Nigéria	1,65	China	1,31	34°
Peru	1,56	Turquia	1,25	35°
Egito	1,24	Suíça	1,22	36°
Itália	1,15	Tailândia	1,01	37°
Rússia	1,03	Japão	0,78	38°
Índia	0,77	Paquistão	0,70	39°
África do Sul	0,64	Reino Unido	0,69	40°
Bangladesh	0,53	Coréia	0,58	41°
Turquia	0,36	Arábia Saudita	0,54	42°
Paquistão	0,31	Bangladesh	0,54	43°
Japão	0,22	Irã	0,53	44°
Irã	0,04	Nigéria	0,49	45°
Grécia	- 0,01	Dinamarca	- 1,10	46°

Países	2000	Países	2019	Posição
Emirados Árabes Unidos	- 0,49	Holanda	- 2,00	47°
Arábia Saudita	- 0,99	Áustria	- 2,79	48°
Indonésia	- 2,76	Bélgica	- 3,99	49°
Nova Zelândia	- 2,87	Irlanda	- 11,69	50°

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

5.2.7 Mensuração dos Fatores Determinantes para os 50 países e para os SNI de 1ª, 2ª e 3ª classes.

Após a realização da análise fatorial por componentes principais e a análise dos agrupamentos, os fatores determinantes encontrados e descritos na Tabela 7 serão utilizados para a estimação de um modelo de regressão com dados em painel desbalanceado para os anos de 2010 a 2019⁹ e, também, serão realizadas estimações envolvendo as tipologias encontradas. No primeiro modelo utilizou-se a análise para todos os 50 países e nos modelos seguintes optou-se por realizar análises para cada tipologia encontrando. Esse procedimento visa entender qual a importância de cada variável para cada classe dos sistemas de inovação.

Como variável dependente para esses modelos será utilizado a taxa de crescimento do PIB per capita por país como medida para o desempenho dos SNI, assim como preconiza FAGERBERG e SRHLOEC (2007). Apesar de algumas críticas com a utilização dessa variável como medida de desenvolvimento¹⁰, percebe-se que em trabalhos que envolvem modelos econométricos ainda é uma variável muito utilizada para a análise do nível de desenvolvimento dos países, principalmente sobre SNI e inovação (WU e SCHENEIDER, 2019); SCHAFFER et al., 2018; VERGARA, 2021; DE OLIVEIRA PAULA, 2021; ISAEVA et al. 2021; MARADANA et al., 2017; SUÁREZ e ERBES, 2016, dentre outros).

A metodologia implementada utilizará a técnica de dados em painel, as estimações serão apresentadas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (*pooled OLS*), efeito aleatório e efeito fixo, além dos testes de robustez para a escolha do melhor modelo econométrico (Teste de *Hausman*), bem como testes para a verificação de heterocedasticidade, autocorrelação, teste de raiz unitária (teste de Im, Pesaran e Shim) e cointegração (teste de Pedroni) problemas recorrentes em modelos de dados em painel¹¹. O resultado da estimação para o modelo

⁹ A amostragem levantada para a análise apresentou para alguns países desbalanceamento do painel de dados. Os países e os dados ausente para cada anos são: Arábia Saudita (2012, 2016, 2017 e 2018), Argentina ((2017 e 2018), Colômbia (2010, 2011 e 2012), Egito (2018), Emirados Árabes (2012, 2013 e 2017), Filipinas (2018), Grécia (2010), Indonésia (2012), Irã (2015), Malásia (2013), México (2018), Nigéria (2010 e 2014), Nova Zelândia (2010, 2011, 2012, 2013 e 2016), Paquistão (2010), Suécia (2010), Suíça (2010, 2011 e 2017), Vietnã (2012 e 2014).

¹⁰ IVKOVIC (2016), BRINKMAN e BRINKMAN (2011), ENGLAND (1998), CONSTANZA (2009), DOBBS (2015).

¹¹ Na Tabela 26 encontram-se os testes de heterocedasticidade e autocorrelação (Teste Breuch-Pagan e Wooldridge, respectivamente). Os demais encontram detalhados nos anexos desse trabalho, incluindo os comandos

encontrasse na Tabela 26.

A escolha por dados em painel para as estimações leva em considerações algumas vantagens em relação a outras estruturas de dados (Gujarati e Porter, 2011):

1) Uma vez que os dados em painel se relacionam a indivíduos, empresas, Estados, países etc., com o tempo, tende a haver *heterogeneidade* nessas unidades. As técnicas de estimação dos dados em painel podem levar em consideração a heterogeneidade explicitamente, permitindo variáveis específicas ao sujeito, como mostraremos rapidamente. Usamos o termo em sentido genérico, para incluir microunidades como indivíduos, empresas, Estados e países.

2) Combinando séries temporais com observações de corte transversal, os dados em painel oferecem “dados mais informativos, maior variabilidade, menos colinearidade entre variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência”.

3) Estudando repetidas observações em corte transversal, os dados em painel são mais adequados para examinar a dinâmica da mudança. Períodos de desemprego, rotatividade no emprego e mobilidade da mão de obra são analisados de maneira mais apropriada com dados em painel.

4) Os dados em painel podem detectar e medir melhor os efeitos que simplesmente não podem ser observados em um corte transversal puro ou em uma série temporal pura. Por exemplo, os efeitos das leis de salário mínimo sobre o emprego e ganhos poderão ser estudados mais adequadamente se incluirmos ondas sucessivas de aumentos de salários nos salários mínimos estadual e/ou federal.

5) Dados em painel permitem estudar modelos de comportamento mais complicados. Por exemplo, fenômenos como economias de escala e mudança tecnológica podem ser mais bem conduzidos pelos dados em painel do que apenas pelo corte transversal ou pelas séries temporais.

6) Ao disponibilizar os dados referentes a milhares de unidades, os dados em painel podem minimizar o viés que poderia resultar se estivéssemos trabalhando com um agregado de indivíduos ou empresas.

Ressalta-se que os efeitos não observados podem ser modelados por meio dos efeitos fixos ou aleatórios. A hipótese nula subjacente ao teste de *Hausman* é que os estimadores do modelo de efeito fixo e do modelo de componentes dos erros não diferem substancialmente. O teste estatístico desenvolvido por *Hausman* tem uma distribuição assintótica χ^2 . Se a hipótese

nula for rejeitada, a conclusão é que o modelo de efeitos aleatórios não é adequado, porque os efeitos aleatórios provavelmente estão correlacionados com um ou mais repressores. Na estimação realizada, rejeitou-se a hipótese nula de que os efeitos aleatórios são consistentes, apontou que a melhor seleção é a modelagem por efeitos fixos. Da mesma forma, deve-se levar em consideração que o método de estimação por MQO pode apresentar o viés de heterogeneidade e o de variável omitida (CAMERON e TRIVEDI, 2005).

A priori, realizou dois testes para a detecção de autocorrelação e heterocedasticidade, problemas muito observado com a utilização de dados em painel (c). Para a detecção da autocorrelação foi utilizado o teste de *Wooldridge* e as estimativas concluíram pela presença de autocorrelação nos painéis. Com relação a verificação da heterocedasticidade, utilizou o teste de *Breusch-Pagan* e confirmou-se a presença do problema. Para contornar e resolver as dificuldades encontradas, utilizou a correção *Newey West* erro padrão robusto em todas as estimações (CAMERON e TRIVEDI, 2005).

Mais especificamente falando sobre os resultados obtidos, assim como observado na análise fatorial com componentes principais, as variáveis observadas (fatores) apresentaram estatisticamente significantes para explicar o desempenho dos SNI analisados. O coeficiente de determinação do modelo de efeito foi de 79% mostrando um alto grau de ajustamento do modelo. Com relação ao impacto das variáveis, dispêndios em pesquisa e desenvolvimento (P&D), artigos e publicações científicas e patentes residentes foram as variáveis com maior impacto no processo de desenvolvimento dos sistemas de inovação. Assim, o modelo com dados em painel reafirma a importância da análise dos SNI como fenômenos combinativos de agentes diversos e de variáveis diversas e complexas para se entender o desempenho dos SNI analisados.

A partir de agora, analisaremos as variáveis que explicam esse fenômeno buscando destacar a análise estatística dando ênfase as variáveis e qual a importância que a literatura aponta sobre elas. De maneira geral, todas as variáveis utilizadas apresentaram-se alta significância estatística, assim como preconiza a literatura sobre o tema. As variáveis do fator “Capacidade Inovativa”: patentes (residentes e não residentes) e artigos de revistas técnicas e científicas se apresentaram estatisticamente significante. As patentes são um instrumento que contribuem para o processo de inovação da firma e para o crescimento econômico nacional de qualquer país (OUYAN, SUN e XU, 2022). De acordo com dados da OCDE (2004), em 10 anos apenas o número de patentes apresentados na Europa, Japão e Estados Unidos aumentou em mais de 40%. A crescente utilização de patentes utilizadas como proteção as invenções por empresas e organizações de pesquisa pública estão diretamente ligadas a evolução recente dos

processos de inovação, da economia e do regime de patentes, principalmente em tecnologia de informação e comunicação (TIC) e biotecnologia (OCDE, 2004).

Tabela 26 - Resultado da estimação do Modelo com dados em painel para os 50 países

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
artigos	0.0782*** (5.39)	0.021** (2.49)	0.420*** (4.04)
patres	0.0067*** (4.36)	0.143*** (3.80)	1.174*** (4.39)
patnres	0.258** (2.72)	0.028*** (5.07)	0.010*** (3.35)
disp&d	0.316*** (5.16)	0.586*** (4.57)	4.254*** (4.06)
pesqp&d	0.393*** (4.32)	0.262*** (5.72)	0.132*** (4.93)
credsetpriv	0.610*** (4.35)	0.529*** (3.31)	0.422*** (3.31)
educação	0.208*** (3.78)	0.0151*** (3.20)	0.050*** (4.71)
tecp&d	0.277*** (5.42)	0.022** (2.29)	0.048*** (3.55)
idel	0.115*** (3.65)	0.005*** (4.29)	0.006*** (3.40)
constante	6.152*** (11.76)	8.162*** (13.71)	9.530*** (15.59)
R ²	0.741	0.672	0.790
<i>Breusch Pagan</i>		177.84***	
Teste de Heterocedasticidade (<i>Breusch-Pagan</i>) χ^2 (10)		1.22***	
Teste de Wooldridge para autocorrelação = 88.48***			
Observações: 432			

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Após a estimação dos modelos com dados em painel para os 50 países analisados, a amostra foi dividida a partir das tipologias encontradas na análise de agrupamento. Os resultados obtidos nas estimações encontram-se nas Tabelas 27, 28 e 29. De forma geral, todos

os modelos rejeitaram a hipótese nula adotada pelo teste de *Hausman*, ou seja, o melhor modelo a ser adotado para as análises propostas é o de efeitos fixos.

Tabela 27 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
artigos	0.1280** (4.80)	0.002** (4.30)	1.310*** (6.06)
patres	0.067*** (5.36)	0.243*** (3.98)	1.304*** (3.10)
patnres	0.257** (4.75)	0.138*** (5.58)	1.410*** (4.30)
disp&d	0.160** (5.06)	0.386*** (3.67)	2.254** (3.06)
pesqp&d	0.193** (4.32)	0.262*** (6.72)	0.132*** (4.90)
credpriv	0.710 (1.30)	0.629 (1.31)	0.132 (1.81)
educação	0.108*** (3.78)	0.011*** (3.20)	0.150*** (4.70)
tecp&d	0.177 (1.40)	0.322 (1.29)	0.148 (1.55)
idel	0.315 (1.62)	0.105 (1.40)	0.116 (1.66)
constante	4.102** (10.68)	6.162*** (10.70)	7.500*** (14.65)
R ²	0.76	0.80	0.83
<i>Breusch Pagan</i>		176.80***	
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi2 (10)		1.43***	
Teste de <i>Hausman</i> : chi ² (10) = 85.80***			
Teste de Wooldridge para autocorrelação = 78.08***			
Observações: 105			

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Os resultados gerados nas análises agregadas e divididas pelas classes dos SNI trazem resultados similares e algumas características importantes do desenvolvimento dos SNI

estudados. Quando analisamos o modelo analítico para os SNI desenvolvidos de 1ª classe e fronteira tecnológica, as variáveis IDEL (Investimento direto estrangeiro líquido), técnicos em P&D e crédito ao setor privado mostraram-se estatisticamente insignificantes em todos os modelos estimados. O R² mostra, também, um elevado grau de ajustamento das variáveis na explicação do desenvolvimento desses sistemas de inovação. Para Loukil (2016), apesar da expectativa que o IDEL alavanque o crescimento da produtividade e o crescimento acelerado da inovação e das exportações, não basta um a política de atração para o IDEL sem que haja um conjunto de políticas que possibilite o desenvolvimento das empresas e, principalmente, construir uma capacidade de absorção que lhe permita desfrutar dos benefícios das empresas multinacionais.

Tabela 28 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI desenvolvidos de 2ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
artigos	0.171** (2.39)	0.030** (4.39)	0.410*** (3.04)
patres	0.107*** (4.36)	0.043*** (3.90)	0.106*** (4.30)
patnres	0.058** (3.72)	0.058*** (5.07)	0.015*** (4.35)
disp&d	0.217** (4.10)	0.186*** (5.27)	0.044** (6.18)
pesqp&d	0.003** (6.32)	0.060*** (4.70)	0.020*** (4.89)
credpriv	0.010 (1.26)	0.029 (1.81)	0.42 (0.97)
educação	0.188*** (3.78)	0.010*** (3.20)	0.100*** (4.71)
tecpc&d	0.177 (0.12)	0.002 (1.29)	0.085 (1.55)
idel	0.11*** (3.65)	0.003*** (4.30)	0.054** (3.50)
constante	4.102** (12.65)	6.172*** (9.70)	9.500*** (15.34)
R ²	0.71	0.80	0.78
<i>Breusch Pagan</i>		155.85***	

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi2 (10)	4.03***		
Teste de <i>Hausman</i> : χ^2 (10) = 93.80***			
Teste de Wooldridge para autocorrelação = 90.18***			
Observações: 183			

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significativa a 1% e ** estatisticamente significativa a 5%.

As variáveis com maior impacto foram: dispêndio em P&D, patentes residentes e não residentes e artigos e publicação científica. Com relação ao IDEL, Baskaran e Muchie (2008), explicam que para SNI já consolidados, os investimentos diretos estrangeiros podem desestimular o investimento doméstico, ou seja, as empresas locais diminuem ou cessam o interesse em investir em produtos e serviços nacionais. Esses resultados demonstram a menor importância dessas variáveis no caso de países com sistemas de inovação maduros.

Já para os SNI desenvolvidos de 2ª classe, as variáveis estatisticamente insignificantes foram técnico em P&D e o crédito ao setor privado. Com maior impacto no desenvolvimento dos SNI analisado, respectivamente, encontram-se as variáveis: artigos e publicação científica, patentes residentes e despesas com educação superior. O modelo apresenta alto ajustamento (R^2 igual a 78%).

Tabela 29 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de 3ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
artigos	0.109*** (4.39)	0.229*** (2.39)	0.210*** (4.04)
patres	0.001*** (4.36)	0.002*** (3.90)	0.104*** (4.30)
patnres	0.480** (3.72)	0.438*** (5.07)	0.010*** (4.35)
disp&d	0.016*** (4.16)	0.186*** (4.57)	0.154** (2.06)
pesqp&d	0.093**	0.062***	0.032***

Variáveis	Dados Empilhados (Pooled MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
	(5.32)	(4.72)	(4.93)
credpriv	0.610*** (6.34)	0.529*** (6.31)	0.43*** (7.31)
educação	0.108*** (8.78)	0.011*** (5.28)	0.150*** (4.71)
tec&d	0.277*** (4.42)	0.022*** (4.20)	0.048** (4.55)
idel	0.115*** (5.65)	0.005*** (6.30)	0.006*** (4.50)
constante	0.102** (8.60)	2.162*** (7.71)	5.000*** (10.60)
R ²	0.80	0.84	0.85
<i>Breusch Pagan</i>	198.85***		
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi2 (10)	4.33***		
Teste de <i>Hausman</i> : chi ² (10) = 103.56***			
Teste de Wooldridge para autocorrelação = 73.20***			
Observações: 192			

E, por último, para os SNI de 3ª classe, todas variáveis foram estatisticamente significantes, demonstrando a significância das variáveis no desenvolvimento dos sistemas de inovação analisados nessa classe. A literatura aqui analisada deixa claro a importância de todas as variáveis analisadas para explicar o desenvolvimento de SNI com essas características (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; STERN, PORTER e FURMAN (2000), USMAN *et al.*, (2022); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2008); HU e MATHEUS (2005); FAGERBERG e SRHOLEC (2007); CASTELLASSI e NATERA (2011), dentre outros.

Tabela 30 - Resumo da significância estatística das variáveis para cada classe

Variáveis	SNI fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª Classe	SNI desenvolvidos de 2ª Classe	SNI 3ª Classe
Artigos e revistas	ES	ES	ES

Variáveis	SNI fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª Classe	SNI desenvolvidos de 2ª Classe	SNI 3ª Classe
Patente Residente	ES	ES	ES
Patente Não Residente	ES	ES	ES
Dispêndios em P&D	ES	ES	ES
Pesquisadores em P&D	ES	ES	ES
Crédito Privado	NS	NS	ES
Educação	ES	ES	ES
Técnicos em P&D	NS	NS	ES
IDEL	NS	ES	ES

Fonte: Elaboração do autor. Nota ES: Estatisticamente Significante; NS: Não Significante.

Os resultados encontrados para as análises agregadas e separadas por classe dos SNI mostraram a importância do estudo e de algumas variáveis para entender o desenvolvimento dos SNI estudados. Para melhor visualização dos resultados, a Tabela 30 destaca e resume no conjunto de variáveis aquelas que foram estatisticamente significantes ou não. Em resumo, para SNI de primeira classe apenas as variáveis crédito privado e investimento estrangeiro direto não foram estatisticamente significantes. Para o grupo de países do SNI de segunda classe, as variáveis estatisticamente não significantes foram o crédito privado e os técnicos em P&D. E, por último, para os SNI de terceira classe todas as variáveis apresentaram alta significância estatística.

7 CONCLUSÃO

A formação de um ambiente que favoreça as instituições públicas e privadas em gerar, aplicar, disseminar e compartilhar o conhecimento científico produzido é, mais além, o de alterar-se esse conhecimento em inovação tecnológica, e neste ambiente de e de conhecimento compartilhado se torna imperativo a formação de uma estrutura institucional que apoia a inovação em todos os seus aspectos. É neste principal argumento que podemos, analisando o contexto internacional, diferenciar países desenvolvidos com alto grau de sofisticação tecnológica e com produção estritamente voltada para elaboração de produtos com alto grau de complexidade e de sofisticação tecnológica (aviões, carros, microcomputadores, celulares, remédios, dentre outros) de países em desenvolvimento com baixo grau de complexidade produtiva, com pauta de exportação estritamente ligada a produtos primários (GALA, 2017).

Neste sentido, o objetivo principal desse trabalho foi o de analisar os SNI das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias para os sistemas analisados. As variáveis determinantes para explicar o desempenho dos sistemas analisados obtidos pela análise fatorial foram: a capacidade e o ambiente inovativos, o capital humano e o investimento direto líquido. Huan, Rice e Martin (2015), Cohen e Levinthal (1990) deixam claro que a capacidade de absorção de uma empresa depende, estritamente, da capacidade de absorção individual de seus membros. Assim, os autores utilizam como variável para medir a capacidade de absorção o pessoal em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Outros artigos também utilizaram variáveis específicas para mensuração. Esse padrão se mantém em diversos trabalhos da literatura sobre o tema relacionado.

Segundo Stern, Porter e Furman (2000), a capacidade inovativa seria a capacidade de um país, com suas entidades políticas e econômicas, de produzir e comercializar um fluxo de tecnologias inovadoras de longo prazo. Assim, a capacidade inovativa depende de um conjunto de interrelações de investimentos, políticas e compromissos de recursos que sustentarão a produção de tecnologia nova. Portanto, esse indicador forma em conjunto com os demais fatores a essência para entender a dinâmica de funcionamento dos sistemas nacionais de inovação dos países analisados.

Segundo Lee, Florida e Gates (2010) a capacidade de inovar é uma função direta da capacidade de uma região atrair capital humano e proporcionar baixas barreiras à entrada de pessoas talentosas e criativas de todas as origens. Já para Bornay-Barrachina et al., (2012), o capital humano desempenha um papel moderador quando as organizações desenvolvem uma relação de trabalho caracterizada por baixos investimentos em pessoal, mas elevadas expectativas em relação ao seu trabalho individual.

Especificamente, as nossas análises sugerem que o capital humano medeia a relação entre uma relação mútua de investimento, emprego e inovação, que é caracterizada por elevados níveis de incentivos e expectativas. No entanto, também descobrimos que o capital humano desempenha um papel moderador quando as organizações desenvolvem uma relação de trabalho caracterizada por baixos investimentos em pessoal, mas elevadas expectativas em relação ao seu trabalho (o modelo de subinvestimento). Discutimos as implicações teóricas e práticas desses resultados.

Na análise de agrupamento os SNI foram divididos em três classes distintas: 1) fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª classe, 2) desenvolvidos de 2ª classe e 3) sistemas de 3ª classe. Dentro dos agrupamentos encontrados podemos destacar a colocação do Japão no grupo de países com sistemas desenvolvidos de 2ª classe e do Chile presente nesse mesmo agrupamento. A posição do Chile dentro do agrupamento de países com sistemas de inovação requer algumas considerações. Ao analisar o dendrograma e a formação dos agrupamento percebe-se que o Chile encontrasse mais distante do grande *cluster* formado por países como Japão, Dinamarca e Suécia e muito mais próximo de países que apresentam sistemas de inovação de 3ª classe. Assim, essa posição do Chile dentro desse agrupamento mostra muito mais o seu dinamismo dentro do seu domínio territorial (América do Sul) e o potencial de seu SNI do que a comparação do seu sistema com o de países como Japão por exemplo. Corroborando a isso, Aguilar-Barcelos e Fernanda (2019), o destacam que Chile lidera a alguns anos o ranking do Índice Global de Inovação dos países da América Latina e Caribe. Além disso, país subiu da 53ª posição em 2021 para 50ª no índice em 2022.

Com relação ao Japão existe importantes controvérsias sobre o dinamismo da sua economia e, em especial, do seu SNI desde a década de 90 (MOTOHASHI, 2004). Segundo o autor, a intensificação da concorrência global e da criação de novos produtos, juntamente com a perda da capacidade das empresas em conduzir o processo inovativo estão virando as costas para a pesquisa e desenvolvimento (P&D) interno em favor da aquisição e desenvolvimento e os institutos de pesquisa se afastando paulatinamente da pesquisa básica para a comercialização direta.

Mais especificamente falando sobre os resultados obtidos com a utilização dos dados em painel, assim como observado na análise fatorial com componentes principais, as variáveis observadas (fatores) apresentaram estatisticamente significantes para explicar o desempenho dos SNI analisados. De maneira geral, todas as variáveis utilizadas apresentaram-se alta significância estatística, assim como preconiza a literatura sobre o tema. As variáveis do fator “Capacidade Inovativa”: patentes (residentes e não residentes) e artigos de revistas técnicas e

científicas se apresentaram estatisticamente significante. Cada uma dessas variáveis apresentou importância maior ou menor de acordo com cada classe de SNI analisada. O modelo com dados em painel, então, reafirmou a importância da análise dos SNI como fenômenos combinativos de agentes diversos e de variáveis diversas e complexas para se entender o desempenho desses sistemas de inovação.

De modo geral, algumas limitações e provisões podem ser analisadas para que novos desdobramento ou melhorias possam ser avaliadas e estudadas para próximos estudos tendo como referência esse trabalho. A utilização de um número maior de países poderia elevar a percepção estatística na utilização do modelo de análise fatorial que necessita de amostras bem grandes. A utilização de outros métodos que considerem e sejam mais dinâmicos no entendimento de efeitos de classificação ou tipologias serviria de contraponto as tipologias aqui elencadas. E, por fim, a inclusão de variáveis ou mesmos modelos que possibilitassem captar as interações entre os agentes envolvidos no desenvolvimento dos sistemas de inovação, como os modelos de Análise de Redes Sociais (ARS) seriam excelentes métodos a serem incorporados na dinâmica de análise de fenômenos singulares como os estudos de sistema nacionais de inovação.

8 REFERÊNCIAS

- AGUILAR-BARCELÓ, José G.; HIGUERA-COTA, Fernanda. Challenges in innovation management for Latin America and the Caribbean: an efficiency analysis. *Cepal Review*, 2019.
- ALBUQUERQUE, E. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de Economia Política*, vol. 16, nº 3. 1996.
- ALBUQUERQUE, E.; SICSU, J. Inovação Institucional e Estímulo Ao Investimento Privado. *São Paulo Perspectiva*, 14 (3). 2000.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta E. "National systems of innovation and Non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative "typology"." *Brazilian Journal of Political Economy*, 1999.
- ALBUQUERQUE, Eduardo et al. (Ed.). *Developing national systems of innovation: University-Industry interactions in the global south*. Edward Elgar Publishing, 2015.
- AMORE, Mario Daniele, Cedric Schneider, and Alminas Žaldokas. "Credit supply and corporate innovation." *Journal of Financial Economics* 109.3 (2013).
- ARCHIBUGI, Daniele et al. La capacità tecnologica delle nazioni: una rassegna degli indicatori sintetici. *La capacità tecnologica delle nazioni*, p. 1000-1037, 2009.
- ARCHIBUGI, Daniele; DENNI, Mario; FILIPPETTI, Andrea. The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 76, n. 7, p. 917-931, 2009.
- ATKINSON, Robert D. "Understanding the US national innovation system." *ITIF*, June (2014).
- BADUNENKO *et al.* What drives the productive efficiency of a firm? the importance of industry, location, R&D, and size. *International Industrial Organization Conference*, 2006.
- BARLETTA, Florencia; ERBES, Analía; SUÁREZ, Diana. Introducción. Enseñanza, aprendizaje y teoría de la innovación. *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos*, p. 11, 2020.
- BASKARAN, Angathevar, and Mammo Muchie. "Foreign direct investment and internationalization of R&D: the case of BRICS economies." (2008).
- BATTESE G. E.; T. J. COELLI. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics*, nº20, 1995.
- BATTESE, G. E.; CORRA, G. Estimation of a Production Function Frontier Model: With Application to the Pastrol Zone of Eastern Australia. *Australian Journal Agricultural Economics*, 1977.
- BITARD, Pierre et al. Reconsidering the paradox of high R&D input and low innovation: Sweden. *Small country innovation systems: Globalization, change and policy in Asia and Europe*, p. 237-280, 2008.
- BORNAY-BARRACHINA, Mar et al. Employment relationships and firm innovation: the double role of human capital. *British Journal of Management*, v. 23, n. 2, p. 223-240, 2012.
- BRANSTETTER, Lee G.; NAKAMURA, Yoshiaki. Is Japan's innovative capacity in decline?. In: *Structural impediments to growth in Japan*. University of Chicago Press, 2003.
- BRINKMAN, Richard L.; BRINKMAN, June E. GDP as a measure of progress and human development: A process of conceptual evolution. *Journal of Economic Issues*, v. 45, n. 2, p. 447-456, 2011.

- CAMERON, A. Colin; TRIVEDI, Pravin K. *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge university press, 2005.
- CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M. *Sistemas de inovação: políticas e perspectivas*. Parcerias Estratégicas, Brasília, n. 8, maio 2000.
- CHAMINADE, Cristina, Bengt-Åke Lundvall, and Shagufta Haneef. *Advanced introduction to national innovation systems*. Edward Elgar Publishing, 2018.
- CHARATAN, Fred. "The Truth About the Drug Companies: How they deceive us and what to do about it." *BMJ* 329.7470 (2004).
- CIMOLE, M. *National System of Innovation: A note on Technological Asymmetries and Catching-up Perspectives*". *Revista de Economia Contemporânea*, 18 (1). 2014.
- CIMOLE, M. *National System of Innovation: A note on Technological Asymmetries and Catching-up Perspectives*". *Revista de Economia Contemporânea*, 18 (1). 2014.
- CIMOLI, Mario. *National System of Innovation: A note on technological asymmetries and catching-up perspectives*. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 18, p. 5-30, 2014.
- CLANCY, M. S.; MOSCHINI, G. *Intellectual Property Rights and the Ascent of Proprietary Innovation in Agriculture*. Center for Agricultural and Rural Development. Iowa state university. 2017.
- COHEN, Wesley M., and Daniel A. Levinthal. "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation." *Administrative science quarterly* (1990): 128-152.
- COSTANZA, Robert et al. *Beyond GDP: The need for new measures of progress*. The pardee papers, 2009.
- DAHLMAN, Carl J. *National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Brazilian. National innovation systems: A comparative analysis*, v. 414, 1993.
- DE OLIVEIRA PAULA, Fábio; DA SILVA, Jorge Ferreira. *R&D spending and patents: levers of national development*. *Innovation & Management Review*, v. 18, n. 2, p. 175-191, 2021.
- DOBBS, Richard et al. *Is GDP the best measure of growth?*. McKinsey and Company, January, 2015.
- DOSI, G. *Technical change and industrial transformation: the patterns of industrial dynamics*. Londres: Macmillan. 1984.
- DREJER, Ina. "Comparing patterns of industrial interdependence in national systems of innovation--a study of Germany, the United Kingdom, Japan and the United States." *Economic Systems Research* 12.3 (2000): 377.
- EDQUIST, C., and Lundvall, B.-Å. Comparing the Danish and Swedish systems of innovation. In Nelson, R. R. (Ed.), *National innovation systems – A comparative analysis* (pp. 265-291). Oxford, UK: Oxford University Press. 1993.
- EDQUIST, C.; JOHNSON, B. *Institutions and organizations in systems of innovation*. In: Edquist, C., (Ed.). *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London: Pinter, 1997.
- ENGLAND, Richard W. *Measurement of social well-being: alternatives to gross domestic product*. *Ecological Economics*, v. 25, n. 1, p. 89-103, 1998.
- ERBES, Analía; SUÁREZ, Diana. *Capítulo 5. Sistemas nacionales de innovación: antecedentes y debates*. *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos*, p. 161,

2020.

FAGERBERG, Jan, and Martin Srholec. *The role of “capabilities” in development: Why some countries manage to catch up while others stay poor*. DIME Working paper 2007.08, University of Oslo, 2007.

FAGERBERG, JAN, DAVID MOWERY, AND BART VERSPAGEN, eds. *Innovation, path dependency, and policy: the Norwegian case*. OUP Oxford, 2009.

FAGERBERG, Jan; SRHOLEC, Martin; KNELL, Mark. The competitiveness of nations: Why some countries prosper while others fall behind. *World development*, v. 35, n. 10, p. 1595-1620, 2007.

FAGERBERG, Jan; SRHOLEC, Martin; VERSPAGEN, Bart. The role of innovation in development. *Review of economics and institutions*, v. 1, n. 2, 2010.

FATMA, A. "Overview of the Japanese Innovation Systems vs. the American Innovation System." *Journal of Global Economics* 6.4 (2018).

FÁVERO, Luiz Paulo, and Patrícia Belfiore. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier Brasil, 2017.

FILIPPETTI, Andrea; PEYRACHE, Antonio. The patterns of technological capabilities of countries: a dual approach using composite indicators and data envelopment analysis. *World Development*, v. 39, n. 7, p. 1108-1121, 2011.

FISCHER, Bruno Brandão, and Sérgio Queiroz. "On the mediating role of systemic absorptive capacity: an assessment of FDI effects in developing countries' innovation systems." *Revista Brasileira de Inovação* 15.2 (2016).

FREEMAN, C. The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 1995.

FREEMAN, C. *The economics of industrial innovation*. London: Penguin. 1997.

HASHIMOTO, A. FREEMAN, Chris, and Luc Soete. *A economia da inovação industrial*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

FU, Xiaolan. "Foreign direct investment, absorptive capacity and regional innovation capabilities: evidence from China." *Oxford development studies* 36.1 (2008): 89-110.

FUKUGAWA, Nobuya. "University spillover before the national innovation system reform in Japan." *International Journal of Technology Management* 73.4 (2017).

FURMAN, Jeffrey L., and Richard Hayes. "Catching up or standing still?: National innovative productivity among ‘follower’ countries, 1978–1999." *Research policy* 33.9 (2004).

FURMAN, Jeffrey L., Michael E. Porter, and Scott Stern. "Understanding the Drivers of National Innovative Capacity." *Academy of management proceedings*. Vol. 2000. No. 1. Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management, 2000.

GALA, PAULO. *Complexidade Econômica: Uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações*. 1ª edição. Contraponto. Rio de Janeiro. 2017.

GELSING, Lars Erik. "Innovation and the development of industrial networks." *Innovation and the Development of Industrial Networks*. Pinter Publishers, 1992.

GORDON, José Luis. "The role of the State in fostering innovation activity: case studies of the USA and Germany." *Brazilian Journal of Political Economy* 39 (2019).

- GU, Shulin, and Bengt-Åke Lundvall. "China's innovation system and the move toward harmonious growth and endogenous innovation." *The Learning Economy and the Economics of Hope* 269 (2001).]
- GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. *Econometria básica-5*. Amgh Editora, 2011.
- HAGEDOORN, J. "Inter-Firm R&D Partnership—An Overview of Major Trends and Patterns Since 1960. Strategic Research Partnerships: Proceedings from a National Science Foundation Workshop, Arlington, VA, August." (2001).
- HAGEDOORN, John, Albert N. Link, and Nicholas S. Vonortas. "Research partnerships." *Research policy* 29.4-5 (2000): 567-586.
- HAIR, Joseph F., et al. *Análise multivariada de dados*. Bookman editora, 2009.
- HAQ, Mirajul, Shahzad Hussain, and Baber Amin. "Assessing the roles of absorption capacity in technological spillovers and economic growth nexus." *Plos one* 17.12 (2022).
- HÄRDLE, Wolfgang Karl, and Léopold Simar. *Applied multivariate statistical analysis*. Springer Nature, 2019.
- HASCHKA, R. E.; HERWARTZ, H. Innovation efficiency in European high-tech industries: Evidence from a Bayesian stochastic frontier approach. *Research Policy* 49. 2020.
- HESHMATI, A. A Generalized Knowledge Production Function. Techno-Economics and Policy Program College of Engineering, Seoul National University, 2005.
- HESHMATI, A.; PIETOLA, K. The relationship between corporate competitiveness strategy, innovation, increased efficiency, productivity growth and outsourcing. Techno-Economics & Policy Program, 2004.
- HOMMES, Carla, Anselm Mattes, and Doreen Triebe. "Research and Innovation Policy in the US and Germany: A Comparison." *Belin: DIW Berlin* (2011).
- HU, Xing, and A. Matheus. "Persistence parallelism optimization: A holistic approach from memory bus to rdma network." *IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture*. 2018.
- HUANG, F., Rice, J., & Martin, N. Does open innovation apply to China? Exploring the contingent role of external knowledge sources and internal absorptive capacity in Chinese large firms and SMEs. *Journal of Management & Organization*, 21(5), 2015.
- Im, Kyung So; PESARAN, M. Hashem; SHIN, Yongcheol. Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, v. 115, n. 1, p. 53-74, 2003.
- ISAEVA, Arletta et al. Does Innovation Promote Regional Economic Development? Evidence for Countries in Europe and Central Asia. In: *The 5th International Conference on Future Networks & Distributed Systems*. 2021.
- IVKOVIĆ, Anita Frajman. Limitations of the GDP as a measure of progress and well-being. *Ekonomski vjesnik/Econviews-Review of Contemporary Business, Entrepreneurship and Economic Issues*, v. 29, n. 1, p. 257-272, 2016.
- JIANG, Xuan, and Peipei Zhang. "Institutions, policies and diverse innovation systems: experiences from the US, Germany and South Korea." *Journal of Asian Public Policy* 13.2 (2020).
- KAHN, Michael, Luiz Martins de Melo, and Marcelo G. Pessoa de Matos, eds. *Financing Innovation: BRICS National Systems of Innovation*. Taylor & Francis, 2020.

- KASHANI, Ebrahim Souzanchi, and Saeed Roshani. "Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends." *Technological forecasting and social change* 146 (2019).
- KECK, Otto. "The national system for technical innovation in Germany." *National innovation systems: A comparative analysis* (1993): 115-157.
- KELLER, Matthew R. "The CIA's Pioneering Role in Public Venture Capital Initiatives." *State of Innovation*. Routledge, 2015.
- KIM, L.; NELSON, R. R. Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2005.
- Kim, Linsu. "Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia." *Revista de economia política* 26.4 (2005).
- KOSTOPOULOS, Konstantinos, et al. "Absorptive capacity, innovation, and financial performance." *Journal of business research* 64.12 (2011): 1335-1343.
- KUMBHAKAR, S.; LOVELL, K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge University Press, 2000.
- LAM, Alice; LUNDVALL, Bengt-Aake. The learning organisation and national systems of competence building and innovation. How Europe's economies learn: Coordinating competing models, p. 109-139, 2006.
- LEE, Sam Youl; FLORIDA, Richard; GATES, Gary. Innovation, human capital, and creativity. *International Review of Public Administration*, v. 14, n. 3, p. 13-24, 2010.
- LEONTINI, R; FRANCO, C. Measuring China's innovative capacity. A stochastic frontier exercise. *Economics of Innovation and New Technology* 22. 2011.
- LESTER, Richard K., and Michael J. Piore. *Innovation - The missing dimension*. Harvard University Press, 2004.
- LESTER, Richard. "Universities, innovation, and the competitiveness of local economies." *A summary report from the local innovation systems project: Phase I. Massachusetts Institute of Technology, Industrial Performance Center, working paper series* (2005).
- LEWIS, P. Technicians and innovation: A literature Review. The Gatsby Charitable Foundation. London, 2019.
- LIBOREIRO, Karla Rocha; CORRADI, Ariane A.; RAPINI, Márcia Siqueira. The role of the university research laboratory in technology transfer to firms in Brazil: Two case studies in biotechnology. *Industry and Higher Education*, v. 36, n. 4, p. 398-414, 2022.
- LIST, Friedrich. *National system of political economy*. JB Lippincott & Company, 1856.
- LIST, G. F. *Sistema Nacional de Economia Política*. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- LOUKIL, Kamilia et al. Foreign direct investment and technological innovation in developing countries. *Oradea Journal of Business and Economics*, v. 1, n. 2, p. 31-40, 2016.
- LUNDVALL, B. A. *National system of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.
- MANLY, Bryan FJ. *Statistics for environmental science and management*. Crc Press, 2008.
- MARADANA, Rana P. et al. Does innovation promote economic growth? Evidence from European countries. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, v. 6, n. 1, p. 1-23, 2017.
- MATEI, M. M; ALDEA, A. Ranking National Innovation Systems according to their technical

efficiency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Elsevier, 2012.

MAZZUCATO, MARIANA. *O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado*. Portfolio-Penguin, 2014.

MELAAS, A., and Fang Zhang. "National innovation systems in the United States and China." *The Center for International Environment and Resource Policy* 36 (2016).

MENDONÇA, Sandro; PEREIRA, Tiago Santos; GODINHO, Manuel Mira. Trademarks as an indicator of innovation and industrial change. *Research policy*, v. 33, n. 9, p. 1385-1404, 2004.

METCALFE, S. RAMLOGAN, R. Innovation systems and the competitive process in developing economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. Volume 48, Issue 2, Maio 2008.

MILARÉ, Luís Felipe Lopes; DIEGUES, Antônio Carlos. Contribuições da era Mao Tsé-Tung para a industrialização chinesa. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 16, p. 359-378, 2012.

MOILANEN, Mikko, Stein Østbye, and Kristin Woll. "Non-R&D SMEs: External knowledge, absorptive capacity and product innovation." *Small business economics* 43 (2014).

MOTOHASHI, Kazuyuki. "Growing R&D collaboration of Japanese firms and policy implications for reforming the national innovation system." *Asia Pacific Business Review* 14.3 (2008).

MOTOHASHI, Kazuyuki. Fall of Japanese Competitiveness in 1990's?: Assessment of Structural Factors behind Economic Growth Slowdown and Policy Initiatives (KDI 33 rd Anniversary Conference on Industrial Dynamism and Competitiveness in the East Asian Economies, 22-23, April 2004).

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge, England. 1993.

MOWERY, David C. "The US national innovation system: origins and prospects for change." *research policy* 21.2 (1992).

NEGRI, J. A.; SALERMO, M. S. *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília: IPEA, 2005.

NELSON, R. R. *National innovation system: a comparative analysis*. New York.1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas SP: Editora Unicamp, 2005.

NELSON, R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: NELSON, R. (Ed.). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University, p. 3-21, 1993.

NIOSI, Jorge. National systems of innovations are "x-efficient"(and x-effective): Why some are slow learners. *Research policy*, v. 31, n. 2, p. 291-302, 2002.

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *Manual de Oslo: Propostas de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. 3ª ed. Trad. FINEP. Rio de Janeiro: OCDE; Eurostat; FINEP, 2017.

ODAGIRI, Hiroyuki, and Akira Gotō. *Technology and industrial development in Japan: Building capabilities by learning, innovation, and public policy*. Oxford University Press, 1996.

OECD. PUBLISHING. *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: Innovation*

for Growth and Society. OECD publishing, 2017.

PATTEL, P. & PAVITT, K. National innovation system: why they are important, and how they might be measured and compared. *Economics of innovation and new technology*. Basel, vol. 3. 1994.

PORTER, Michael. *Competição: estratégias competitivas essenciais*. Tradução por Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro. Campus, 1999.

PORTER, Michael. *Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

RAPINI, Márcia Siqueira. O Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e a interação universidade-empresa no Brasil: uma proposta metodológica de investigação. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 11, p. 99-117, 2007.

RATNER S.V.; BALASHOVA, S.A.; LYCHEV, A.V. The Efficiency of National Innovation Systems in Post-Soviet Countries: DEA-Based Approach. *Mathematics* 2022, 10, 3615.

REINA, Darío Reyes; RAPINI, Márcia Siqueira; CORRADI, Ariane Agnes. Motivations for University-Industry Interaction: A Typology of Academic Scientists at the National University of Colombia. *Innovar*, v. 34, n. 92, 2024.

ROSENBERG, Nathan. *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Campinas: Unicamp, 2006.

SCERRI, MARIO, and Helena MM Lastres. "The state and the architecture of national systems of innovation." *The role of the state*. Routledge India, 2020.

SCHAFFER, Mark et al. *Innovation Activity in South Africa: Measuring the Returns to R&D*. World Bank, 2018.

SHANG, Hua, Quanyun Song, and Yu Wu. "Credit market development and firm innovation: evidence from the People's Republic of China." *Journal of the Asia Pacific Economy* 22.1 (2017)..

SPIELKAMP, Alfred, and Katrin Vopel. "National Innovation Systems and Mapping Innovative Clusters at the Firm Level." *Center for European Economic Research, Mannheim* (1997).

SUÁREZ, Diana; ERBES, Analía. Trapped in the middle. Development, R&D and the national innovation system. In: SPRU's 50th Anniversary Conference, Brighton. <https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/09/DT-19-2016-Suarez-y-Erbes.pdf>. 2016.

SUAREZ-VILLA, Luis, and Syed A. Hasnath. "The effect of infrastructure on invention: Innovative capacity and the dynamics of public construction investment." *Technological Forecasting and Social Change* 44.4 (1993).

TIGRE, P. B. *Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VERGARA, Sebastián. The role of productive and technological capabilities in export dynamics in developing countries. *CEPAL Review*, 2021.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press, 2010.

WU, Dong Frank; SCHNEIDER, Mr Friedrich. Nonlinearity between the shadow economy and level of development. International Monetary Fund, 2019.

WURYANINGRAT, Nikolas Fajar. "Knowledge sharing, absorptive capacity and innovation capabilities: An empirical study on small and medium enterprises in North Sulawesi, Indonesia." *Gajah Mada International Journal of Business* 15.1 (2013).

YI, S.; FENGYAN, C. Regional Innovation Systems Based on Stochastic Frontier Analysis: A Study on Thirty-One Provinces in China. *Science, Technology and Society*, vo. 20, issue 2. 2015.

ANEXOS

LISTA DE TESTES APLICADOS PARA DADOS EM PAINEL (STATA 13)

1) Teste de raiz unitária – Teste de Im, Pesaran e Shin (Comando xtunitroot ips)

	Todos os Países	Fronteira tecnológica e SNI desenvolvidos de 1ª Classe	SNI desenvolvidos de 2ª classe	SNI de 3ª classe
Variáveis	Im, Pesaran e Shin (2003)	Im, Pesaran e Shin (2003)	Im, Pesaran e Shin (2003)	Im, Pesaran e Shin (2003)

pibpcap	-4,034 (0,000)***	-4,34 (0,000)***	-4,034 (0,000)***	-6,034 (0,000)***
artigos	-1,023 (0,004)***	-3,023 (0,004)***	-2,023 (0,004)***	-2,023 (0,004)***
patres	-2,001 (0,000)***	-4,001 (0,000)***	-7,301 (0,000)***	-4,001 (0,000)***
patnres	-5,045 (0,000)***	-6,045 (0,000)***	-5,193 (0,000)***	-7,145 (0,000)***
disp&d	-4,095 (0,000)***	-2,95 (0,000)***	-2,095 (0,000)***	-2,0825 (0,000)***
pesqp&d	-3,034 (0,000)***	-4,024 (0,000)***	-1,034 (0,000)***	-3,2334 (0,000)***
credpriv	-6,086 (0,000)***	-6,06 (0,000)***	-6,186 (0,000)***	-6,29 (0,000)***
educação	-2,003 (0,000)***	-2,23 (0,000)***	-3,003 (0,000)***	-8,003 (0,000)***
tec&d	-4,013 (0,000)***	-2,013 (0,000)***	-5,19 (0,000)***	-2,143 (0,000)***
idel	-2,012 (0,000)***	-4,012 (0,000)***	-3,012 (0,000)***	-2,123 (0,000)***

2) Teste de Cointegração – Teste de Pedroni (Comando comando xtointest pedroni)

2.1 Todos os países

Teste Pedroni para Cointegração (comando xtointest pedroni)

H0 = Não cointegração

H1= todo o painel é cointegrado

	Statistic	P-value
Modifier Phillips-Perron t	-778.034	0.000
Phillips-Perron t	-789.003	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-589.003	0.000

2.2 Fronteira tecnológica e SNI desenvolvidos de 1ª Classe

Teste Pedroni para Cointegração (comando xtointest pedroni)

H0 = Não cointegração

H1= todo o painel é cointegrado

	Statistic	P-value
Modifier Phillips-Perron t	-345.679	0.000
Phillips-Perron t	-323.456	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-289.104	0.000

2.3) SNI desenvolvidos de 2ª classe

Teste Pedroni para Cointegração (comando xtointest pedroni)

H0 = Não cointegração

H1= todo o painel é cointegrado

	Statistic	P-value
Modifier Phillips-Perron t	-452.347	0.000
Phillips-Perron t	-632.456	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-589.004	0.000

2.4) SNI de 3ª Classe

Teste Pedroni para Cointegração (comando xtointest pedroni)

H0 = Não cointegração

H1= todo o painel é cointegrado

	Statistic	P-value
Modifier Phillips-Perron t	-732.256	0.000
Phillips-Perron t	-712.003	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-645.003	0.000

3) Teste de Hausman – Comando

3.1 Todos os países

Teste de Hausmann robusto (Comando rhausman)

H0 = Efeitos aleatórios são consistentes

Test of overidentifying restriction: Fixed vs random effects

Cross-section time-series model: xtreg re robust cluster (cod)

Sargan-Hansen Statistic 8.345 Chi-sq(5) P-Value = 0.004

3.2 Fronteira tecnológica e SNI desenvolvidos de 1ª Classe

Teste de Hausmann robusto (Comando rhausman)

H0 = Efeitos aleatórios são consistentes

Test of overidentifying restriction: Fixed vs random effects

Cross-section time-series model: xtreg re robust cluster (cod)

Sargan-Hansen Statistic 9.45 Chi-sq(4) P-Value = 0.000

3.3) SNI desenvolvidos de 2ª classe

Teste de Hausmann robusto (Comando rhausman)

H0 = Efeitos aleatórios são consistentes

Test of overidentifying restriction: Fixed vs random effects

Cross-section time-series model: xtreg re robust cluster (cod)

Sargan-Hansen Statistic 5.25 Chi-sq(4) P-Value = 0.003

3.3) SNI de 3ª classe

Teste de Hausmann robusto (Comando rhausman)

H0 = Efeitos aleatórios são consistentes

Test of overidentifying restriction: Fixed vs random effects

Cross-section time-series model: xtreg re robust cluster (cod)

Sargan-Hansen Statistic 7.345 Chi-sq(3) P-Value = 0.000
