



Sistemas Nacionais de Inovação: Tipologias utilizando uma abordagem de clusterização

Carlos Eduardo Rodrigues Martins¹

Márcia Jucá Teixeira Diniz²

Marcelo Bentes Diniz³

Leandro Moraes de Almeida⁴

RESUMO

O objetivo principal desse artigo é gerar tipologias para os SNI das 50 maiores economias utilizando análise de agrupamento (Clusters). Procurou-se através da utilização de um modelo de análise de cluster, classificar e entender os SNI estudados e gerar um procedimento metodológico que possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação. Como principais resultados, os SNI foram divididos em três classes distintas: SNI de fronteira tecnológica e de 1ª classe, SNI de 2ª e SNI de 3ª classe. 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.

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

Palavras-chave: Inovação, tecnologia, tipologia.

Código JEL: O31; O34.

Área Temática: *Redes e sistemas urbanos, regionais e nacionais*

ABSTRACT

The main objective of this article will be to generate typologies for the SNI of the 50 largest economies using cluster analysis. Search through the use of a cluster analysis model, classify and understand the trained NIS and generate a methodological procedure that makes it possible to monitor the evolution of innovation systems. As main results, the SNI were divided into three distinct classes: technological frontier and 1st class SNI, 2nd class SNI and 3rd class SNI. 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.

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

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA) – kadumartins91@gmail.com

² Universidade Federal do Pará (UFPA) – mjucadiniz@ufpa.br

³ Universidade Federal do Pará (UFPA) – mbdiniz2007@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Pará (UFPA) – lmorais@ufpa.br

1 INTRODUÇÃO

O desempenho inovador de um país 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). Além disso, este desempenho inovador é importante para o enfrentamento de diversos desafios globais, como as mudanças climáticas, o avanço de pandemias e o desenvolvimento sustentável das nações. Sobre isso, alguns fatores são essenciais para o aumento do desempenho inovador, dentre eles podemos destacar: a redução das regulamentações anticompetitivas do mercado de produtos que estimulem a P&D dos negócios; as condições macroeconômicas estáveis e baixa taxa de juros reais que incentivem o crescimento de atividades inovativas; as disponibilidades de finança interna e externa e a expansão da pesquisa pública, que pode apoiar a pesquisa no setor empresarial.

A tipologia e a identificação do processo de construção dos SNI, bem como as variáveis impulsionadora do desenvolvimento desses sistemas, tornassem objetivo elementar (ALBUQUERQUE, 1996). 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 (ALBUQUERQUE, 1996). 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, Polônia 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., 2007).

Nesse sentido, a importância da criação e desenvolvimento de um ambiente que propicie a geração e a difusão da inovação é essencial. Assim, o presente trabalho apresenta como objetivo principal a análise dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias dos sistemas analisados. Procura-se através da utilização de um de análise de cluster e de um conjunto de variáveis amplamente estudadas

na literatura, uma metodologia capaz de classificar os SNI estudados e gerar um procedimento metodológico que possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação.

O artigo encontrasse dividido em mais quatro capítulos além dessa introdução. O segundo capítulo abordará a discussão sobre aspectos conceituais e teóricos sobre os sistemas nacionais de inovação. No capítulo 2 será descrito a metodologia do trabalho, destacando as principais variáveis a ser utilizada, bem como a descrição do modelo utilizado e no capítulo 4 estará os resultados e discussões do trabalho. E, por último, segue as conclusões.

2 Sistema Nacionais de Inovação: Origem, Conceituações e Desenvolvimento

De acordo com Freeman (1995), o precursor na elaboração do termo e do conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) foi Bengt-Ake Lundvall (1992), no artigo publicado na quinta parte do livro com edição de Dosi et al. (1984). 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 Jun, 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 incluiria 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 distintos 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 ao volume e padrão setorial de P&D e 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”. 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 (FREEMAN, 2008).

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 para os SNI de países em 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.

3 Procedimentos Metodológicos

3.1 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. Escolheu-se esse grupo de países devido sua relevante participação na economia mundial, representando cerca de 98% de todo o PIB gerado.

3.2 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. As variáveis foram coletadas tendo como referência a análise e investigação na imensa literatura sobre sistemas nacionais de inovação (Quadro 1).

Quaro 1 Variáveis, Fonte e Unidade de medida

Grandes grupos	Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade
Capacidade Inovativa	artigos	Artigos de Revista Técnica e Científica	Os artigos de periódicos científicos e técnicos referem -se ao número de	World Bank	Unidade

			artigos científicos e de engenharia publicados.		
	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.	World Intellectual Property Organization	Unidade
	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.	World Intellectual Property Organization	Unidade
Ambiente Inovativo	pesqp&d	Pesquisadores em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	O número de pesquisadores envolvidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).	UNESCO	Por milhões de habitantes
	desp&d	Despesas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Despesas domésticas brutas em pesquisa e desenvolvimento (P&D), expressas como uma porcentagem do PIB.	UNESCO	Percentual (%) do PIB
	credsetpriv	Crédito Doméstico ao Setor Privado	Crédito doméstico ao setor privado refere-se aos recursos financeiros fornecidos ao setor privado por empresas financeiras, como empréstimos, compras de títulos, dentre outros	World Bank	Percentual (%) do PIB
Capital Humano	Educação	Despesas com Educação Superior	Percentual (%) do Total das Despesas do Governo com Educação Superior	UNESCO	Percentual (%)
	tecqp&d	Técnicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Representa o número de técnicos que participa de alguma atividade pesquisa e desenvolvimento (P&D).	UNESCO	Por milhões de Habitantes
Investimento Estrangeiro	idel	Investimento Direto Estrangeiro Líquido (Entradas Líquidas)	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.	World Bank	Dólares (US\$)

Fonte: Elaboração própria.

3.3 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 Cambera, 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 2 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).

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.

Quadro 2 - 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

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.

4 Resultados e Discussões

4.1 Fatores determinantes

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 heterocedasticidade⁵ e o teste de White).

Os resultados encontrados demonstram claramente a importância das variáveis (fatores) para os SNI (Tabela 1). 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.

⁵ 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).

Tabela 1 - 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 - χ^2 (1) = 3.83 – P-valor = 0.000/ R^2 ajustado = 0.68/ P-valor F = 0.00.

4.2 Análise de Cluster (Agrupamento)

Analisando o dendrograma observa-se a construção de 3 (três) cluster diferenciados e bem definidos, dado pela linha divisória que corta a ilustração (Figura 1). 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 sistema de inovação analisados. Assim, a divisão em agrupamento possibilitou a dinâmica de formação de 3 (três) tipologias de SNI, de acordo com a Tabela 2:

- **Os SNI de fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª classe** – O sistema de inovação de fronteira tecnológica foi composto por China e Estados Unidos que estão nesse grande cluster, mas agrupados em subcluster diferenciado. 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 essa tipologias estavam ligados a dinâmica de funcionamento do sistema financeiro ligado aso 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 a 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 a 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 as análises 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 tipologia encontradas, sendo inserido na denominação “outros” junto com os sistemas de inovação da Turquia e Paquistão.

A posição do Chile dentro do agrupamento de países com sistemas de inovação requer algumas considerações. Ao analisar o dendrograma e a formação dos agrupamentos 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 território 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.

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 uma queda substancial no número de patentes concedidas e, retirando o setor de eletrônicos houve uma queda substancial na produtividade de P&D.

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

Após as estimações do modelo 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.

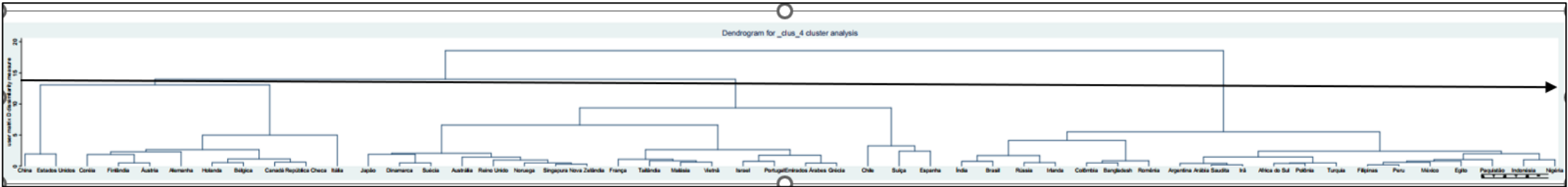
4.2.1.1 Capacidade Inovativa

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. 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.

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 2º para 3º colocado no período no caso de patentes não residente e de 1º para 3º colocado para patentes residentes (Tabela 3 e 4). Vale ressaltar que as variáveis citadas são amplamente citadas como *proxy* para mensurar a capacidade inovativa de uma nação (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; FURMAN, STERN e PORTER (2000); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2018); FAGERBERG e SRHOLEC (2007), FREEMAN, 1994, 1995; LUNDVALL, 1992).

Figura 1 - Dendrograma com a formação de 3 cluster para os SNI estudados



Fonte: Elaboração própria. Stata 13.

Tabela 2 - 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.

Tabela 3 - 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
Áustria	6.614,60	Bélgica	16.218,32	24º
República Checa	5.330,30	República Checa	16.118,82	25º
Grécia	5.285,59	Portugal	15.928,35	26º
Noruega	5.063,27	Egito	15.216,46	27º
México	5.026,99	África do Sul	14.999,24	28º
Singapura	4.812,54	Paquistão	14.627,74	29º
Nova Zelândia	4.324,72	Dinamarca	14.532,28	30º
Argentina	4.231,85	Tailândia	13.467,89	31º
África do Sul	3.964,55	Áustria	13.162,53	32º
Portugal	3.328,54	Israel	13.090,78	33º
Egito	2.682,75	Arábia Saudita	12.743,60	34º
Irlanda	2.607,75	Noruega	12.407,49	35º
Romênia	2.269,76	Singapura	11.678,08	36º
Tailândia	1.667,73	Grécia	11.490,71	37º
Arábia Saudita	1.595,72	Finlândia	11.036,74	38º
Irã	1.559,17	Romênia	10.157,95	39º
Chile	1552,28	Argentina	8.984,76	40º
Malásia	1327,34	Nova Zelândia	8.454,51	41º
Paquistão	1.036,55	Colômbia	8.423,92	42º
Nigéria	1.036,35	Chile	7.875,81	43º
Colômbia	535,48	Irlanda	7.747,07	44º
Bangladesh	444,19	Nigéria	6.476,73	45º
Indonésia	398,08	Vietnã	5.812,63	46º
Filipinas	345,72	Bangladesh	5.012,04	47º
Emirados Árabes	324,89	Emirados Árabes	4.053,25	48º
Vietnã	202,08	Filipinas	3.457,15	49º
Peru	172,38	Peru	2.192,52	50º

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

4.2.1.2 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 5). 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.

Com relação a variável despesas com pesquisa e desenvolvimento (P&D) o destaque fica com a Israel e Coreia (Tabela 7). 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 5 - Evolução das despesas com P&D dos SNI (2000 e 2019)

Países	2000	Países	2019	Posição
Israel	4,21	Israel	5,22	1º
Finlândia	3,24	Coreia	4,63	2º
Japão	3,24	Suécia	3,39	3º
Suécia	3,22	Japão	3,22	4º
Suíça	3,08	Suíça	3,20	5º
Dinamarca	3,05	Estados Unidos	3,17	6º
Estados Unidos	2,62	Dinamarca	3,17	7º
Dinamarca	2,41	Bélgica	3,16	8º
Reino Unido	2,27	Áustria	3,13	9º
França	2,23	Dinamarca	2,90	10º
Singapura	2,17	Finlândia	2,80	11º
Coreia	2,13	Reino Unido	2,67	12º
Bélgica	1,94	China	2,24	13º
Noruega	1,92	França	2,19	14º
Austrália	1,92	Holanda	2,18	15º
Áustria	1,89	Noruega	2,14	16º
Canadá	1,86	República Checa	1,93	17º
Holanda	1,79	Singapura	1,89	18º
Malásia	1,28	Austrália	1,83	19º
Portugal	1,24	Canadá	1,76	20º
Nova Zelândia	1,23	Itália	1,46	21º
Espanha	1,22	Malásia	1,45	22º
República Checa	1,11	Nova Zelândia	1,41	23º
Irlanda	1,08	Portugal	1,40	24º
Rússia	1,05	Polônia	1,32	25º
Brasil	1,05	Turquia	1,32	26º
Itália	1,00	Emirados Árabes	1,31	27º
Grécia	0,97	Grécia	1,27	28º
China	0,89	Espanha	1,25	29º
Emirados Árabes	0,87	Irlanda	1,23	30º
Índia	0,76	Brasil	1,21	31º
Irã	0,70	Tailândia	1,14	32º
Polônia	0,64	Rússia	1,04	33º
Tailândia	0,62	Egito	0,80	34º
África do Sul	0,54	Irã	0,79	35º
Turquia	0,47	Índia	0,66	36º
Argentina	0,44	África do Sul	0,61	37º
Chile	0,38	Argentina	0,48	38º
Romênia	0,37	Romênia	0,48	39º
Vietnã	0,36	Filipinas	0,43	40º
México	0,31	Vietnã	0,42	41º
Filipinas	0,23	Chile	0,34	42º
Nigéria	0,23	Colômbia	0,32	43º
Egito	0,19	Nigéria	0,30	44º

Países	2000	Países	2019	Posição
Bangladesh	0,14	México	0,28	45º
Colômbia	0,13	Indonésia	0,27	46º
Arábia Saudita	0,12	Bangladesh	0,23	47º
Paquistão	0,12	Arábia Saudita	0,18	48º
Peru	0,11	Paquistão	0,17	49º
Indonésia	0,07	Peru	0,16	50º

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

4.2.1.3 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 (2018); 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 6). 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 61 - 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	1º
Holanda	33,87	Canadá	34,56	2º
Malásia	32,06	Malásia	34,56	3º
Canadá	31,81	Áustria	32,49	4º
Turquia	30,91	Dinamarca	32,45	5º
Irlanda	30,27	Holanda	31,93	6º
Dinamarca	30,00	Noruega	29,54	7º
Irã	29,54	Índia	28,56	8º
Suécia	27,18	Turquia	28,54	9º
Estados Unidos	26,78	Irã	28,24	10º
Dinamarca	25,98	Estados Unidos	27,90	11º
Emirados Árabes Unidos	25,67	Austrália	27,78	12º
Noruega	25,40	Suíça	27,65	13º
Áustria	25,01	China	26,89	14º
Grécia	24,03	Emirados Árabes Unidos	26,87	15º
Nova Zelândia	23,54	Finlândia	26,54	16º
China	23,45	Suécia	26,54	17º
Austrália	23,42	Dinamarca	25,99	18º
Suíça	22,29	Chile	25,87	19º
Brasil	22,07	Argentina	25,67	20º
Espanha	21,79	Filipinas	25,67	21º
Bélgica	20,98	Brasil	25,45	22º
Japão	20,54	Nova Zelândia	25,32	23º
Romênia	20,45	Reino Unido	25,02	24º
Tailândia	20,30	Romênia	24,76	25º
Índia	20,30	Polônia	24,76	26º
Colômbia	19,88	Arábia Saudita	23,67	27º
Singapura	19,54	Espanha	23,65	28º
Arábia Saudita	18,98	Grécia	23,45	29º
República Checa	18,98	Singapura	23,45	30º
Itália	18,50	Rússia	23,45	31º

Países	2000	Países	2019	Posição
Israel	18,30	Irlanda	23,44	32º
Argentina	18,14	Colômbia	23,31	33º
Portugal	18,13	Tailândia	22,45	34º
Reino Unido	17,54	Paquistão	22,34	35º
Vietnã	17,54	Bélgica	22,28	36º
México	17,34	Japão	21,65	37º
Peru	16,98	Vietnã	21,43	38º
Egito	16,98	França	20,54	39º
Paquistão	16,78	México	20,45	40º
França	16,43	Coréia	20,45	41º
Rússia	16,11	Itália	19,12	42º
Indonésia	15,67	Egito	18,45	43º
África do Sul	14,55	Portugal	18,32	44º
Nigéria	14,54	Nigéria	17,54	45º
Chile	14,53	Indonésia	17,53	46º
Polônia	14,46	Israel	16,76	47º
Filipinas	13,82	Peru	15,77	48º
Coréia	10,54	África do Sul	15,25	49º
Bangladesh	10,12	República Checa	12,60	50º

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

4.2.1.4 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 7). De acordo com os dados do Banco Mundial, Cingapura apresenta destaque na utilização dessa variável como importante fator do desenvolvimento do seu SNI. O que percebesse 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 7 - Evolução dos Investimentos direto líquido estrangeiro (IDEL) – 2000 e 2019

Países	2000	Países	2019	Posição
Bélgica	37,48	Singapura	27,94	1º
Irlanda	25,73	Finlândia	5,81	2º
Dinamarca	21,94	Chile	4,87	3º
Singapura	16,15	Vietnã	4,82	4º
Holanda	15,12	Colômbia	4,33	5º
Dinamarca	12,73	Israel	4,31	6º
Finlândia	10,71	Portugal	4,30	7º
Reino Unido	9,85	Emirados Árabes Unidos	4,28	8º
Canadá	9,17	República Checa	4,26	9º
Suécia	8,68	Noruega	4,00	10º
Suíça	8,27	Brasil	3,69	11º
República Checa	8,07	Suécia	3,09	12º
Espanha	6,77	Polônia	2,96	13º
Chile	6,20	Romênia	2,93	14º
Portugal	6,15	Egito	2,83	15º
Israel	5,92	Canadá	2,81	16º
Polônia	5,42	Austrália	2,79	17º
Brasil	5,03	Malásia	2,51	18º
Noruega	4,86	Grécia	2,44	19º
Áustria	4,31	Filipinas	2,30	20º
Vietnã	4,16	México	2,29	21º
Malásia	4,04	Indonésia	2,23	22º
Argentina	3,67	Peru	2,08	23º

Países	2000	Países	2019	Posição
Austrália	3,58	França	1,96	24º
China	3,48	Dinamarca	1,90	25º
Estados Unidos	3,41	Rússia	1,89	26º
França	3,03	Espanha	1,86	27º
Romênia	2,78	Índia	1,78	28º
Tailândia	2,66	Itália	1,55	29º
México	2,48	Argentina	1,49	30º
Colômbia	2,44	Estados Unidos	1,48	31º
Coréia	2,00	Nova Zelândia	1,37	32º
Filipinas	1,78	África do Sul	1,31	33º
Nigéria	1,65	China	1,31	34º
Peru	1,56	Turquia	1,25	35º
Egito	1,24	Suíça	1,22	36º
Itália	1,15	Tailândia	1,01	37º
Rússia	1,03	Japão	0,78	38º
Índia	0,77	Paquistão	0,70	39º
África do Sul	0,64	Reino Unido	0,69	40º
Bangladesh	0,53	Coréia	0,58	41º
Turquia	0,36	Arábia Saudita	0,54	42º
Paquistão	0,31	Bangladesh	0,54	43º
Japão	0,22	Irã	0,53	44º
Irã	0,04	Nigéria	0,49	45º
Grécia	- 0,01	Dinamarca	- 1,10	46º
Emirados Árabes Unidos	- 0,49	Holanda	- 2,00	47º
Arábia Saudita	- 0,99	Áustria	- 2,79	48º
Indonésia	- 2,76	Bélgica	- 3,99	49º
Nova Zelândia	- 2,87	Irlanda	- 11,69	50º

Fonte: Elaboração própria. Banco Mundial.

5 CONCLUSÃO

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 utilizando um modelo de agrupamento. Como principais resultados, os SNI foram divididos em três classes distintas: fronteira tecnológica e desenvolvidos de 1ª, desenvolvidos de 2ª e sistemas de 3ª classe. 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 classe analisada. 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.

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 dois importantes modelos estatísticos: uma análise de regressão para identificar os principais grupos de variáveis determinantes e uma análise de agrupamentos (*clusters*) para agrupar e identificar as tipologias. 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 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 central 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: 1) os da hipótese de convergência e os 2) 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;; FAGERBERG e VERSPAGEN, 2007; 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 país 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 (LAM e LUNDVALL, 2006).

A formação de um ambiente que favoreça as instituições públicas e privadas em gerar, aplicar, disseminar e compartilhar o conhecimento científico produzido tornasse imperativo para a formação de uma estrutura institucional que apoie 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).

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. A inclusão, nesse sentido, de um modelo de análise fatorial para reduzir de forma sistêmica o número de variáveis tratadas sobre o assunto. 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.

5 REFERÊNCIAS

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, 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.

ATKINSON, Robert D. "Understanding the US national innovation system." *ITIF*, June (2014).

BRANSTETTER, Lee G.; NAKAMURA, Yoshiaki. Is Japan's innovative capacity in decline?. In: Structural impediments to growth in Japan. University of Chicago Press, 2003.

CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 8, maio 2000.

- CIMOLE, M. *National System of Innovation: A note on Technological Asymmetries and Catching-up Perspectives*". Revista de Economia Contemporânea, 18 (1). 2014.
- COHEN, Wesley M., and Daniel A. Levinthal. "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation." *Administrative science quarterly* (1990): 128-152.
- DOSI, G. Technical change and industrial transformation: the patterns of industrial dynamics. Londres: Macmillan. 1984.
- 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.
- FÁVERO, Luiz Paulo, and Patrícia Belfiore. Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®. Elsevier Brasil, 2017.
- FREEMAN, Chris, and Luc Soete. *A economia da inovação industrial*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.
- FURMAN, Jeffrey L.; PORTER, Michael E.; STERN, Scott. Understanding the Drivers of National Innovative Capacity. In: Academy of management proceedings. Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management, 2000. p. A1-A6.
- GALA, PAULO. Complexidade Econômica: Uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações. 1ª edição. Contraponto. Rio de Janeiro. 2017.
- HAIR, Joseph F., et al. *Análise multivariada de dados*. Bookman editora, 2009.
- HU, Xing, and A. Matheus. "Persistence parallelism optimization: A holistic approach from memory bus to rdma network." IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture. 2018.
- JUN, Bogang; GERYBADZE, Alexander; KIM, Tai-Yoo. **The legacy of Friedrich List: The expansive reproduction system and the Korean history of industrialization**. Hohenheim Discussion Papers in Business, Economics and Social Sciences, 2016.
- LUNDVALL, B. A. National system of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.
- MELAAS, A., and Fang Zhang. "National innovation systems in the United States and China." The Center for International Environment and Resource Policy 36 (2016).
- 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.
- MOWERY, D.; ROSENBERG, N. Technology and the Pursuit of Economic Growth. Cambridge University Press, Cambridge, England. 1993.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Uma teoria evolucionária da mudança econômica. Campinas SP: Editora Unicamp, 2005.
- OECD. PUBLISHING. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: Innovation for Growth and Society. OECD publishing, 2007.
- 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.
- 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.
- 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).