



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Aplicadas



FELIPE MARINO DA COSTA

**A EFICIÊNCIA INOVATIVA DOS PAÍSES À LUZ DA
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

LIMEIRA
2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Aplicadas



FELIPE MARINO DA COSTA

**A EFICIÊNCIA INOVATIVA DOS PAÍSES À LUZ DA
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Edmundo Inácio Júnior

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO FELIPE MARINO DA COSTA, E ORIENTADA PELO PROF. DR. EDMUNDO INÁCIO JÚNIOR.

LIMEIRA
2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Ana Luiza Clemente de Abreu Valério - CRB 8/10669

C823e Costa, Felipe Marino da, 1995-
A eficiência inovativa dos países à luz da análise envoltória de dados (DEA) / Felipe Marino da Costa. – Limeira, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Edmundo Inácio Júnior.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Sistema nacional de inovação. 2. Análise envoltória de dados. I. Inácio Júnior, Edmundo, 1972-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: The innovative efficiency of countries in the light of data envelopment analysis (DEA)

Palavras-chave em inglês:

National innovation system

Data envelopment analysis

Área de concentração: Gestão e Sustentabilidade

Titulação: Mestre em Administração

Banca examinadora:

Edmundo Inácio Júnior [Orientador]

Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva

Cristiano Morini

Data de defesa: 11-04-2023

Programa de Pós-Graduação: Administração

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0009-0003-2539-6099>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/1238129398430355>

Folha de Aprovação

Autor: Felipe Marino da Costa

Título: A eficiência Inovativa dos países a luz da análise envoltória de dados (DEA)

Natureza: Dissertação

Área de Concentração: Administração

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/Unicamp

Data da Defesa: Limeira-SP, 11 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edmundo Inacio Junior (orientador)
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. Cristiano Morini (membro)
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva (membro externo)
Universidade Federal de Uberlândia

A Ata da defesa, com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

A minha esposa, filho e a todos os meus familiares que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo amor e cuidado.

À família pelo apoio e refúgio.

Aos amigos pelo companheirismo.

Ao meu professor orientador Edmundo, pela dedicação, por ajudar a despertar em mim a paixão pela administração e mostrar que o esforço e o comprometimento são os caminhos para as conquistas.

A todos os meus professores e colegas que tanto colaboraram para o meu desenvolvimento tanto profissional como pessoal.

EPÍGRAFE

“Só é digno da liberdade, como da vida, aquele que se empenha em conquistá-la.”.

Johann Goethe.

RESUMO

A forma com que os países gerenciam a criação e disseminação da inovação e do conhecimento está diretamente relacionada ao seu desenvolvimento econômico. A eficiência do Sistema Nacional de Inovação (SNI) reflete como cada país responde aos diferentes desafios de inovação, como por exemplo, os diferentes níveis de desenvolvimento geram diferentes períodos de adoção de tecnologia. E é com esse panorama que o Índice Global de Inovação (GII) busca entender quais são os países que possuem a maior eficiência inovativa por meio da análise de indicadores-chaves (KPI). Porém, devido à limitação dessa análise em um cenário de desigualdade global, o presente estudo tem o objetivo de realizar uma análise de eficiência dos SNIs, pela aplicação da técnica Análise Envoltória de Dados (DEA), sobre os dados do GII 2019. O resultado esperado é que essa análise, feita por esse método, possa trazer novos insights, que a abordagem KPI não permite. Dessa forma, a técnica DEA resultou em 36 países eficientes. Os países eficientes são os que se encontraram na curva de eficiência da técnica DEA e mostram como maximizar os outputs de inovação, produtos científicos e tecnológicos e produtos criativos, a partir dos inputs, instituições, capital humano e pesquisa, infraestrutura, sofisticação do mercado e sofisticação empresarial. Foi possível observar depois da análise, uma grande diferença entre os resultados da KPI e DEA, onde dentro do ranking apresentado pelo GII 2019, é possível observar que existem mais países na curva de eficiência DEA nos últimos 20 países do ranking, do que nos 20 primeiros. Em seguida é possível notar que os resultados convergem conforme o maior score no ranking, onde o objetivo do estudo traz um novo olhar para os países com mais oportunidades de crescerem no ranking. Sendo assim, podemos apontar que a principal contribuição desse estudo reflete a técnica empregada, onde, para um mesmo conjunto de dados, uma diferente escolha de técnica metodológica para análise de eficiência inovativa de países, que leva em conta suas características e proporções diferentes, apontam diferentes resultados e análises, o que possibilita evidenciar as limitações de cada técnica e dar um melhor suporte para os tomadores de decisão.

Palavras-chave: Eficiência inovativa, Sistemas nacionais de inovação, DEA.

ABSTRACT

The way countries manage the creation and dissemination of innovation and knowledge is directly related to their economic development. The efficiency of the National Innovation Systems (NIS) reflects how each country responds to different innovation challenges, for example, different levels of development generate different periods of technology adoption. And it is with this background that the Global Innovation Index (GII) seeks to understand which countries have the highest innovation efficiency through the analysis of key performance indicators (KPI). However, due to the limitation of this analysis in a scenario of global inequality, the present study aims to accomplish The expected result is that this analysis, done by this method, can bring new insights, which the KPI approach does not allow. Thus, the DEA technique resulted in 36 efficient countries. The efficient countries are those that met the efficiency curve of the DEA technique and show how to maximize the outputs of innovation, scientific and technological products and creative products, from the inputs, institutions, human capital and research, infrastructure, market sophistication and business sophistication. It was possible to observe after the analysis, a big difference between the results of KPI and DEA, where within the ranking presented by GII 2019, it is possible to observe that there are more countries in the DEA efficiency curve in the last 20 countries in the ranking, than in the first 20. Then it is possible to note that the results converge according to the highest score in the ranking, where the objective of the study brings a new look to the most poorly positioned countries in the ranking. Thus, we can point out that the main contribution of this study reflects the technique employed, where, for the same set of data, a different choice of methodological technique for analyzing the innovative efficiency of countries, which takes into account their characteristics and different proportions, point to different results and analyses, which makes it possible to highlight the limitations of each technique and provide better support for the decision makers.

Keywords: Innovation efficiency, National Innovation Systems, DEA.

Lista de Tabelas

Tabela 1. Modelo conceitual EIS	24
Tabela 2. Estudos de referência que usaram DEA para aplicação da inovação.	41
Tabela 3. Estudo bibliométrico.....	42
Tabela 4. Quantidade de artigos por modelos por ano	46
Tabela 5. Componentes do Índice Global de Inovação.....	50
Tabela 6. Componentes do Índice Global de Inovação.....	54
Tabela 7. Os 20 primeiros países do ranking GII 2019	55
Tabela 8. Os países com maior score por região.....	55
Tabela 9. Rankings do Brasil, 2017 - 2019	56
Tabela 10. Comparativos do resultado entre os 20 primeiros e últimos países do ranking .	60

Lista de Figuras

Figura 1. Crescimento em P&D pelo PIB, 2000 a 2017	26
Figura 2. Modelos DEA-CRS.....	33
Figura 3. Modelos DEA-VRS.....	34
Figura 4. Gráficos ilustrativos dos modelos CRS e VRS	35
Figura 5. Gráficos ilustrativos dos modelos CRS e VRS	37
Figura 6. Nuvem de palavras-chaves	42
Figura 7. Número de artigos publicados por ano (2005-2019).....	43
Figura 8. Técnicas mais utilizadas nos artigos	44
Figura 9. Retornos e orientações utilizadas.....	45
Figura 10. Unidades de análise dos artigos.....	45
Figura 11. Resultado DEA em relação ao Score GII.....	61
Figura 12. Resultado DEA em relação ao Score GII - Top 10	62
Figura 13. Resultado DEA em relação ao Score GII - OCDE	63
Figura 14. Resultado DEA em relação ao Score GII – Alta renda.....	64
Figura 15. Resultado DEA em relação ao Score GII – Baixa renda.....	65
Figura 16. Resultado DEA em relação ao Score GII - Mais populosos.....	66
Figura 17. Resultado DEA em relação ao Score GII - Menos populosos.....	67

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVOS	16
1.1.1.	OBJETIVO GERAL	16
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2.	JUSTIFICATIVA	16
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.	SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO	18
2.1.1.	SNI PELAS LENTES DO GII	24
2.2.	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	31
2.2.1.	APLICAÇÃO DO DEA PARA A AVALIAÇÃO DOS SNIs	41
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
3.1.	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS	47
3.1.1.	FONTE DE DADOS: GII	49
3.2.	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	52
3.2.1.	SELEÇÃO DA TÉCNICA E VARIÁVEIS DEA	52
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
4.1.	ANÁLISE EXPLORATÓRIA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO GII 2019	54
4.2.	ANÁLISE CROSSECTIONAL DA EFICIÊNCIA DO GII 2019	58
5.	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES	68
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

A definição de inovação vai além das atribuições de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e publicações acadêmicas, ela abrange também, as inovações técnicas, inovações de modelo de negócios e inovações sociais (SOUMITRA DUTTA, BRUNO LANVIN, 2017). A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, por intermédio do seu Manual de Oslo (OECD, 1997) auxilia no entendimento desse processo apresentando a inovação como a efetivação de um novo produto ou serviço, assim como suas melhorias, um novo processo, método de comercialização, relações externas ou marketing.

A inovação, em suas múltiplas facetas, assume um importante papel no desenvolvimento econômico. Esse papel essencial da inovação evidencia-se com Schultz e Abramovitz (1957), através de uma pesquisa que considerou dados da economia americana entre 1870 e 1950, em que 85% do valor gerado pelas organizações no período não podia ser explicado pelas leis econômicas vigentes. Após diversas tentativas de repetição do estudo, foi a vez de Solow (1957) chegar aos mesmos resultados e à conclusão de ser a inovação tecnológica a responsável pelos ganhos auferidos pelas empresas.

Schumpeter (1941) fundamentou os resultados de Abramovitz (1957) e Solow (1957) no início do século passado, apresentando a inovação como a responsável pelo distúrbio no equilíbrio de um ciclo de negócio resultando no desenvolvimento econômico. O autor também contribuiu para que as pesquisas sobre inovação avançassem em entendimento sobre as causas mais importantes do fenômeno empreendedor e inovativo, sobretudo nas regiões mais prósperas do planeta. Depois dos estudos sobre o papel essencial do empreendedor na dinâmica da inovação (DORFMAN; SCHUMPETER, 1954), a organização e seus recursos destacaram-se. A partir da década de 1970, Freeman (1995) avançou nessa compreensão considerando o papel dos países, suas instituições e recursos, abrindo então espaço para os Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs).

Assim, a forma com que os países gerenciam a criação e disseminam a inovação e o conhecimento, articulando o fomento aos seus SNIs, criam padrões profundamente difusos, mesmo que a inovação e o conhecimento sejam fontes comuns para o desenvolvimento econômico. Exemplos claros são as diferentes

perspectivas dos países desenvolvidos¹ e em desenvolvimento frente a esse processo, já que os países desenvolvidos tendem a buscar a inovação e o conhecimento em prol de seu desenvolvimento, enquanto que os países em desenvolvimento praticam a adaptação do conhecimento através da difusão tecnológica (MISRA *et al.*, 2015).

Assim, Taylor, Grossman e Helpman (1993) apontam a globalização como um fator primário para a difusão tecnológica esclarecendo que as diferenças entre as nações também se apresentam em suas capacidades de absorção tecnológica. Isso porque a inovação tecnológica e a fronteira produtiva são distintas nos países (BARRO; SALA-I-MARTIN, 1997). Essa diferença contribui para a visão estratégica como no caso dos países em desenvolvimento que são mais abertos para adotarem novas tecnologias criadas em país desenvolvidos, para ampliar suas fronteiras produtivas, do que desenvolverem sua própria inovação tecnológica, o que implicaria em uma mudança ainda mais positiva na fronteira produtiva (KELLER, 2004).

Esses fatores heterogêneos também se apresentam no período de absorção de uma inovação tecnológica, já que para Keller (2004), esta não acontece de forma automática, porque depende da capacidade de investimentos em tecnologia. Sendo assim, mesmo que os países em desenvolvimento queiram adotar a mesma inovação, existe uma diferença de tempo para a difusão e incremento em suas fronteiras produtivas, fazendo com que países desenvolvidos e em desenvolvimentos pratiquem a mesma inovação tecnológica, mas em tempos diferentes.

Esse aprendizado tecnológico, para Kim (2012), relaciona-se à estratégia privada de minimizar os custos e maximizar o aprendizado da transferência de tecnologia externa frente aos esforços internos. O autor aponta que, mesmo que exista a diferença de investimento em tecnologia, a experiência sul-coreana nos mostra que é possível atingir uma efetiva aprendizagem tecnológica a um custo baixo, abrindo possibilidades para os países em desenvolvimento.

Dessa forma, em perspectiva geral, podemos entender os diferentes estágios de desenvolvimento econômico dos países como proporções de escalas diferentes que compõem cada SNI. Assim, todo processo de avaliação da eficiência desse

¹ A tipologia “países desenvolvidos” e “em desenvolvimento” utilizada nesse estudo é a mesma do Fórum Econômico Mundial.

sistema deve estar de acordo com essa característica (ZABALA-ITURRIAGAGOITIA *et al.*, 2007).

Os índices Bloomberg Innovation Index, Global Innovation Index (GII) e International Index Innovation são algumas das iniciativas mais conhecidas para realizar o mapeamento e, por conseguinte, o ranqueamento dos SNIs. Dentre eles, o mais relevante, tanto pela abrangência como pela popularidade, é o ranking anual GII, cuja realização vem de um esforço conjunto da Cornell University (EUA), do INSEAD (SUI) e do World Intellectual Property Organization (WIPO).

O GII (Índice Global de Inovação) foi feito para mensurar quais países e regiões melhor enfrentam os obstáculos de inovação (SOUMITRA DUTTA, BRUNO LANVIN, 2017), realizado desde 2007, mede a capacidade de inovação dos países participantes. Em 2019 participaram 129 países dos 5 continentes, que correspondem a 92,5% da população mundial e, por sua vez, a 97,6% do PIB global.

Porém, esse esforço se estabelece em um cenário de grandes desigualdades internacionais na geração, disseminação, uso e comercialização de conhecimento, tornando-se necessário aplicar as técnicas de análise disponíveis para obter uma melhor compreensão deste fenômeno (FURMAN; PORTER; STERN, 2002). Embora o índice forneça subsídios para o cumprimento de políticas de apoio à inovação, com base nas melhores práticas adotadas pelas economias desenvolvidas, sua técnica metodológica não condiz com as características heterogêneas, expostas anteriormente em relação aos países. A técnica metodológica do índice é a análise de performance dos indicadores-chave (*Key performance indicators* - KPI) que de acordo com Bogetoft *et al.* (2013) não é adequada para comparar objetos com características distintas, já que a abordagem por KPI é sugerida para objetos com proporções equivalentes.

Dessa forma, tendo em vista as limitações da técnica KPI, o presente trabalho pretende aplicar sobre os dados do GII, de 2019, a técnica indicada pela literatura para quantificação da eficiência do processo de inovação em países (CARAYANNIS; GOLETIS; GRIGOROUDIS, 2015), a análise envoltória de dados (DEA). A DEA é uma técnica, não paramétrica, que consiste em medir a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (DMU) tendo como referência os insumos utilizados (entradas) e os resultados gerados (saídas), permitindo assim, avaliar a eficiência e o desempenho individual das DMU (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). O parâmetro definido para aplicação da técnica é o retorno variável à escala (VRS) e a

orientação a input e a output como medida comparativa, assim como é orientado pela literatura para avaliação de eficiência de SNIs (SANTOS ARTEAGA; TAVANA; DI CAPRIO DEBORA AND TOLOO, 2019).

Isto posto, o presente estudo apresenta a seguinte pergunta de pesquisa: Existem diferenças significativas no relatório do Índice Global de Inovação de 2019 ao aplicar a técnica DEA para mensurar a eficiência dos países?

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

O estudo tem o objetivo de realizar uma análise de eficiência dos SNIs, pela aplicação da técnica DEA, sobre os dados do GII 2019. O resultado esperado é que essa análise, feita por esse método, possa trazer novos insights, que a abordagem KPI não permite.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a eficiência dos países na maximização dos resultados, destacando os benchmarks;
- Comparar as eficiências observada e esperada nos países do ranking;

1.2. JUSTIFICATIVA

Em um mundo em que a geração e disseminação do conhecimento é uma prioridade para quase todos os países, a concentração de importantes inovações e de novos produtos e serviços são um grande desafio. Desafio que traz profundas implicações para a elaboração de políticas de crescimento econômico a longo prazo (FURMAN; PORTER; STERN, 2002). E é nesse cenário, em que há profunda desigualdade internacional na geração, distribuição e comercialização do conhecimento (TORRES; TELLO, 2018) que o presente estudo encontra sua motivação, já que se faz necessário aplicar diferentes técnicas de análises conhecidas para entender esse fenômeno.

Com esse maior entendimento é possível apontar as principais forças e fraquezas de países que são medidas de benchmarking em seus SNIs. Assim, justificamos o papel da metodologia escolhida, para identificar as medidas de benchmarking, e também sugerir quais são elas. Dessa forma, os resultados podem servir de referência para os tomadores de decisão sobre as políticas de inovação de

países que querem se tornar mais competitivos, pois através de estudos como este, é possível avaliar as informações e aprender com os países que são tomados como referência de *benchmarking* (melhores práticas). Assim, entendemos o presente estudo como uma iniciativa de auxílio à competitividade de uma nação, já que de forma ampla todo país é o reflexo de uma política geral de longo prazo, entre as quais as políticas de inovações possuem um grande papel (LIU; LU; HO, 2015).

Isso ocorre, porque com um quadro geral da produção de inovação em um país, as formas de governo e os fazedores de política influenciam no processo de inovação. Isso pode ocorrer de uma forma estrutural (MOLAS GALLART, 2008) ou por meio de organizações intermediárias (HOWELLS, 2006), visto que os atores de diferentes culturas e contextos são conectados, e essas conexões estreitam o relacionamento institucionalmente incorporado entre a produção e inovação e o ambiente de inovação. Dessa forma, gerando um melhor entendimento dessas relações e auxiliando em tomadas de decisão mais eficientes, os atores presentes nesse ambiente de inovação também são beneficiados.

Outro ponto a destacar sobre a motivação deste trabalho é o constante crescimento de publicações de artigos que utilizam DEA como técnica metodológica (EMROUZNEJAD; YANG, 2018). Porém, mesmo que existam estudos que empregam DEA para avaliação da eficiência de SNIs, são poucos e recentes os trabalhos que utilizaram a base de dados do GII (TORRES; TELLO, 2018; MAVI; STANDING, 2017), assim, o presente estudo espera contribuir com sua pesquisa, além de fazer uso dos dados mais recentes do relatório.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo é dividido em 6 capítulos, referências e apêndices. No capítulo 1, a Introdução apresenta o cenário do Índice Global de Inovação e sua forma de avaliação dos Sistemas Nacionais de Inovação, assim como, as limitações da sua técnica metodológica à luz da literatura, seguido do problema a ser estudado, os objetivos almejados e as justificativas para essa dissertação.

No capítulo 2, a revisão bibliográfica aborda o Índice Global de Inovação, a evolução da avaliação da eficiência de Sistemas Nacionais de Inovação, da metodologia DEA como avaliação dos SNI e a evolução da própria metodologia DEA para definição dos parâmetros. O Capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos e a coleta de dados, acompanhando da prática e resultados no

Capítulo 4. E por fim, no Capítulo 5, dispõe-se as conclusões do estudo, limitações e recomendações para futuras pesquisas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

A literatura da abordagem Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) foi iniciada no final da década de 80 nos estudos de Freeman (1987) e Dose *et al.* (1990), e depois desenvolvida por diversos autores (LUNDVALL, 1992, ANDERSEN, 2010, NELSON; ROSENBERG, 1993, EDQUIST; JOHNSON, 1997, DALUM *et al.*, 1999, DALUM; PEDERSEN; VILLUMSEN, 2002, FAGERBERG; SRHOLEC, 2018). Ao passar dos anos a abordagem SNI foi cada vez mais consolidada como uma ferramenta analítica, útil e promissora para pesquisas acadêmicas e para o desenvolvimento de políticas de inovação (EDQUIST; JOHNSON, 1997; FURMAN ET AL., 2002; LUNDVALL, 2007).

Para Lundvall (2007), a contribuição de Freeman para a concepção da abordagem SNI se deu pelo profundo entendimento do processo de inovação e o discernimento histórico presentes no artigo de Freeman (1985), visto que as referências ao economista Friedrich List foram cruciais para o processo de convergência desta abordagem. O autor também aponta a importância do grupo de pesquisa norueguês IKE, vinculado ao departamento de estudos de negócios da Universidade de Aalborg, para a concepção e desenvolvimento do termo.

O grupo IKE foi inspirado pelo marxismo estruturalista francês e por economistas desenvolvimentistas e suas principais contribuições para a concepção do SNI com as ideias de Sistema Nacional de Produção e Complexos Industriais, que juntos evidenciam a atuação vertical como chave para a performance nacional econômica e à competitividade internacional (LUNDVALL, 2007). Outros trabalhos vinculados ao grupo IKE, que também auxiliaram na concepção da abordagem, foram os de Anderson (1992) e Villumsen *et al.* (1999) que ajudaram a desenvolver o aspecto sistêmico do SNI e trouxeram a ideia da aprendizagem desenvolvida pela interação entre usuários e produtores. Também é importante destacar as contribuições dos aspectos de troca e tecnologia por Dalum *et al.* (2002) e Fagerberg e Srholec (2008), e o trabalho de Edquist e Johnson (1996) que trouxeram a perspectiva econômica institucional aplicada à inovação.

Mesmo com diversas contribuições, no decorrer dos anos, para a abordagem SNI, Sharif (2006), aponta que não há um único significado para o termo na literatura, embora hajam algumas junções semânticas que estão presentes na maioria dos estudos. De acordo com Lundvall (2007), essa relação teórica com base na acumulação de estudos práticos em diversas camadas agregadas que mostram que a inovação é um processo de interação (ROTHWELL, 1977; LUNDVALL, 1985; KLINE; ROSENBERG, 1986).

Dessa forma, Sharif (2006) e Lundvall (2007) apontam como entendimento geral de um SNI a presença de elementos que interagem com a formação do processo de inovação e elementos que associam a inovação com performance econômica. De uma perspectiva geral o SNI resulta da interação entre o processo de inovação do conhecimento e o ambiente inovador embutido representado pelas condições de estrutura e infraestrutura relacionados pela intervenção governamental (FURMAN et al., 2002; FABER; HESEN, 2004, OCDE, 2005).

Edquist e Johnson (1997) designam o arranjo econômico e as instituições como duas camadas dos Sistemas Nacionais de Inovação. Para o mesmo autor em termos de composição física, SNI é um conjunto de interações de instituições e atores (como por exemplo: universidades, indústrias e governos) que produzem e implementam o conhecimento inovador. A estrutura do sistema nacional de inovação é provida por esses atores, e essa mesma estrutura que os governos criam e constituem políticas para persuadir o processo de inovação. Através de estruturas de interface (CASTRO-MARTÍNEZ; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO; MOLAS-GALLART, 2008) ou organizações intermediárias (HOWELLS, 2006), atores em diferentes culturas e contextos organizacionais por meio de um SNI estão conectados e essas conexões estreitam a relação institucionalmente incorporada entre a inovação e ambiente de inovação (GUAN; CHEN, 2012).

Esse tipo de pensamento sistêmico e conectado tem uma grande influência para os tomadores de decisão, já que a abordagem SNI leva os fazedores de política a pensarem sobre a inovação em nível nacional de forma sistemática e não linear. (EDQUIST; JOHNSON, 1997; EDQUIST; HOMMEN, 1999; GROENEWEGEN; VAN STEEN, 2006). Para os autores Edquist e Hommen (1999) a abordagem da visão sistêmica melhor suporta a orientação às demandas de uma política de inovação, é essa perspectiva que foca nas diversas interdependências de

vários agentes, organizações e instituições (GROENEWEGEN; VAN DER STEEN, 2006).

Em contraste com a abordagem tradicional de pensamento linear, que suporta a orientação política de inovação (EDQUIST; HOMMEN, 1999), a abordagem sistêmica pode ter um melhor desempenho a elucidar os fatores que mais influenciam e moldam o processo de inovação, inspirando formulação de melhores políticas de inovação. Dessa forma, a orquestração de políticas que consideram as forças e fraquezas do ambiente institucional, e não dos agentes isolados, é um fator essencial para as estratégias econômicas dos governos (CASPER, 2007).

Sendo assim, é possível verificar em estudos empíricos recentes, a importância da visão sistêmica trazida pela abordagem SNI e os diferentes aspectos que influenciam as relações entre atores, organizações e instituições. O estudo de Filippetti e Archibugi (2011), apresenta uma investigação das relações entre aspectos estruturais dos SNIs dos países europeus e a desaceleração econômica ocorrida no continente durante e depois da crise econômica mundial de 2008, a conclusão do estudo demonstra uma tendência a considerar um conjunto maior de países em um período maior de tempo, assim como indicadores de intensidade de inovação e direcionamento das mudanças tecnológicas, que sejam mais adequados para a realidade dinâmica e interdependente das economias modernas (GREGERSEN; JOHNSON, 1997).

Outro importante aspecto levantado pela literatura é a desigualdade econômica presente em diferentes SNIs, em países que sofrem com maior desigualdade econômica e com grande extensão territorial, os estudos precisam considerar a existência de nichos de inovação, evitando uma compreensão equivocada do ambiente inovativo, já em países que possuem economias mais robustas e desenvolvidas, as forças dos SNIs são mais descentralizadas (LEYDESDORFF *et al.*, 2019)).

Além das instituições políticas e econômicas, os aspectos culturais também influenciam a capacidade inovativa das economias (DECKERT; SCHOMAKER, 2019). Deckert e Schomaker (2019) concluem em seu estudo uma ligação entre as dimensões culturais e a inovação, os autores apresentam um modelo que foi testado empiricamente e apontam que as diferentes dimensões culturais, como aceitação de risco, autodireção, autonomia intelectual e abertura a mudanças, podem atuar como impulsionadores da inovação.

O papel da universidade como instituição que compõe um SNI e sua relação com instituições empresariais, também apresentam suas características para a capacidade inovativa da economia, mesmo que pesquisadores acadêmicos e industriais tenham suas orientações institucionais distintas. A troca de conhecimento entre eles é vista como um denominador comum de uma comunidade técnica-científica que influencia na capacidade de absorção estrutural de uma economia. Visto que essa capacidade tem como características: a ciência intensiva em tecnologia, o ciclo de vida industrial e o tamanho da estrutura da firma nos setores industriais (CARLOS BAZAN *et al.*, 2007).

Outra importante característica de organização econômica mundial que influencia as relações presentes na abordagem SNI é, em uma dimensão mais ampla, a formação dos blocos políticos e econômicos, tais como a União Europeia, que impacta diretamente a dinâmica dos SNIs e tem sido tópico de estudo de diversos autores (KARADAYI; EKINCI, 2019, MATEI, 2010, SANTOS ARTEAGA; TAVANA; DI CAPRIO DEBORA AND TOLOO, 2019, DOBRZANSKI, 2018, ANDERSON; STEJSKAL, 2019, CARAYANNIS; GOLETIS; GRIGOROUDIS, 2015). A proximidade geográfica e sua relação com o crescimento econômico também têm sido amplamente estudada (LIVI; JEANNERAT; CREVOISIER, 2014), e seu estudo está embasado em diversas teorias como de distritos industriais, novos espaços industriais, sistema local de produção e sistemas territoriais de inovação. (ANDERSON; STEJSKAL, 2019).

A literatura expõe diversos aspectos que compõe um SNI, Lundvall, 2007, nos esclarece nessa exposição, quando sintetiza esses componentes em dois processos, o da criação do conhecimento e o da aprendizagem. Assim, para o autor, podemos identificar as instituições que compõem um SNI a partir da influência e participação delas nesses processos. Lundvall, 2007, deixa claro a importância de entender esse processo e os pressupostos que os relacionam, para isso o autor apresenta seis pressupostos que facilitam a identificação dessas instituições e seu papel para a homogeneidade interna e heterogeneidade externa de um SNI. Seguem os pressupostos:

1. Os elementos para compreensão do desenvolvimento econômico são localizados e de difícil movimentação para novas localidades.

2. Elementos relevantes da compreensão estão agregados no dia a dia dos agentes, nas relações entre pessoas, organizações e suas rotinas.
3. Aprendizagem e inovação são mais bem compreendidas como o resultado da interação. Assim, podemos considerar, como característica principal dos sistemas de inovação, a "interação".
4. A aprendizagem interativa é um processo social, sendo necessário uma análise além da puramente econômica.
5. Aprendizagem e inovação são processos profundamente interligados (mas diferentes).
6. Os sistemas nacionais se diferem na sua base de conhecimento e na especialização da produção e comércio.

Os pressupostos e a literatura apontam que as instituições e atores que devem ser o foco de uma abordagem SNI são os que combinam o conhecimento e a aprendizagem, já que podemos entender a inovação como a consequência dos esforços realizados ou como um resultado das atividades em andamento. Para melhor compreender, como os resultados dessas atividades podem gerar inovação, é necessário compreender os processos de aprendizagem. De outra forma, os processos de inovação podem ser entendidos como processos realizados conjuntamente pelos atores que compõem o sistema em que um output é a mudança do conhecimento e os resultados dos agentes envolvidos são a inovação.

Mesmo tendo em vista os pressupostos de Lundvall, Edquist (2005), reconhece que não há um consenso sobre as principais atividades de um SNI. O autor propõe dez principais atividades divididas em quatro categorias com o intuito de auxiliar na concepção teórica do termo. Seguem abaixo, os 10 fatores que motivam o desenvolvimento e a disseminação de inovações.

1. Fornecimento de P&D, com a criação de novos conhecimentos, principalmente em medicina, ciências naturais e engenharia.
2. Desenvolvimento de conhecimento e resultado na força de trabalho para serem utilizadas em inovação e P&D.
3. Desenvolvimento de mercados para novos produtos e serviços.
4. Discussão das condições para qualidade de novos produtos.
5. Desenvolvimento e remodelagem de atores organizacionais necessários para o desenvolvimento de novas frentes de inovação.
6. Interações formais por meio de mercados e instituições, incluindo a interação para aprendizagem.

7. Desenvolvimento e movimentação institucional com o intuito de influenciar organizações inovadoras e os processos de inovação, proporcionando incentivos e removendo barreiras, como por exemplo, leis de patentes, regulamentações ambientais e impostos.
8. Prover práticas de incubação às novas frentes de inovação, como por exemplo os parques tecnológicos.
9. Promover financiamentos aos processos de inovação.
10. Promover serviços de consultoria.

Os relatórios que têm como um dos seus objetivos a avaliação de eficiência de SNI, enfrentam o desafio de, mesmo com uma limitação de dados, identificar e avaliar as atividades que caracterizam um SNI (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019). O modelo conceitual utilizado pela *European Innovation Scoreboard* (EIS), reflete esse ponto, visto que um output é o padrão de emprego em práticas intensivas em conhecimento e o outro, a vendas de inovações para o mercado e para empresas.

O EIS fornece uma análise comparativa da eficiência inovativa em países da UE, outros países europeus e próximos. Ele avalia os pontos fortes e fracos dos sistemas nacionais de inovação e ajuda os países a identificar as áreas que precisam ser abordadas (EUROPEAN COMMISSION, 2016). O EIS é umas das principais fontes de conhecimento sobre SNIs na Europa e foi muito utilizado para estudos recentes de avaliação de SNIs pela metodologia DEA, como em Kontolaimou, Giotopoulos e Tsakanikas (2016), Matei e Spircu (2012), Anderson e Stejskal (2019), Carayannis, Goletsis e Grigoroudis (2015), Nasierowski (2019), Hsu (2011), Zabala-Iturriagagoitia et al. (2007).

A **Tabela 1** apresenta esse modelo conceitual e como os autores dividiram as variáveis em diferentes categoriais. Fica claro, a sobreposição do modelo conceitual proposto pelo EIS com as atividades de Edquist (2005), o mesmo acontece com o Índice Global de Inovação, visto que entraremos mais a fundo em suas características e variáveis no item 2.1.1.

Tabela 1. Modelo conceitual EIS

Categoria	Variáveis de Input	Variáveis de Output
Recursos Humanos	Novos doutores/1000 população Aprendizagem ao longo da vida — População com idade entre 25-64 envolvida em educação e treinamento por população total da mesma faixa etária.	Nível de emprego em atividades intensivas em conhecimento.
Criatividade	Empreendedorismo orientado por oportunidades - grau pelo qual os indivíduos buscam atividades empreendedoras à medida que veem novas oportunidades.	
Finanças	Despesas do setor público com P&D e do setor de ensino superior por Produto Interno Bruto. Investimentos de capital de risco. Despesas do setor privado em P&D por PIB.	
Estruturas não financeiras	Despesas não relacionadas com P&D - despesas totais com inovação para empresas por volume de negócios total para todas as empresas.	Vendas de inovações novas para o mercado e novas para empresas.

Fonte: Comissão europeia (2018).

2.1.1. SNI PELAS LENTES DO GII

O Índice Global de Inovação (GII) é divulgado anualmente pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), a Universidade Cornell e o Instituto Europeu de Administração de Negócios (INSEAD, sigla do francês: Européen d'Administration des Affaires). O GII tem como propósito fomentar as discussões internacionais sobre inovação a partir da disseminação das estratégias de inovação adotadas pelos países. De acordo com GII, 2019, os debates podem ser apresentados de três formas distintas.

O primeiro debate, que o índice propõe a fomentar, pode ser entendido como trazer à tona o tema de inovação aos países, em particular para economias em

desenvolvimento. Em segundo lugar, o índice expõe a performance relativa dos Sistemas Nacionais de Inovação, o que permite que países presentes no índice, possam avaliar seus pontos forte e fracos de inovação frente a outras economias. Esses achados podem direcionar ações e políticas de inovação. Terceiro, o GII fornece um estímulo para os países coletarem métricas de inovação, trazendo mais clareza e confiança ao debate (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019).

Apesar do seu propósito, as instituições responsáveis pela elaboração desse índice de inovação reconhecem que existem algumas limitações de dados disponíveis para medir os resultados e consequências da inovação. As instituições expõem que dados importantes dos principais componentes de sistemas de inovação, como estado de empreendedorismo, a disponibilidade de capital de risco, a natureza das relações de inovação, ou o grau em que as inovações são comercializadas de forma bem-sucedidas.

As instituições reconhecem a validade de esforços para melhorar os estados das métricas de inovação e expõem que as tentativas e erros serão importantes para fornecer uma qualificação mais adequada aos contextos de inovação que estão sempre em contínua mudanças. Os autores também valorizam a importância dos feedbacks recebidos por pesquisadores de inovação e os fazedores de política, cujas contribuições têm ajudado a refinar a metodologia GII.

Para melhor evidenciar a natureza dessas discussões propostas pelo índice e sua abrangência, o relatório de 2019 apresenta sete descobertas principais. A primeira descoberta, explica que mesmo com a desaceleração econômica, a inovação tem crescido em todo globo, mas há novos desafios que representam riscos para inovação. Para o relatório, esse aprendizado se dá pela queda do crescimento econômico global em relação ao ano anterior, à baixa recorde do crescimento da produtividade e às novas formações de batalhas comerciais. Todo esse cenário aponta para uma alta incerteza econômica.

Apesar dessa perspectiva é possível identificar o crescimento da inovação global, tanto nas economias desenvolvidas quanto nas em desenvolvimento. Esse crescimento não é refletido somente na inovação formal por meio das atividades de P&D (Figura 8) e patente, mas também nos modos menos formais de inovação. Essa tendência aponta a importância da visão estratégica do investimento em inovação para o desenvolvimento econômico e social. Isso amplia o entendimento de que essa visão deva ser compartilhada em todas as esferas da economia, não só nos setores

de tecnologia, já que é possível observar a atenção das economias na criação e manutenção de ecossistemas e redes de inovação sólidos e dinâmicos.

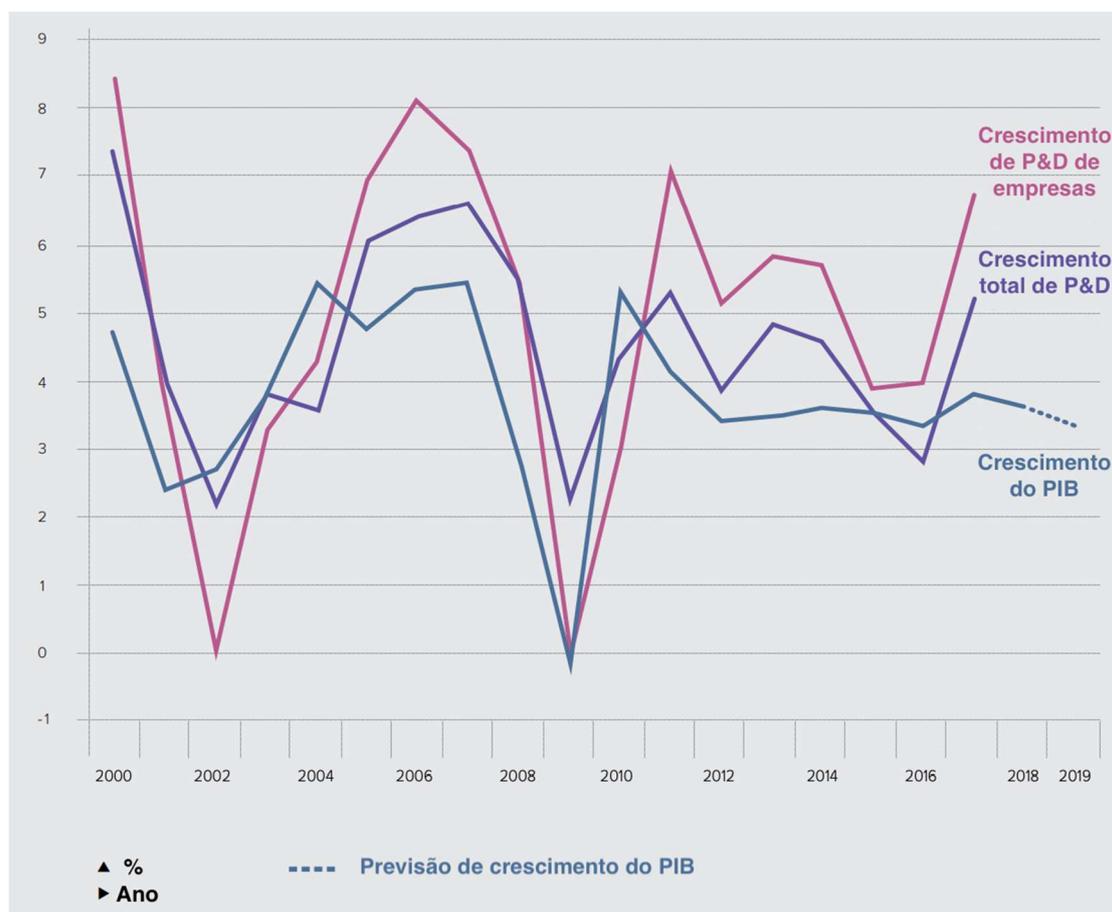


Figura 1. Crescimento em P&D pelo PIB, 2000 a 2017

Fonte: Adaptado do Índice Global de Inovação (2019, p.12)

É possível observar na **Figura 1** um aumento nos investimentos em inovação nos últimos anos, vale ressaltar que o Índice construiu a informação de crescimento em P&D pelos investimentos médios dos países em todas as camadas de desenvolvimento. A utilização de propriedade intelectual (PI) também cresceu nos últimos anos, atingindo números recordes em 2017 e 2018.

A **Figura 1** também nos permite identificar que o crescimento em P&D tem mais do que dobrado entre 1996 e 2016, destacando-se consideravelmente frente ao próprio crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Em 2017, o crescimento em P&D ultrapassou os 5% enquanto o crescimento em P&D de negócios (P&D realizados por empresas) atingiu 6,7%, o que representa o maior aumento desde 2011. Nunca na

história tantos pesquisadores em todo o mundo trabalharam assim para resolver a maioria dos desafios globais.

Apesar da incerteza econômica, os gastos com inovação têm crescido e se apresentam resilientes à luz do recente cenário econômico. Porém com a queda do crescimento global em 2019, levantam-se dois pontos. O primeiro diz respeito à queda do crescimento em gastos públicos com P&D, principalmente em economias desenvolvidas, que muitas vezes são responsáveis por conduzir à fronteira tecnológica. Essa queda é preocupante, devido a atribuição do financiamento de P&D básico e outras pesquisas que são fundamentais para inovações futuras (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019).

O segundo ponto, refere-se ao impacto do crescimento do protecionismo, em específico ao protecionismo que impacta os setores intensivos em tecnologia e conhecimento, já que apresenta ameaças para as interações globais de inovação e difusão da inovação. Se esses novos protecionismos não forem refreados, podem se tornar um obstáculo maior para o comércio mundial, ao investimento e movimentação da força de trabalho.

Vale ressaltar no segundo ponto, que embora o importante papel do livre comércio no aprendizado e desenvolvimento tecnológico seja defendido por Fransman (1982), como o melhor regime político para a performance industrial, o mesmo autor aponta as medidas protecionistas da Coreia, na década de 60, como cruciais para sua rápida implementação de competitividade internacional nos níveis de produção. Décadas depois, Kim (2012) reforça o pensamento de Fransman apontando o caso da Coreia como evidência de que as políticas públicas junto às estratégias privadas de tecnologia devam atuar juntas para responderem às mudanças de mercado e tecnologia.

Outra constatação que o GII 2019 apresenta, são as mudanças no cenário de inovação global, visto que algumas economias em desenvolvimento estão em ascensão. Observando o ranking de inovação da edição 2019, observamos que Suíça, Suécia e Estados Unidos continuam liderando, logo em seguida encontramos outros países europeus como a Holanda, Alemanha, e Cingapura no continente asiático, que não mudaram de posição nos últimos anos.

A China permanece em ascensão, passando para a 14ª posição, sendo que estava na 17ª posição em 2018, e assim se estabelece cada vez mais entre os países líderes em inovação. A China também permanece como a única economia em

desenvolvimento entre os 30 primeiros países, os seus pontos fortes de inovação são evidentes em várias camadas. Ela possui as primeiras posições em patentes por origem, desenhos industriais e marcas registradas por origem, da mesma forma que em exportações líquidas de alta tecnologia e exportações de produtos criativos. Outras movimentações no ranking que ganham destaque incluem Emirados Árabes Unidos (36º); Vietnã (42º) e Tailândia (43º) se aproximando dos 40 primeiros; Índia (52º) chegando mais perto do top 50; as Filipinas (54º) entrando no top 55; e a República Islâmica do Irã (61º) se aproxima dos 60 primeiros.

O crescimento do desempenho da Índia também está cada vez mais evidente. A Índia permanece como o país mais inovador na Ásia Central e meridional, melhorando sua classificação global para 52º em 2019. A Índia está consistentemente entre as melhores do mundo em impulsionadores de inovação, como exportações de serviços, baseados em ciência e engenharia, capacidade das universidades, formação bruta de capital, um padrão dos investimentos em todo o país, e exportações de bens criativos. O país também se destaca no ranking GII dos maiores agrupamentos de ciência e tecnologia do mundo, com Bengaluru, Mumbai e Nova Delhi se destacando entre os 100 maiores clusters globais. Dado a seu tamanho e, se o progresso for mantido, a Índia terá um verdadeiro impacto na inovação global nos próximos anos.

É importante ressaltar que as métricas e as disponibilidades de dados variam de ano em ano, e mesmo com essas variações, os países em desenvolvimento como Índia, Vietnã, Quênia e República da Moldávia se destacaram pelo desempenho superior em inovação em relação ao PIB pelo nono ano consecutivo, marcando um recorde. Outros países também apresentam desempenho superior em inovação em relação ao PIB, chegando perto dos países líderes em inovação mais rápido do que outras economias. Essas economias incluem: Costa Rica, único país da América Latina e Caribe a ocupar essa posição, África do Sul, Tailândia, Geórgia, Filipinas, Burundi, Malawi, Moçambique e Ruanda destacam-se como países prósperos dentro do grupo de países em desenvolvimento.

O terceiro aprendizado exposto pelo relatório em 2019 são os insumos e produtos de inovação que ainda estão centralizados em poucas economias. A geografia da inovação está mudando tanto para países desenvolvidos quanto para países em desenvolvimento, no entanto, os maiores gastos com inovação permanecem centrados em algumas economias e regiões. Isso se dá devido ao

grande desafio das economias em desenvolvimento, com potencial de inovação, tornarem-se uma economia intensiva em inovação. Ainda existe uma barreira que divide o tipo de inovação que separa países desenvolvidos dos em desenvolvimento. Alguns países que têm apresentado esforço para transpor essa barreira, incluem, a China, Índia, Brasil e Rússia. Essa barreira é bem evidente no GII, em termos de pontuações e classificações, podemos perceber como a inovação se divide entre agrupamentos de renda e em todos os pilares do GII, que vai desde instituições até a produtos criativos.

A eficiência na geração de inovação é a base do quarto aprendizado projetado no índice, já que diferentes economias têm também diferentes retornos sobre seus investimentos em inovação. Também existe uma diferença em quão eficazes as economias são ao traduzir os insumos da inovação em resultados da inovação. Essas discrepâncias existem mesmo entre as economias desenvolvidas, como por exemplo, enquanto a Suíça, a Holanda e a Suécia seguramente caracterizam seus insumos de inovação em um patamar mais alto de produção, Cingapura e os Emirados Árabes Unidos, por exemplo, produzem patamares mais baixos de produção em relação às suas entradas de inovação.

China, Malásia e Bulgária são os únicos países em desenvolvimento que apresentam um desempenho tão bom na eficiência em inovação quanto às economias desenvolvidas. A China se destaca por produzir inovação equivalente à Alemanha, Reino Unido, Finlândia, Israel e Estados Unidos, mas com patamares de insumos significativamente mais baixos. Destacam-se também nas economias em desenvolvimento, o Vietnã, Índia e Tanzânia que conseguem alcançar alto impacto por seus esforços de inovação.

O quinto aprendizado traz a importância da priorização da qualidade de inovação em vez da quantidade de inovação. Avaliar a qualidade, não só a quantidade, de entradas e saídas de inovação tornou-se uma inquietação abrangente para os fazedores de políticas das áreas de ciência, tecnologia e inovação. Para avaliar a qualidade das inovações observadas, o GII observa 3 principais aspectos: A qualidade das universidades locais, a internacionalização de invenções patenteadas, e a qualidade das publicações científicas.

Entre as economias que se destacam na qualidade de inovação produzida, estão os Estados Unidos na primeira posição, a Alemanha e o Japão logo em seguida. Entre os países em desenvolvimento, encontramos nas primeiras posições a China,

Índia e a Rússia. A China é o único país em desenvolvimento que está se aproximando do grupo de países desenvolvidos nos três aspectos. A Índia, a Rússia e o Brasil seguem depois da China na qualidade em inovação.

Com relação às patentes internacionais, as economias europeias ocupam seis das dez primeiras colocações, com as quatro classificações restantes indo para Estados Unidos, Israel, Japão e República da Coreia. Entre os países em desenvolvimento, China e África do Sul se posicionam nos dois primeiros lugares, com Índia e Turquia registrando melhorias neste aspecto.

A localização dos principais e maiores cluster de ciência e tecnologia é considerado o sexto aprendizado do relatório de 2019, que incluem Estados Unidos, China e Alemanha, com destaque para o Brasil, Índia, Irã, Rússia e Turquia, que possuem clusters que estão entre os 100 principais. Os 10 principais agrupamentos são os mesmos do ano anterior, sendo o primeiro Tokyo-Yokohama no Japão, seguido por Shenzhen-Hong Kong na China e Hong Kong. Os Estados Unidos colaboram com o maior número de clusters, 26, seguido pela China, 18, Alemanha, 10, França, 5, Reino Unido, 4, e o Canadá, 4. Comparado com 2018, quase todos os agrupamentos chineses apresentaram crescimento e diminuíram a posição no ranking.

Além disso, destaca-se Pequim como o importante grupo de cooperação para coautorias científicas, depois temos Washington, DC - Baltimore, MD, Cidade de Nova York, NY - Boston - Cambridge, MA, e Cologne, Alemanha, São José - São Francisco, CA é o principal agrupamento de coinvenção depois Pequim, Shenzhen - Hong Kong e New York City, NY. A Academia Chinesa de Ciências foi a mais relevante entidade acadêmica em todas as colaborações de Pequim. As entidades que também tiveram desenvolvimento em seus agrupamentos de colaboração foram Universidade de John Hopkins (8, Washington, DC - Baltimore, MD), Universidade de Columbia (7, New York City, NY) e Universidade de Harvard (6, Boston Cambridge, MA).

O sétimo e último aprendizado compartilhado pelo Índice Global de Inovação, edição de 2019, demonstra que gerar qualidade de vida através de inovações médicas requer mais investimento em inovação e maiores esforços de disseminação. Todas as edições do GII procuram explorar um tema específico, no ano de 2019 o tema escolhido foi "Criando qualidade de vida, o Futuro da Inovação Médica", que pretende explorar a atribuição da inovação médica enquanto molda os próximos passos para a saúde.

2.2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Para Guan e Chen (2012) a perspectiva da abordagem SNI lembra aos formuladores de políticas sobre a necessidade de melhorar a colaboração entre as instituições participantes do processo de inovação do conhecimento e a influência do ambiente de inovação no mesmo processo. Os autores também apontam o interesse dos formuladores de políticas de inovações nacionais com a eficiência da inovação que está baseada na relação de entrada e saída da inovação e a ênfase no efeito da intervenção de políticas públicas na eficiência da inovação.

A eficiência da inovação está relacionada ao conceito de produtividade, e todo processo produtivo consiste na transformação de insumos (entradas) em produtos (saídas) com o objetivo de satisfazer alguma necessidade (FRIED; KNOX LOVELL; SCHMIDT SHELTON, 2008) Para se buscar melhorar os processos produtivos, como um primeiro passo, é preciso estabelecer métricas que permitam identificar os acontecimentos e mudanças no devido processo.

A eficiência, em seu sentido econômico, é a capacidade de conseguir o máximo de produtos (saída) a começar de um conjunto definido de insumos, já que valores maiores de um indicador de eficiência remetem à ideia de que há uma gestão adequada dos recursos disponíveis e um melhor uso da criatividade e capacidade de gestão para ter o melhor aproveitamento dos recursos investidos (ZAMORA TORRES; FAVILA TELLO, 2018). A medição da eficiência tem sido utilizada tanto nos processos relacionados com bens tangíveis como nos serviços e bens intangíveis (PALACIOS-HUERTA; VOLIJ, 2004; RESTREPO R; VILLEGAS R, 2007).

Dentro do contexto de mensuração proposto, no final da década de 50, Farrell apresentou uma nova abordagem sobre eficiência produtiva, visto que cada uma das unidades de decisão (ou DMU em sua sigla em inglês: *Decision Making Units*) assumisse retornos constantes para que todos os arranjos dos insumos e resultados da DMU eficiente fossem descritos em uma curva isoquanta (FARREL, 1957). Porém, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) encontraram uma limitação no modelo de Farrel quando aplicado a uma grande base de dados, já que o modelo de Farrel não permite múltiplos inputs e outputs, o que levou os autores a modelarem em programação linear (COOPER et al., 2011).

O modelo apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) ficou conhecido como Retornos Constantes de Escala (CRS - sigla em inglês para Constant Returns

to Scale) ou CCR (Charnes, Cooper Rhodes), e sugeriu que a avaliação de eficiência de qualquer DMU seria com a maximização das saídas pelas entradas, ambas ponderadas e dependentes a condição de pesos próximos de cada DMU. O modelo CRS (1) avalia que cada DMU consome m insumos e produz s saídas. Dessa forma, cada DMU j produz a quantidade de y_{rj} de outputs (r) e consome a quantidade x_{ij} de input (i). Dessa forma, o modelo garante que cada DMU tenha pelo menos uma entrada e saída positiva. Sempre considerando os pesos próximos de cada DMU menor ou igual a 1, sendo u_{rj} o peso do output e v_{rj} o peso do input (SEIFORD; THRALL, 1990).

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad 1)$$

$$\text{sujeito a: } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n.$$

$$v_r \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 2, \dots, m.$$

Guerreiro (2006) expõe a função fracionária presente na função objetivo e restrição como limitante a programação linear, dessa forma, para a linearização da equação é preciso separar o modelo em duas orientações, a orientação ao output que maximiza as quantidades de produção atuais de saída e a orientação ao input que visa diminuir os insumos pelo máximo possível (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007). Esse modelo de programação matemática foi chamado de Análise Envoltória de Dados (DEA - em inglês *Data Envelopment Analysis*) CCR, já que se baseia na modelagem proposta pela tese de doutorado de Willian W. Cooper, intitulada: *A Data Envelopment Analysis Approach to Evaluation of the Program Follow Through Experiment in U.S Public School Education*, com a abordagem de medição de produtividade de Farrel (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011). Os dois modelos matemáticos do DEA-CRS estão presentes no **Figura 2**.

DEA-CRS orientado aos inputs	DEA-CRS orientado aos outputs
Min θ	Max θ
Sujeito a:	Sujeito a:
$\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$	$-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$
$-y + \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$	$x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$
$\lambda_k \geq 0 \forall k$	$\lambda_k \geq 0 \forall k$

Figura 2. Modelos DEA-CRS

Fonte: Adaptado de GUERREIRO (2006, p.07)

Onde:

θ : eficiência;

v_i : pesos dos inputs;

u_i : pesos dos outputs;

x_{ik} : inputs i da DMU k ;

y_{jk} : outputs j da DMU k ;

x_{i0} : inputs i da DMU 0;

y_{j0} : outputs j da DMU 0;

λ_k : k -ésima coordenada da DMU 0.

Só é permitido avaliar a eficiência das DMUs no modelo DEA-CRS se o desempenho delas não mostrarem a possibilidade de melhoria de entradas e saídas sem comprometerem outras saídas e entradas. Quando isso ocorre, a eficiência θ assume um valor menor do que 1 e as DMUs são consideradas ineficientes (COOPER et al., 2011).

Mesmo que o modelo DEA-CRS tenha sido um grande avanço na literatura de avaliação da eficiência da produtividade, o modelo apresenta uma limitação de não aplicabilidade quando há um aumento proporcional de insumos que ocasiona um aumento mais que o proporcional nas saídas, pois os retornos à escala não estão sendo constantes. Visto essa limitação, Banker, Charnes e Cooper (1984) apresentaram o modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS - sigla em inglês para Variable Returns to Scale - VRS).

O modelo DEA-VRS nasce da adaptação do modelo DEA-CRS substituindo a ideia de proporcionalidade de entradas e saídas pela ideia de convexidade do mesmo, para isso também, a fim de garantir a comparação de DMUs

de proporções equivalentes, foi acrescentado a restrição $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$. O quadro 2 apresenta os modelos de DEA-VRS.

DEA-VRS orientado aos inputs	DEA-VRS orientado aos outputs
Min θ	Max θ
Sujeito a:	Sujeito a:
$\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$	$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad \forall i$
$-y + \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$	$-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad \forall j$
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$	$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$
$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$	$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$

Figura 3. Modelos DEA-VRS

Fonte: Adaptado de GUERREIRO (2006, p.07)

Onde:

θ : eficiência;

v_i : pesos dos inputs;

u_i : pesos dos outputs;

x_{ik} : inputs i da DMU k ;

y_{jk} : outputs j da DMU k ;

x_{i0} : inputs i da DMU 0;

y_{j0} : outputs j da DMU 0;

λ_k : k -ésima coordenada da DMU 0.

Para melhor ilustrar os dois modelos e as suas orientações, o quadro 3 apresenta graficamente as duas curvas CRS e VRS. Do ponto de vista gráfico da orientação, podemos observar o deslocamento horizontal ou vertical das DMUs representadas no quadro pelos pontos A, B, C, D e E. Quando o modelo é orientado a output observamos a distância vertical do ponto até a curva de eficiência, e quando o modelo é orientado a input, observamos a distância horizontal da DMU até a curva. Podemos observar também que quando a DMU está na curva, ela é um benchmarking, como o caso do ponto B nos dois modelos.

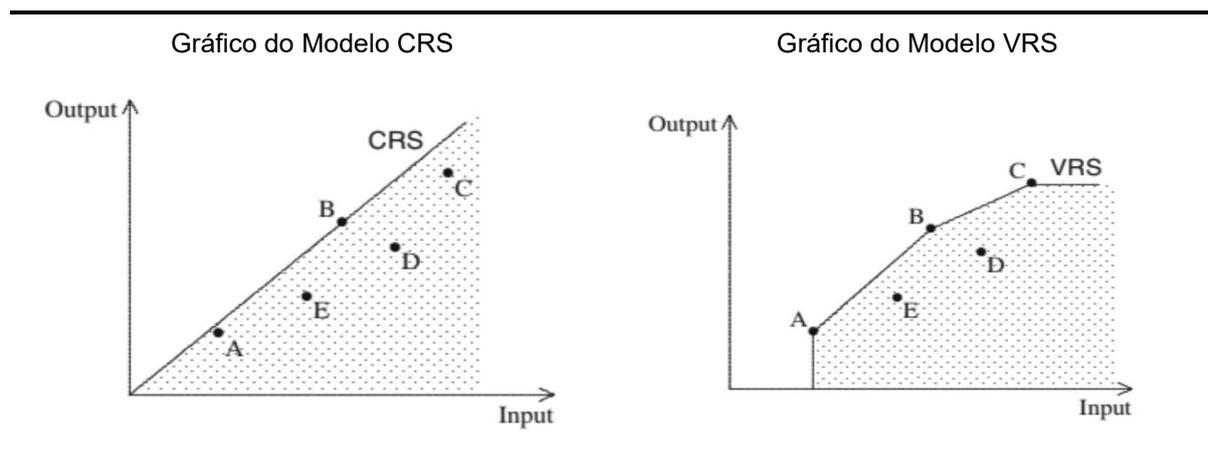


Figura 4. Gráficos ilustrativos dos modelos CRS e VRS

Fonte: Adaptado de BOGETOFT (2012, p.74).

Devido às diferentes orientações e modelos que a metodologia DEA pode assumir é necessário seguir algumas premissas orientadas pela literatura para definir a metodologia que será empregada pelo estudo e seu propósito de análise (COOK; TONE; ZHU, 2014; COOPER; SEIFORD; TONE, 2007; OZCAN, 2008). Dessa forma, a fim de prevenir o uso equivocado das metodologias de DEA (DEA-CRS e DEA-VRS), ressaltamos três premissas encontradas na literatura.

A primeira premissa aponta a necessidade da técnica DEA de ser aplicada em DMUs homogêneas, ou seja, elas devem estar apresentadas no mesmo contexto, apresentar atividades e produções equivalentes, a fim de possibilitar a paridade de seus produtos ou serviços, com igual competência de recursos e materiais (DYSON et al., 2001).

A segunda premissa é referente ao número de DMUs analisada, já que não é recomendado usar uma grande quantidade de número de entradas e saídas em relação à quantidade de DMUs, é recomendado pelo menos o dobro de DMUs em relação à multiplicação das entradas e saídas (DYSON et al., 2001; COOPER; SEIFORD; TONE, 2002; COOK; TONE; ZHO, 2014). Embora não exista uma predeterminação sobre a característica de dados que devem ser usados na aplicação de DEA, a literatura recomenda uma análise e justificativa quando usados dados como índices, razões e percentis nas entradas e saídas (DYSON et al., 2001; COOK; TONE; ZHO, 2014).

Emrouznejad e De Witte (2010) a fim de auxiliar na aplicação de técnicas não paramétricas como o DEA, criaram a Estrutura COOPER, que expõe 6 fases a serem

seguidas para criação de projetos que fazem uso desse tipo de técnica. O Quadro 4 apresenta as seis fases e suas descrições:

1. Conceitos e objetivos

Conceitos: Escolhas das DMUs; conhecimento sobre o processo de produção; e objetivos do estudo e de aplicação da técnica DEA.

Método produtivo: escolha da técnica; das entradas e saídas; e parâmetros de classificação.

Objetivos DEA: DEA e os indicadores; DEA e os juízo de dados; ganhos e perdas na aplicação de DEA.

Parâmetro de análise: micro ou macro análise.

Planejamento do projeto: entendimento dos dados; parâmetros de observação dos resultados; design do projeto apresentando ganhos e perdas na análise.

2. Estruturação dos dados

Coleta de dados: método da coleta de dados; plano da coleta de dados; coleta de dados.

Detalhamento e aprofundamento dos dados: apresentação descritiva dos dados; resumo e apresentação dos dados categorizados.

Avaliação dos dados: Falta de Dados, dados menores ou igual a zero.

Disposição dos dados: Integração dos dados; ação sobre os dados faltantes; e apresentação do cenário.

3. Modelos operacionais

Modelos Paramétricos: Determinísticos (Mínimos quadrados ordinários - MQO) ou estocásticos (SFA; Modelo Multinível).

Modelos não paramétricos: Determinísticos (DEA; FDH; outros) ou estocásticos (DEA - estocástico; SFA).

4. Modelo de comparação de performance

Apresentação das definições: Seleção de inputs e outputs e seleção do retorno de escala.

Escolha da orientação: aos inputs, outputs ou não orientado.

Composição dos dados: Índice de Malmquist; análise em painel; DEA-sequencial. Dynamic DEA, Network DEA.

Executar o modelo: Escolha das variáveis final; apresentação dos scores de eficiência; apresentação dos pesos, alvo e folgas.

5. Qualificação

Descrição dos resultados: apresentar os dados e discutir os resultados; apresentar resultados DEA; análise dos resultados pela ótica das DMUs.

Retomada das etapas: Revisitar o processo; revisar entradas e saídas; qualificação do modelo.

Validade estatística: apresentação da correlação e regressão; testes estatísticos; bootstrapping.

Próximos passos: Limitações e próximos ações.

6. Resultados e desempenho

Resultado da técnica: Apresentação da eficiência, apresentação de modelos diferentes; ótica das entradas e saídas; resultados DEA.

Evolução: apresentação do software; instruções e passo a passo; relato da técnica para a repetição DEA.

Parecer Final: o que fazer para melhorar a eficiência; possíveis tomadas de decisão baseadas em DEA; relatório final para apreciação do gestor.

Figura 5. Gráficos ilustrativos dos modelos CRS e VRS
Fonte: Adaptado de Emrouznejad e De Witte (2010, p.03).

Emrouznejad e De Witte (2010) apresentam as duas primeiras etapas da Estrutura Cooper com o propósito de auxiliar na definição do problema e na compreensão de como as DMUs se comportam. Nas duas etapas seguintes as orientações ajudam a selecionar a melhor técnica para o estudo e nas etapas 5 e 6 ajudam a estruturar, revisar e aumentar a confiança da análise e resultados gerados.

Mesmo que a estrutura de Cooper possa ser adaptada de acordo com as necessidades do pesquisador, ela traz um padrão de organização e desenvolvimento do estudo, e tem ainda mais relevância quando aplicada a grandes bases de dados (EMROUZNEJAD; DE WITTE, 2010). A evolução da literatura da técnica DEA não só evolui nas diferentes premissas e aplicações, os pesquisadores também propõem novos modelos de DEA para atingirem um melhor poder explicativo das DMUs analisadas, como: DEA-Dois estágios (HSU, 2013); DEA-estocástico (MITROPOULOS; TALIAS; MITROPOULOS, 2015); Network DEA (FANG; CHIU, 2017), Dynamic DEA (TOLOO et al., 2019), entre outros.

Essa evolução se dá por conta de algumas limitações do modelo clássico de DEA, já que ele não é proposto para avaliar DMUs que têm suas eficiências postas em múltiplos períodos de tempo. Nesse caso, a configuração do modelo muda, já que as entradas (inputs) e saídas (outputs) são postas em um horizonte de eventos em diferentes períodos de tempo, o que resulta em um processo dinâmico. O modelo Dynamic DEA é proposto frente a esse desafio, já que sua premissa é baseada na ideia de que um único período de otimização não é suficiente para avaliar a performance de DMUs através do tempo (TOLOO et. al., 2019).

O modelo Dynamic DEA teve seu próprio processo de concepção e difusão, parte dessa contribuição se dá aos trabalhos de Tone e Tsutsui, que incorporaram produtos intermediários (*carry-overs*) para mensuração de eficiência de DMUs por um período de tempo em uma estrutura de otimização de longo tempo (TONE; TSUTSUI, 2010). Em particular esses pesquisadores foram além do modelo Dynamic DEA do trabalho seminal de Färe e Grosskopf (1996) e propuseram uma configuração de medidas baseada em folgas de entradas e/ou saídas, ou seja, uma DMU pode ser entendida como eficiente, enquanto na realidade ela não cumpre os parâmetros de eficiência de Pareto-Koopmans² (TONE, 2001).

² Uma DMU é eficiente quando é tecnologicamente impossível aumentar qualquer saída (e/ou reduzir qualquer entrada) isso sem reduzir outra saída (e/ou aumentar qualquer outra entrada).

Seu modelo era não radial, isto é, ele é proposto para lidar com inputs e outputs individualmente sem ter como requerimento mudanças proporcionais. Tone e Tsutsui (2009) apontaram a conexão direta existente entre os modelos Dynamic e Network DEA. De acordo com esses autores, seu trabalho de 2010 pode ser considerado uma nova visão sobre o modelo de medidas baseada em folgas de rede (do inglês *network*) de um ambiente dinâmico (do inglês *dynamic*).

Tone e Tsutsui (2014), definem a técnica Dynamic DEA como a extensão de uma configuração de medida baseada em folgas para entender a eficiência da estrutura de rede organizacional em um período de tempo. Para Chen (2009) a perspectiva dinâmica da DMUs é crucial para os tomadores de decisão não analisarem informações tendenciosas e enganosas. Quando trazemos a perspectiva dinâmica para o modelo Network DEA, o modelo deixa de ser definido por um ambiente determinístico e começa a analisar estruturas estocásticas³ que expõe diferentes estágios de eficiência (WEN, 2015).

Para Liu et al. (2013) o modelo Network DEA com a perspectiva dinâmica é chamado de Dynamic Network DEA e pode ser dividido em duas etapas, considerando o processo de transformação e os produtos intermediários *z_{pj}*, visto que as saídas da primeira etapa serão as entradas da segunda etapa, de forma tal que a eficiência não é calculada de maneira independente. O modelo consiste em uma série de relações entre todo o sistema e as duas etapas correspondentes, assim como a eficiência total. Devido às saídas do primeiro nó, serem também as entradas do segundo nó, a eficiência total pode ser transformada em um produto da eficiência dos nós (YANG; LIU, 2012). Um dos recursos intangíveis sobre o qual se pode aplicar uma técnica de medição de eficiência, como DEA, é o conhecimento. Exemplo dessa aplicação são os trabalhos de Johnes e Johnes (1995) em que se utilizou DEA para entender a qualidade de pesquisa do Reino Unido. Nesta pesquisa foi considerado como entradas (inputs) o número de professores pesquisadores e como saída (outputs) o número de publicações científicas.

Um caso parecido é estudado por Korhonen, Tainio e Wallenius (2001) para o caso de eficiência em pesquisa de Helsinki, neste trabalho foram levados em consideração critérios como o número de atividades de pesquisa, a qualidade e o

³ Estrutura composta por medidas probabilísticas.

impacto da pesquisa, o grau de escolaridade dos pesquisadores e as atividades da comunidade científica.

De uma outra forma, Restrepor e Villegas (2007) aplicaram DEA como uma alternativa para avaliação e classificação de seus resultados de uma amostra de pesquisadores na Colômbia (usando como entradas os anos de experiência dos pesquisadores e seu número de integrantes e como saída suas publicações científicas e de divulgação, assim como suas teses), esses estudos apontam que essas medições são muito mais flexíveis e possíveis de combinar com outras metodologias do que os métodos de avaliação tradicional de parâmetros fixos.

Recentemente, Hollanders e Celikel-Esser (2007) utilizaram DEA para realizar um comparativo internacional sobre a eficiência de geração de conhecimento e inovação no mundo. Eles utilizaram como entradas as seguintes variáveis: a) Motores de inovação: variável demográfica que relaciona os recursos humanos ao nível de formação e seu contato com tecnologias de informação. b) Criação de conhecimento: variável que engloba o investimento público e privado em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). c) Inovação e empreendimento: variável que se refere ao investimento e ações de P&D feitas por médias e pequenas empresas. Como saídas do modelo, os autores usaram o emprego em atividades inovadoras, comércio e exportação de novos produtos e serviços, além do uso de propriedade intelectual.

Posteriormente, Gao e Chou (2015) avaliaram a eficiência na geração de inovação em empresas nacionais e multinacionais, utilizando como entradas o gasto em P&D e o capital investido em P&D e como saída o número de patentes e as citações de publicações científicas. Entre seus resultados, os autores encontraram que o grau de desenvolvimento dos países onde as empresas operam e suas forças de propriedade intelectual são incentivadores para esse tipo de eficiência.

Como podemos observar nos estudos anteriores, não existe uma concordância sobre quais as variáveis que devem ser consideradas como entradas e saídas para o processo de eficiência do conhecimento e inovação. Assim, isso reforça a importância da literatura prévia para marcar as diretrizes que são úteis para esse tipo de pesquisa, sendo que essas diretrizes não só se restringem a determinação das variáveis, mas também no modelo DEA que será proposto, na **Tabela 2** encontramos a síntese desses estudos.

Tabela 2. Estudos de referência que usaram DEA para aplicação da inovação.

Referência	Inputs	Outputs
JOHNES, Jill; JOHNES, Geraint. Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics: A frontier analysis. Economics of Education Review , v.14(3), 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0272-7757(95)00008-8	Número de professores pesquisadores	Número de produções científicas
KORHONEN, Pekka; TAINIO, Risto; WALLENIUS, Jyrki. Value efficiency analysis of academic research. European Journal of Operational Research , v130(1), 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00050-3	Grau de escolaridade dos pesquisadores e as atividades da comunidade científica.	Número de atividades de pesquisa, a qualidade e o impacto da pesquisa
RESTREPO R, María; VILLEGAS R, Juan. Ranking Colombian research groups applying Data Envelopment Analysis. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia , v42, 2007.	Anos de experiência do corpo acadêmico e seu número de integrantes	Número de publicações científicas e de divulgação, assim como suas teses
GAO, Wenlian; CHOU, Julia. Innovation efficiency, global diversification, and firm value. Journal of Corporate Finance , v.30, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.12.009	Gasto em P&D e o capital investido em P&D	Número de patentes e as citações de publicações científicas

Nota: Elaborado pelo autor.

2.2.1. APLICAÇÃO DO DEA PARA AVALIAÇÃO DOS SNIs

A literatura aponta o DEA não só como uma das técnicas utilizadas para avaliação de Sistemas de Inovação, mas também para outra característica do DEA que nos permitem ter uma análise diferenciada frente a análises econométricas e de indicadores compostos, com DEA também é possível avaliar a eficiência do processo de inovação (CARAYANNIS; GRIGOROUDIS; GOLETSIS, 2016). Para ajudar a determinar a técnica DEA, que a literatura mais direciona para avaliação da eficiência de SNIs, foi realizado um mapeamento dos principais debates presentes na literatura, e foi feita uma busca nas bases de dados Scopus e Web of Science seguindo as recomendações de busca de Gil (2002).

Assim, o mapeamento consiste em selecionar as bases de dados que serão utilizadas para pesquisa, pesquisar por palavras-chave que reflitam os componentes do tema do termo de referência, selecionar a bibliografia a partir dos títulos e a partir dos resumos, chegando assim, no número de artigos descritos na **Tabela 3**. As palavras-chave utilizadas na busca foram *Innovation* e DEA, não foi limitada por ano de publicação e a busca foi realizada no dia 13 de agosto de 2019.

Tabela 3. Estudo bibliométrico

Etapa	Número de artigos selecionados
Pesquisa por palavras-chave	381
Escolha por título	192
Leitura dos resumos	49
Artigos selecionados	46

Nota: Elaborado pelo autor.

Dos 46 artigos selecionados, foi utilizado o software NVIVO 11 para fazer uma contagem de palavras-chave, e excluídas as palavras Data, Envelopment e Analysis, dando ensejo a uma nuvem de palavras-chave presente na **Figura 6**, procurando assim, ajudar na caracterização dos artigos selecionados.

**Figura 6.** Nuvem de palavras-chave

Nota: Elaborado pelo autor.

Entre as palavras-chave mais se destacam *Efficiency* e *Innovation*, que estão intrinsecamente ligadas às palavras pesquisadas, além disso se destacam *Network*,

Systems e Regional, que reflete a técnica e unidade de análise *Network DEA* e *Regional System Innovation*, no que diz respeito a países, como unidade de análise, aparecem as palavras *Europe*, *Korea*, *Asia* e *Canada*, além dos blocos *BRICS* e *European Union*.

O número de publicações foi aumentando com o passar dos anos, na **Figura 7**, é possível identificar um rápido crescimento na publicação de artigos da temática desde a publicação do primeiro artigo em 2005. Vale ressaltar que nas últimas duas décadas a soma das publicações chegaram a 46, sendo 2019 o ano de maior número de publicações, com 10 artigos até o dia 13 de agosto de 2019. Além disso, os últimos 6 anos (2014 a 2019) foram responsáveis por 80% das publicações.

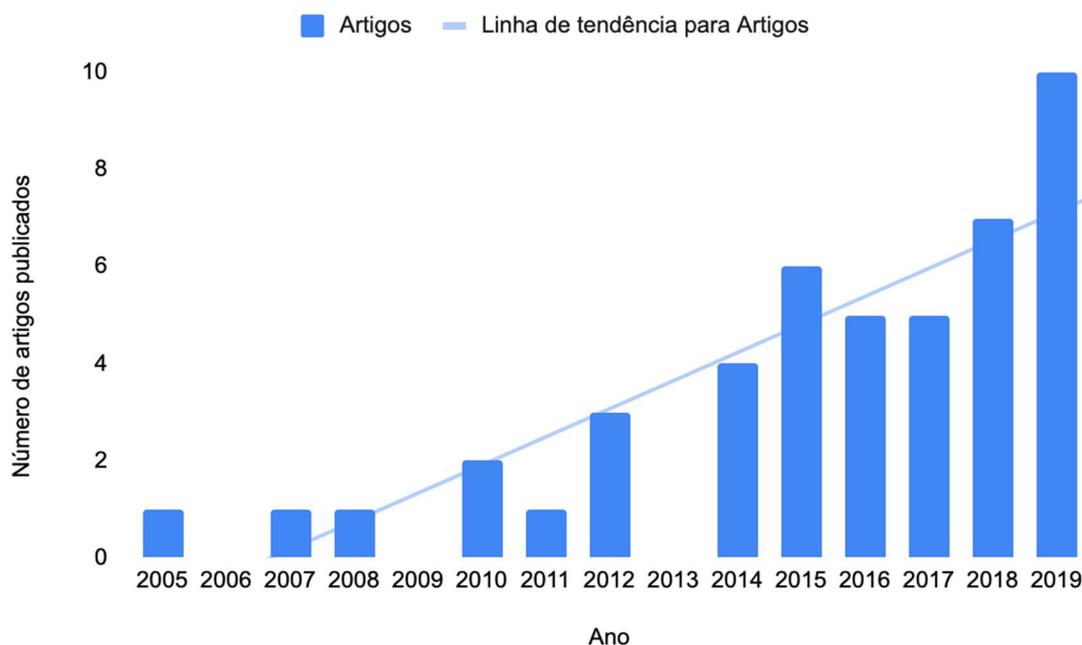


Figura 7. Número de artigos publicados por ano (2005-2019)

Nota: Elaborado pelo autor.

Também foi utilizado o software VOSviewer 1.6.13 para analisar os clusters de coautoria nos artigos selecionados, encontrando assim, um cluster com 3 autores (Carayannis, Goletsis e Grigoroudis), o que indica que não há muita relação entre os autores dos 46 artigos. Outro ponto a destacar da caracterização dos artigos, é que não há uma centralização das publicações nas revistas, sendo que 80% dos 46

artigos foram publicados em revistas diferentes, a revista que possuiu a maior quantidade de publicações é a *Scientometrics* com 4 artigos.

Investigando quais modelos de DEA foram utilizados nos artigos, encontramos mais de 10 diferentes, a **Figura 8** apresenta a proporção das técnicas aplicadas, sendo que se destacam o modelo Network DEA e o modelo DEA-CCR. O Índice Malmquist, SBM-DEA e Dynamic DEA também apresentam uma relevância, ambos somam quase 30% dos artigos encontrados.

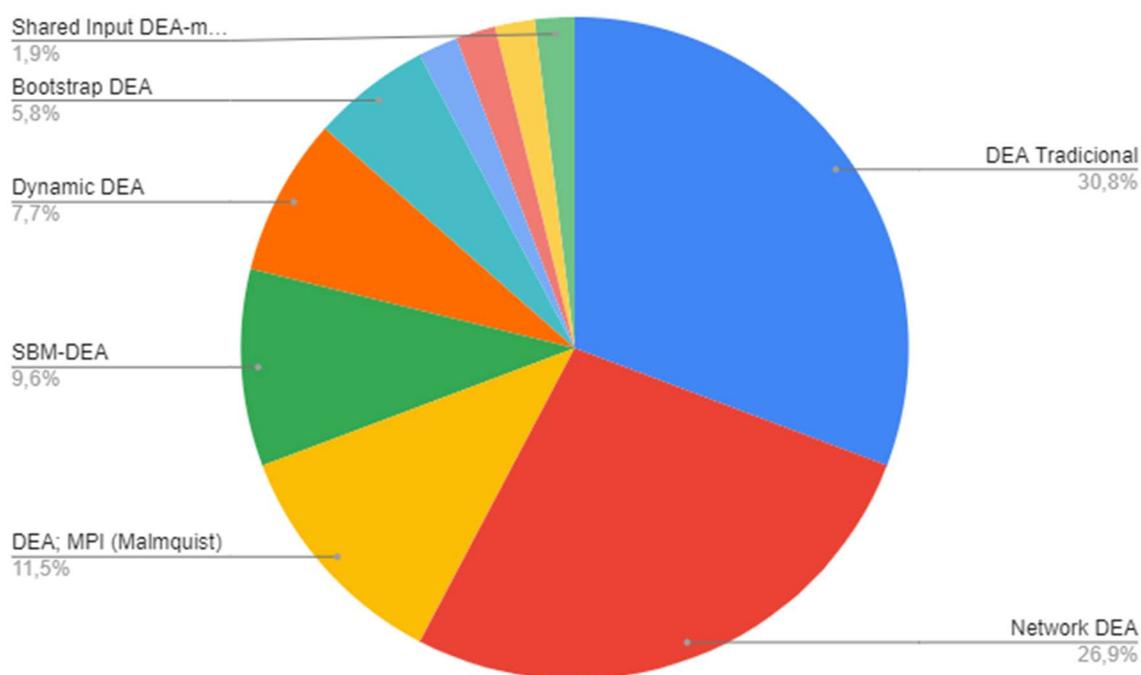


Figura 8. Técnicas mais utilizadas nos artigos

Nota: SBM = Slacks-Based Measure. Elaborado pelo autor.

Outro importante fator que compõe a técnica DEA para se analisar é o retorno à escala adotada pelo estudo, se o retorno é variável (VRS) ou constante (CRS) a escala. Quando olhamos somente para a literatura do DEA, vemos que existe uma predominância da técnica CRS (CARAYANNIS; GRIGOROUDIS; GOLETIS, 2016; EMROUZNEJAD; YANG, 2018). A **Figura 9**, nos mostra que os achados deste levantamento da literatura diferem do que aponta a literatura de DEA, sendo que o VRS foi predominante na maioria dos casos, já que somente 24,24% dos estudos preferiram usar somente o CRS, o que indica que dentro da literatura de Sistemas de Inovação se utiliza mais o VRS. Sobre a escolha das orientações a input ou output

por parte dos pesquisadores, não houve muita distinção, como mostra a **Figura 9**, é possível observar uma menor preferência a modelos não orientados e a aplicação das duas orientações no mesmo estudo.

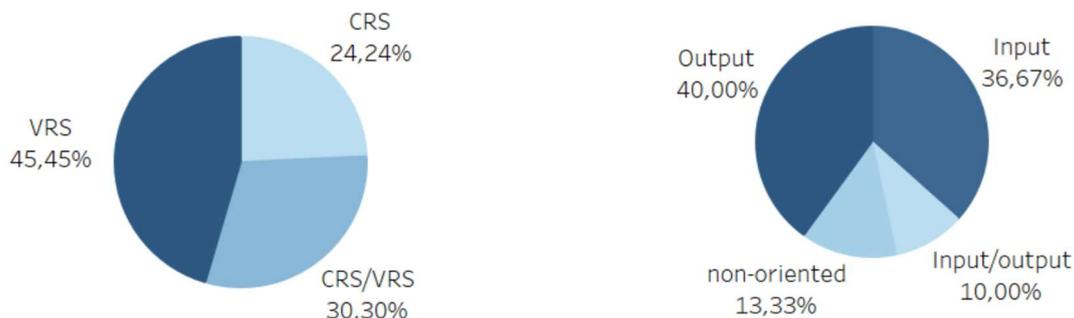


Figura 9. Retornos e orientações utilizadas

Nota: SBM = Slacks-Based Measure. Elaborado pelo autor.

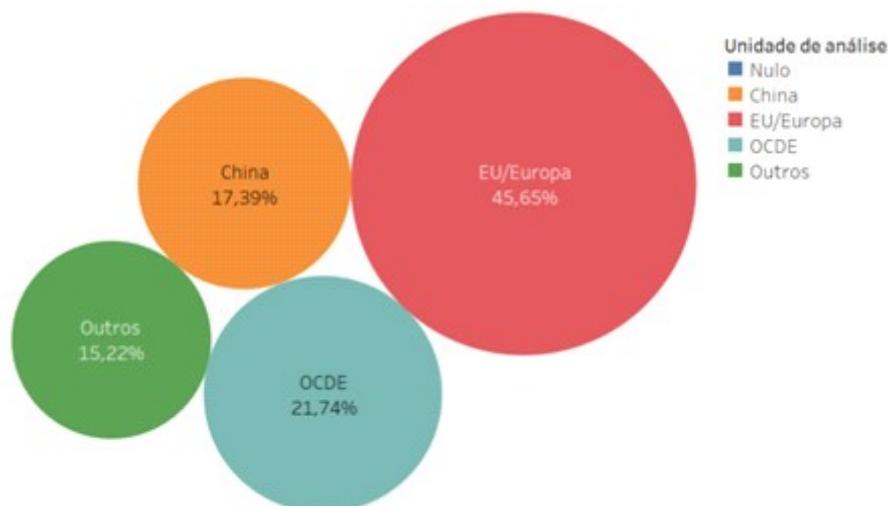


Figura 10. Unidades de análise dos artigos

Nota: SBM = Slacks-Based Measure. Elaborado pelo autor.

Das unidades de análise dos artigos, conseguimos ver a predominância por alguns grupos de países frente aos demais. Na **Figura 10** podemos observar que os países da Europa e União Europeia são a grande maioria das unidades de análise, junto com os países da OCDE e a China.

Destaca-se que somente 15% das unidades de análise engloba países em desenvolvimento. Matei e Spircu (2012) nos ajuda a entender a predominância da Europa e União Europeia como unidade de análise. O autor justifica o uso de DEA nesses países pela facilidade de acesso aos dados e a presença dos relatórios *Innovation Union Scoreboard* e *European Innovation Scoreboard*.

Quando observamos a maior incidência de novos modelos como Dynamic DEA e Network DEA nos anos mais recentes, como indica a **Tabela 4**, reforça-se a ideia de evolução da técnica e também da perspectiva de heterogeneidade cada vez mais evidente nos países (ZABALA-ITURRIAGAGOITIA et al., 2007). Além disso, o uso de diferentes metodologias baseadas em DEA tem se tornado tendência, visto que, a partir de 2014, há um aumento no número de artigos e também do uso de diferentes metodologias.

Tabela 4. Quantidade de artigos por modelos por ano

Método	20..															Total
	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
DEA tradicional			1	1		1	1	1		1	2		2	4	3	17
Network DEA								2		3	2	2	1		2	12
DEA;MPI											1	1	2		1	5
SMB-DEA										1	1	1			2	5
Dynamic DEA												1		2	1	4
Bootstrap DEA						1						1			1	3
DEA+Categorical DEA															1	1
Intertemporal DEA	1															1
M-stage DEA											1					1
Shared Input DEA Model																1
Total	1	0	1	1	0	2	1	3	0	5	7	6	5	7	11	50

Nota: Elaborado pelo autor.

Assim, dos 46 artigos selecionados a partir da intersecção das literaturas de DEA e SNI, podemos observar um constante crescimento, não só nessa intersecção, mas também em toda literatura de DEA (EMROUZNEJAD; YANG, 2018). O mapa de palavras-chave também apresenta palavras como regional e network que já mostram uma grande tendência de publicação na área, como foi apontado por Zabala (2007). Além disso, podemos consolidar entre os achados desse levantamento da literatura: (1) entre as técnicas mais utilizadas estão Network DEA e o modelo DEA-CRS, dando destaque para novas técnicas dinâmicas, (2) o modelo VRS, ao contrário da literatura de DEA, foi o mais utilizado e não houve muita distinção entre o uso da orientação a

input e output, (3) as principais unidades de análise se concentram em países desenvolvidos, sendo poucos os estudos abordados sobre os países em desenvolvimento.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Existem diversos modelos que pretendem explicar as diferentes capacidades das nações para gerar, disseminar e usar o conhecimento; esses modelos estão baseados em três principais orientações teóricas (TORRES; TELLO, 2018). A primeira delas é denominada Teoria do Crescimento Guiado por Ideias, que se baseia nos trabalhos do economista estadunidense Paul Romer, que expõe o conhecimento como um elemento endógeno que explica o crescimento econômico (RIVERA-BATIZ; ROMER, 1991). Com essa perspectiva, o autor explica que a quantidade de conhecimento que se gera em uma economia depende da quantidade de recursos humanos que se encontram trabalhando em sua geração, ou seja, depende da existência de um mercado de trabalho desenvolvido.

A segunda orientação teórica é bem difundida na literatura, esta explica que os recursos que a economia destina à geração do conhecimento depende da produtividade das atividades em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e do retorno que as empresas obtêm com seus investimentos nessas tarefas (TORRES; TELLO, 2018).

A terceira orientação, diz que o impacto do conhecimento depende do aproveitamento do acervo da geração do conhecimento disposto em todo o mundo, ou seja, depende da vinculação e comunicação dos pesquisadores locais com aqueles que se encontram no desenvolvimento do conhecimento mais avançado de uma matéria (Furman et al., 2001). Essa teoria enfatiza o peso das políticas locais na geração de conhecimento e a importância das instituições para o aproveitamento local dos avanços gerados pelo conhecimento em todo o mundo. Assim, para Furman et al (2001), essa teoria é útil para explicar algumas diferenças regionais que determinam a capacidade das nações em gerar conhecimento, tais como o número de insumos humanos e de recursos materiais que se destinam a uma determinada atividade.

Na segunda orientação teórica encontra-se as contribuições de Porter (1990), que apresentam quatro pilares de um processo, com aspectos microeconômicos, que relacionam a forma com que a iniciativa privada participa do processo de geração de

conhecimento através da conformação de conglomerados industriais. O primeiro pilar se refere às disponibilidades de insumos para a geração de conhecimento, particularmente os recursos humanos especializados (engenheiros, científicos e tecnológicos) que estão participando em atividades de P&D em áreas emergentes em inovação. Esses recursos necessitam ser acompanhados por instituições governamentais e universidades capazes de absorver esses recursos humanos (PORTER, 1990).

O segundo pilar, refere-se à intensidade da competição entre as empresas e a forma como essa competição recompensa a geração de conhecimento e inovações. Nesse sentido, os incentivos que as instituições podem proporcionar desempenham um papel importante, como a proteção de direitos de propriedade intelectual, e outros fatores como a abertura comercial e a rivalidade entre empresas. Esse processo estimula a inovação ao estabelecer padrões elevados para todos os participantes do mercado.

Como reflexo desse pilar, Kim (2012) aponta na experiência sul-coreana, a importância da política pública abranger o olhar das demandas e ofertas do desenvolvimento tecnológico. Para o autor, as políticas públicas devem criar um ambiente competitivo para facilitar o aprendizado tecnológico das empresas privadas, enquanto promovem a exportação e leis justas de comércio. Do lado da oferta, Kim aponta a expansão das qualidades da educação para o desenvolvimento dos recursos humanos para as empresas privadas e institutos públicos de pesquisa.

O terceiro pilar, baseia-se na natureza da demanda por produtos e serviços inovadores por parte do mercado, o qual depende da presença de consumidores sofisticados e sensíveis à qualidade. Os hábitos de consumo exercem pressão sobre as empresas para gerarem produtos e serviços inovadores, do contrário, correm o risco de sair do mercado.

O quarto pilar, refere-se à disponibilidade e interconexão (vertical e horizontal) de empresas dedicadas a um mesmo ramo através da criação de conglomerados. Esses agrupamentos de empresas, faz com que a geração de conhecimento se dissemine mais facilmente permitindo que as firmas se envolvam na obtenção de economias de escala.

A terceira corrente teórica é conhecida como a abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação, essa corrente enfoca principalmente como as atividades de inovação se organizam em diversos países, identificando os atores e instituições com

importante atuação nesse processo. Entre as áreas de interesse dessa abordagem estão o papel do governo, das agências reguladoras que se dedicam a criar o ambiente regulatório em que as organizações estão inseridas, das políticas públicas, das universidades, das indústrias e do mercado de trabalho (FURMAN et al, 2001).

Ao integrar os elementos dessas correntes teóricas, diversas instituições construíram estruturas analíticas para avaliarem as características nacionais envolvidas no processo de geração e disseminação do conhecimento. De Ferranti et al. (2003), por exemplo, propõe uma análise composta por cinco pilares: a existência de população educada e capaz, a estabilidade macroeconômica, a infraestrutura dinâmica da informação, a existência de um sistema de inovação eficiente e a interconexão através de redes que integram os esforços dos envolvidos.

Um marco de análise similar a esse é o utilizado pela Rede Iberoamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT)⁴, a qual utiliza uma perspectiva de insumos e produtos do sistema de geração de conhecimento científico e tecnológico, os insumos se classificam em dois grupos: o contexto demográfico e econômico e os recursos financeiros e humanos aplicados a atividades de investigação. Os produtos se dividem em dois: as patentes e os produtos bibliométricos. Isto permite relacionar as causas a seus resultados e dispor de parâmetros precisos para dimensionar o modelo.

Um terceiro exemplo desse tipo de marco de análise foi feito pela empresa americana Bloomberg, a qual determina a capacidade nacional para gerar conhecimento e inovar, a partir da avaliação de cinco variáveis: as atividades de P&D, o valor agregado da indústria manufatureira, a capitalização de mercado das empresas altamente tecnológicas, a educação superior e equipes dedicadas a pesquisa (BLOOMBERG, 2015). Um quarto modelo é o do GII que será explorado em detalhes na subseção a seguir.

3.1.1. FONTE DE DADOS: GII

O GII propõe cinco pilares que funcionam como insumos de um Sistema Nacional de Inovação e dois pilares que representam os produtos do mesmo (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019). Na **Tabela 5**, podemos observar todos os componentes do modelo. Cada componente desse modelo é dividido em 3 sub-pilares

⁴ <http://www.ricyt.org/en/>

e cada um é composto por indicadores individuais. No ano de 2019, foram 80 indicadores no total.

Tabela 5. Componentes do Índice Global de Inovação

Instituições	Capital humano e pesquisa	Infraestrutura	Sofisticação do mercado	Sofisticação empresarial	Produtos científicos e tecnológicos	Produtos criativos
Ambiente político	Educação básica	Tecnologias de informação e Comunicação	Crédito	Trabalhadores especializados	Criação do conhecimento	Ativos intangíveis
Ambiente regulatório	Educação superior	Infraestrutura geral	Investimento	Vínculos de inovação	Impacto do conhecimento	Bens e serviços criativos
Ambiente de negócios	Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Sustentabilidade Ecológica	Comércio, concorrência e escala de mercado	Absorção do conhecimento	Difusão do conhecimento	Criatividade on-line

Fonte: Adaptado de GII, 2019.

Como podemos observar, os pilares que representam os insumos são (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019):

1. Instituições: Esse pilar apresenta as condições nacionais de governabilidade, estabilidade política, proteção à propriedade intelectual e a existência de estímulo por parte das instituições.
2. Capital humano e pesquisa: Através do qual se avalia o nível geral da educação da população junto às atividades de pesquisa.
3. Infraestrutura: Apresenta as condições de infraestrutura de telecomunicações, transportes e energias presentes no país, que são fundamentais para a geração e difusão do conhecimento.
4. Sofisticação de mercado: Refere-se a elementos no ambiente de mercado que favorecem a inovação, tais como a disponibilidade de créditos, a abertura comercial, a concorrência entre as empresas e o tamanho do mercado local.
5. Sofisticação empresarial: Refere-se à existência de um mercado de trabalho que envolve os especialistas em ciência e tecnologia, para que eles possam se dedicar a atividades de inovação de maneira eficiente.

Como podemos observar, os pilares que representam os resultados são (GLOBAL INNOVATION INDEX GII, 2019):

6. Produtos científicos e tecnológicos do sistema. Dentro desse pilar se ramificam três classificações denominadas: Criação do conhecimento, impacto do conhecimento e difusão do conhecimento.
7. Produtos criativos derivados do processo de inovação. Para o seu cálculo são propostos três aspectos: a geração de ativos intangíveis no país, tais como as marcas, os desenhos industriais, os modelos de negócios e os modelos organizacionais, a geração e comercialização de bens e serviços criativos, por exemplo, os relacionados com a cultura, o cinema, a publicidade e os meios de comunicação, e a criatividade on-line.

Com relação aos subcomponentes do pilar 6, a criação do conhecimento avalia os resultados obtidos pelos países nos seguintes indicadores: a geração de solicitação de patente, as solicitações de modelos de utilidade, as publicações de artigos científicos em revistas com revisão por pares e as citações desses artigos.

O impacto do conhecimento busca avaliar os efeitos macroeconômicos e microeconômicos das melhorias em conhecimento, avaliando aspectos como o incremento da produtividade dos trabalhadores, a entrada de novas empresas na economia, o gasto em programas de computador, o número de certificados ISO 9000 e a produção industrial de média e alta tecnologia como proporção da produção industrial total.

Por sua vez, o pilar denominado difusão do conhecimento enfoca quatro indicadores: os royalties coletados, as exportações de alta tecnologia, as exportações de serviços e os fluxos de saída de investimento estrangeiro direto. Com esse pilar, busca-se dimensionar de que forma o conhecimento gerado é convertido em uma fonte de divisas para o país e de que maneira as inovações locais são transferidas por todo o mundo.

Já os subcomponentes do Pilar 7, são constituídos pela geração de ativos intangíveis no país, tais como as marcas, pelos desenhos industriais, os modelos de negócios e os modelos organizacionais, a geração e comercialização de bens e

serviços criativos, por exemplo, os relacionados com a cultura, o cinema, a publicidade e os meios de comunicação, e a criatividade on-line.

3.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O desenvolvimento do estudo tem como ponto inicial a pesquisa bibliográfica exposta no capítulo 2, tendo em vista que por meio da literatura, foi possível identificar a técnica DEA e as variáveis de entrada e saída que melhor aderem à proposta do trabalho. Referente à coleta e classificação da pesquisa, esta é quantitativa, aplicada e utiliza como base de dados sete fontes secundárias, que são as bases utilizadas para a elaboração do Índice Global de Inovação dos anos 2016 a 2019. Esses dados são de acesso público e podem ser encontrados no endereço: <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>, nos formatos csv e txt.

Para a organização dos dados dessas fontes secundárias foi utilizado o software de planilhas eletrônicas Microsoft Excel, tendo em vista que também foi feita a adaptação nas variáveis de input e output para melhor aderir ao modelo. Para a análise desses dados e aplicação do modelo DEA foi utilizado o software STATA (versão 13) com o plug-in dea. A escolha da ferramenta STATA se deve à facilidade de utilização e visualização dos relatórios.

Uma vez obtidos os resultados, com a finalidade de oferecer uma melhor interpretação, propõe-se a aplicação de duas análises complementares:

- Primeira, uma análise de sensibilidade, tendo em vista que é possível identificar as principais medidas de benchmarking para cada país para cada variável;
- Segunda, uma análise de cluster pelo método K-médias, que consiste em particionar um total de n observações em k grupos em que cada análise pertença ao conjunto cujo valor médio seja mais próximo. Para validação desse processo será considerado as médias quadradas pelo teste ANOVA, o número de clusters pelo teste F de Fisher e o nível de significância. A finalidade dessa análise é poder comparar com tipologias de desenvolvimento econômico tais como a do Fórum Econômico Mundial.

3.2.1. SELEÇÃO DA TÉCNICA E VARIÁVEIS DEA

Para a seleção da técnica DEA, foi considerada não só a indicação da literatura, mas também a técnica que ainda constantemente utilizada para avaliação

de eficiência de SNI, que é a técnica DEA-VRS. O modelo DEA-VRS se diferenciou da técnica originalmente proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) nos retornos das escalas, a técnica escolhida considera que um aumento proporcional em uma ou mais entradas causam um aumento maior que a proporção nos outputs, pois os retornos não são constantes, isso na técnica DEA-VRS orientada a *inputs*. Na técnica orientada a *outputs*, um crescimento proporcional das entradas pode render menos do que um crescimento proporcional nas saídas.

A literatura aponta alguns cuidados no uso desse tipo de técnica, sendo necessária a verificação do número adequado de DMUs, ou seja, o número de DMUs precisa ser duas vezes a multiplicação das entradas e saídas (DYSON et al, 2001), bem como a homogeneidade das DMUs comparadas, as suas disparidades não podem ser muito significativas (FERRERA, 2006), elas precisam utilizar os mesmos tipos de entradas e produzem os mesmo tipos de produtos (MOSQUERA ABADIA; MILLAN SOLARTE, 2013). Dado a quantidade de DMUs em cada base de dados (acima de 100) e a natureza das variáveis, o primeiro risco e o último são eliminados. O segundo risco também é eliminado frente aos testes apresentados na seção de anexos.

É proposto então, o arranjo dos insumos e produtos dos componentes do GII para que as variáveis apresentadas pelo índice sejam mais bem representadas na técnica DEA-VRS, as variáveis de entrada e saída são descritas na **Tabela 6**. Como parâmetros de orientação para DEA-VRS será definido a orientação a input e a output como medida comparativa, assim como é orientado pela literatura (SANTOS ARTEGA et al., 2019).

Tabela 6. Componentes do Índice Global de Inovação

Insumos do Processo de Inovação (<i>Inputs</i>)					Produtos do Processo de Inovação (<i>Outputs</i>)	
Instituições	Capital humano e pesquisa	Infraestrutura	Sofisticação do mercado	Sofisticação empresarial	Produtos científicos e tecnológicos	Produtos criativos
Ambiente político	Educação básica	Tecnologias de informação e Comunicação	Crédito	Trabalhadores especializados	Criação do conhecimento	Ativos intangíveis
Ambiente regulatório	Educação superior	Infraestrutura geral	Investimento	Vínculos de inovação	Impacto do conhecimento	Bens e serviços criativos
Ambiente de negócios	Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Sustentabilidade Ecológica	Comércio, concorrência e escala de mercado	Absorção do conhecimento	Difusão do conhecimento	Criatividade on-line

Fonte: Adaptado de GII, 2019.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE EXPLORATÓRIA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO GII 2019

No intuito de classificar anualmente o avanço da inovação de 129 países dos 5 continentes, o Índice Global de Inovação apresenta uma série de resultados e informações que contribuem para um melhor aprofundamento dos objetivos desse estudo. Além disso, o GII contribui com a apresentação de diversos indicadores chaves que compõem o contexto inovativo dos países em 2019. Um dos resultados mais importantes do GII é o ranking e score geral dos países mais bem posicionados no índice, como é apresentado no **Tabela 7**.

Tabela 7. Os 20 primeiros países do ranking GII 2019

Ranking	País	Score	Ranking	País	Score
1	Suíça	67,2	11	República da Coreia	56,6
2	Suécia	63,7	12	Irlanda	56,1
3	Estados Unidos	61,7	13	China	54,8
4	Países Baixos	61,4	14	Japão	54,7
5	Reino Unido	61,3	15	França	54,2
6	Finlândia	59,8	16	Canadá	53,9
7	Dinamarca	58,4	17	Luxemburgo	53,5
8	Singapura	58,4	18	Noruega	51,9
9	Alemanha	58,2	19	Islândia	51,5
10	Israel	57,4	20	Áustria	50,9

Fonte: Adaptado do GII, 2019

O índice também separa os países em 7 regiões: América do Norte, Europa, África do Norte e Ásia Ocidental, Sudeste Asiático, Leste Asiático e Oceania, América Latina e Caribe, África Subsaariana, Ásia Central e do Sul. Dessa forma é possível observar os países com maior score por região, como exposto no **Tabela 8**.

Tabela 8. Os países com maior score por região

Região	Países
América do Norte	Estados Unidos da América
	Canadá
Europa	Suíça
	Suécia
	Holanda
África do Norte e Ásia Ocidental	Israel
	Chipre
	Emirados Árabes Unidos
Sudeste Asiático, Leste Asiático e Oceania	Cingapura
	República da Coreia
	Hong Kong, China
América Latina e Caribe	Chile
	Costa Rica
	México
África Subsaariana	África do Sul
	Quênia
	Ilhas Maurício
Ásia Central e do Sul	Índia
	Irã
	Cazaquistão

Fonte: Adaptado do GII, 2019

Além do ranking dos países, o GII resume seus resultados em 7 principais achados. O primeiro deles, expõe que a inovação está crescendo em todo o mundo, mesmo em um contexto de desaceleração econômica em 2019, esse achado também

sinaliza que há novas barreiras que trazem entraves para a inovação global. O índice aponta o grande aumento de investimento em atividades de P&D como o grande causador desse aumento, de acordo com o GII, 2019, as despesas em P&D mais que dobraram de 1996 a 2016, além de atingirem níveis jamais alcançados em 2017 e 2018.

Embora o GII aponte esse crescimento em P&D nos últimos anos, o índice de 2019 traz outra realidade e obstáculos para esse achado, boa parte das economias de renda elevada, sinalizadas pelo índice como países responsáveis pela expansão da fronteira tecnológica, apresentaram pouco ou nenhum crescimento em 2019. Além disso, o GII também aponta o aumento do protecionismo como outra barreira para a inovação, principalmente em áreas com alta intensidade de tecnologia e sucessões de conhecimento. De acordo com o índice, se não forem contidos, esses novos obstáculos de queda dos investimentos em P&D e protecionismo no comércio internacional, a inovação global terá seu crescimento desacelerado.

O segundo achado, diz respeito à ascensão das economias de renda média per capita no cenário global de inovação, dando destaque para a China que subiu 3 posições de 2018 para 2019 (14^a posição) e é o único país de renda média classificado entre as 30 principais. Outros países que subiram de posição e ganharam destaque no índice foram os Emirados Árabes Unidos (36^a posição), o Vietnã (42^a posição), a Índia (52^a posição) e as Filipinas (54^a posição).

Embora o Brasil não tenha sido destacado no índice, e tenha caído de posição, 64^a em 2018 e 66^a em 2019, quando olhamos os indicadores de input e output de inovação separadamente, o Brasil apresentou um grande avanço nos outputs de inovação nos últimos 2 anos, saindo da 80^a posição em 2017 para a 67^a posição em 2019. Analisando os países em ascensão econômica, o Brasil está na 16^a posição das 34 economias, já entre os 19 países na região América Latina e Caribe, o Brasil está na 5^a posição. A **Tabela 9** apresenta os rankings gerais e separados de input e output do Brasil de 2017 a 2019.

Tabela 9. Rankings do Brasil, 2017 - 2019

Ano	Ranking GII	Ranking Input	Ranking Output
2019	66	60	67
2018	64	58	70
2017	69	60	80

Fonte: Adaptado do GII, 2019

O terceiro achado aponta que os inputs e outputs de inovação permanecem alocados em um pequeno número de países, ou seja, isso aponta para um distanciamento grande entre as nações em termos de inovação. Embora a geografia de inovação tenha se movimentado de economias de alta renda para economias de média renda, os investimentos com inovação ainda são mais presentes em um pequeno número de economias. Em termos de pontuação e classificação, o distanciamento é evidente em todo GII, mesmo que, regiões como a Ásia, principalmente pelo desempenho da China, tenham apresentado melhorias contínuas.

O quarto achado apresenta uma perspectiva de eficiência na inovação, sinalizando que alguns países obtêm maior retorno de suas despesas em inovação do que outros. O estudo aponta que economias como China, Malásia e Bulgária apresentam desempenho em eficiência de inovação equivalentes ao grupo de países de renda elevada, em especial a China, apresenta resultados de inovação próximos aos da Alemanha, Reino Unido, Finlândia, Israel e Estados Unidos com níveis de insumos consideravelmente mais baixos.

O quinto achado aponta uma priorização na qualidade da inovação contínua em prol da quantidade, o índice faz essa tentativa de mensurar a qualidade utilizando indicadores que refletem essa realidade a fim de auxiliar essa tendência nas políticas de inovação. Entre os países, Estados Unidos, Alemanha e Japão atingem as maiores pontuações em qualidade de inovação, o índice também destaca a China, a Índia, a Rússia e o Brasil com as pontuações mais altas das economias de renda média. Uma universidade brasileira, a Universidade de São Paulo (USP), destaca-se entre as 10 universidades mais bem classificadas em economias de média renda.

O sexto achado aponta a concentração dos principais agrupamentos de ciência e tecnologia, sendo eles localizados principalmente nos Estados Unidos, China e Alemanha. Em termos de classificação e qualidade os clusters japonês Tóquio-Yokohama, o chinês Shenzhen-Hong Kong e o coreano Seul, são os mais bem posicionados. Além disso, o GII aponta clusters do Brasil, Índia, Irã, Rússia e Turquia entre os 100 principais.

O sétimo e último achado é focado no tema do GII 2019, Criar Vidas Sadias – O Futuro da Inovação Médica. O índice aponta a necessidade de um maior investimento em inovação e maiores esforços de disseminação para a inovação

médica, quando comparados a outros tipos de inovação. O GII, 2019, mostra a importância desse tipo de inovação para a subtração das barreiras no fornecimento global de cuidados e saúde, mas justifica esse achado com a desaceleração na produtividade de P&D e os longos prazos para identificação de novos tratamentos para novas doenças, isso devido à realidade do ecossistema da inovação na área da saúde e aos incentivos desiguais dos atores na área da saúde.

4.2. ANÁLISE CROSSECCIONAL DA EFICIÊNCIA DO GII 2019

Por meio da técnica de análise envoltória de dados voltada à output, encontra-se uma clara diferença entre os resultados da análise e os apresentados no Índice Global de Inovação de 2019. Dos 126 países analisados, encontramos 36 países na curva de eficiência (DEA = 1), essa diferença fica evidente quando observamos que os 36 países não são os mais bem colocados no índice, mesmo que a Suíça se encontre no primeiro lugar do ranking do GII e na curva de eficiência, Singapura que está na 8ª posição do índice global, está mais distante que a média, da curva de eficiência DEA orientado a output (1,312 frente a média de 1,234).

A diferença se torna ainda mais expressiva quando comparamos os resultados dos 20 primeiros países e dos 20 últimos países do ranking GII. Sendo que entre os 20 primeiros, temos 7 países presentes na curva de eficiência e 4 países mais distantes que a média (1,234). Dos 20 últimos países, 10 se encontram na curva de eficiência e 8 países mais distantes que a média. Ou seja, existem mais países na curva de eficiência nos últimos 20 países do Ranking GII 2019, do que nos 20 primeiros. Na **Tabela 11** encontramos o comparativo do resultado da técnica DEA e a posição do ranking desses países.

Além disso, a análise DEA se aprofunda ao analisarmos os países com maior Score do GII por região, sendo que é possível observar a partir do DEA, quais são as principais medidas de benchmarking e recomendações para cada um desses países para se aproximar da curva de eficiência. A **Tabela 10** apresenta esse resultado para os países presentes na **Tabela 8**.

Tabela 10. Os países com maior score GII por região, suas medidas de benchmarking e recomendações.

Região	Países	Países de benchmarking	Recomendação (Sensibilidade)
América do Norte	Estados Unidos	Israel, Suíça e Ucrânia.	Sofisticação de Mercado (24,68)
	Canadá	Mongólia, Suíça, Reino Unido e Vietnã.	Instituições (13,13)
	Suíça	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
Europa	Suécia	China, Luxemburgo, Holanda e Suíça.	Capital Humano e Pesquisa (6,07)
	Holanda	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
	Israel	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
África do Norte e Ásia Ocidental	Chipre	Armênia, Luxemburgo e Holanda.	Sofisticação de Mercado (4,34)
	Emirados Árabes Unidos	Estônia, Irã, Mongólia, Suíça e Reino Unido.	Capital Humano e Pesquisa (11,03)
	Cingapura	Suíça, Ucrânia e Vietnã.	Instituições (8,99)
Sudeste Asiático, Leste Asiático e Oceania	República da Coreia	China, Irã, Mongólia, Suíça, Ucrânia e Vietnã.	Capital Humano e Pesquisa (12,74)
	Hong Kong	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
	Chile	Armênia, China, Estônia, Irã e Mongólia.	Instituições (12,75)
América Latina e Caribe	Costa Rica	China, Estônia, Etiópia, Irã e Luxemburgo.	Não há recomendação.
	México	Armênia, China, Irã, Mongólia e Vietnã.	Instituições (6,61)
	África do Sul	Camboja, Suíça, Ucrânia e Vietnã.	Instituições (6,38)
África Subsaariana	Quênia	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
	Ilhas Maurício	Etiópia, Irã, Malta, Mongólia e Monte Negro.	Instituições (1,16)
	Índia	Irã, Suíça, Ucrânia e Vietnã.	Produtos Criativos (7,67)
Ásia Central e do Sul	Irã	Já está na curva de eficiência.	Já está na curva de eficiência.
	Cazaquistão	China, Etiópia, Hungria, Irã e Vietnã.	Instituições (13,77)

Fonte: Elaborado pelo autor

Embora haja discrepância entre os resultados das duas análises, o presente estudo, reconhece a importância e o esforço do GII, 2019, para identificar e classificar a performance em inovação dos 126 países. Sendo assim, é feita a tentativa de trazer a ótica dos resultados das duas técnicas ao mesmo tempo, os resultados da técnica DEA e o Score dos países no Índice Global de Inovação, 2019.

Tabela 11. Comparativos do resultado dos 20 primeiros e dos 20 últimos países do ranking

20 primeiros países do ranking GII 2019			20 últimos países do ranking GII 2019		
País	DEA	Ranking GII	País	DEA	Ranking GII
Suíça	1	1	Nepal	1,710	107
Suécia	1,051	2	Bolívia	1,150	108
Estados Unidos	1,011	3	Etiópia	1	109
Países Baixos	1	4	Mali	1	110
Reino Unido	1	5	Argélia	1,242	111
Finlândia	1,096	6	Nigéria	1,079	112
Dinamarca	1,137	7	Camarões	1,321	113
Singapura	1,312	8	Bangladesh	1	114
Alemanha	1,047	9	Burquina Faso	1,345	115
Israel	1	10	Malawi	1	116
Coreia	1,180	11	Moçambique	1,296	117
Irlanda	1	12	Nicarágua	1,783	118
China	1	13	Madagascar	1	119
Japão	1,151	14	Zimbábue	1	120
França	1,169	15	Benim	1,359	121
Canadá	1,219	16	Zâmbia	1	122
Luxemburgo	1	17	Guiné	1	123
Noruega	1,237	18	Togo	1,263	124
Islândia	1,042	19	Níger	1	125
Áustria	1,269	20	Yemen	1	126

Fonte: Elaborado pelo autor

Para isso, foi considerado para cada país duas variáveis, o resultado da técnica DEA como variável x e o Score do GII como variável y. As duas variáveis foram colocadas em um gráfico bidimensional em que o eixo x cruza no valor médio de y, e y cruza no valor médio de x. Dessa forma, é possível observar que os países localizados à esquerda do eixo y estão mais próximos da curva de eficiência da técnica DEA, e os localizados acima do eixo x são os países que atingiram maior Score no GII, 2019.

Assim, é possível observar a dispersão dos 126 países nos gráficos a seguir (**Figura 11 à Figura 17**), onde podemos observar 4 quadrantes, o primeiro, onde

estão localizados os países de desempenhos acima da média nas duas técnicas, o segundo, em que os países possuem desempenho acima da média na técnica do GII e desempenho abaixo da média no DEA, o terceiro, que possuem desempenho abaixo da média no DEA e abaixo no GII, e o último quadrante, com países que possuem desempenho abaixo da média no GII e acima da média no DEA.

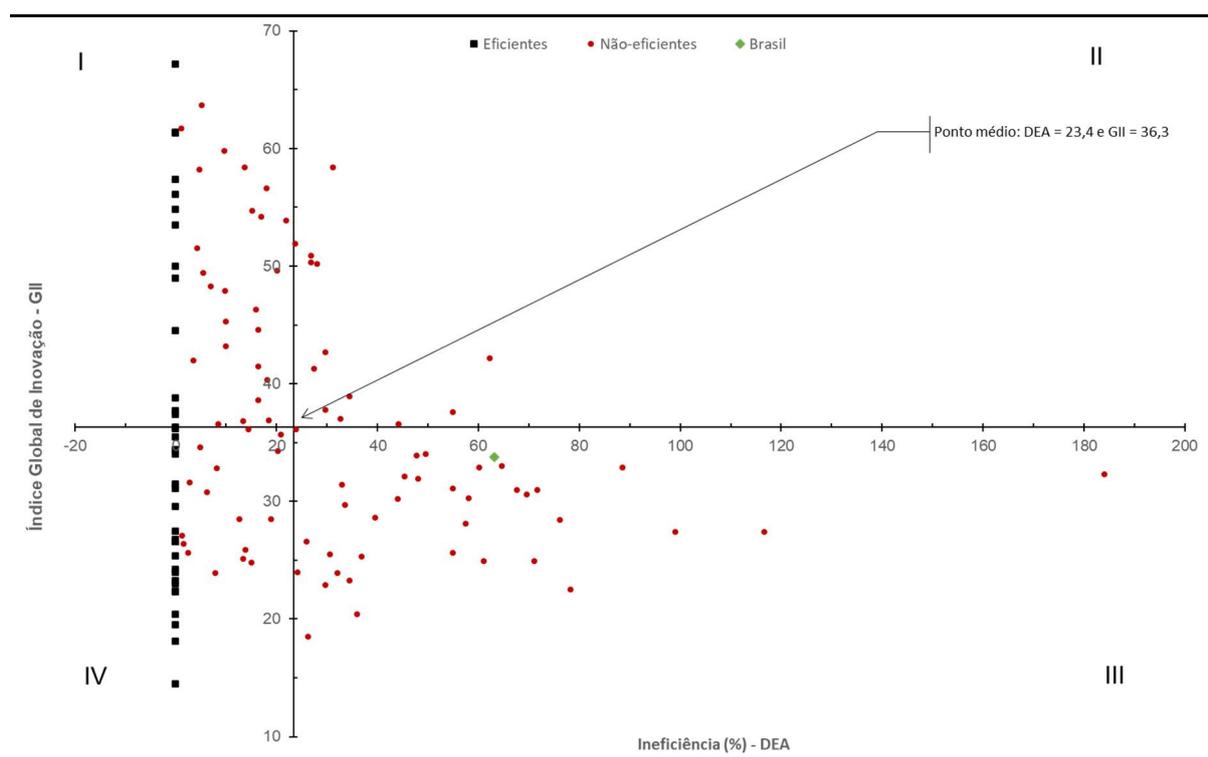


Figura 11. Resultado DEA em relação ao Score GII

Fonte: Elaborado pelo autor

Dessa forma, ao analisar a **Figura 11**, é possível observar que a performance dos países da análise DEA estão dispersos frente ao desempenho dos países no GII, os países na curva da eficiência não formam um cluster no primeiro quadrante, assim como tinha sido apontado descritivamente nos parágrafos anteriores, o que corrobora para a discrepância dos dois resultados. Vale ressaltar que o quadrante 2, onde os países apresentam desempenho acima de média no GII, mas abaixo da média pela técnica DEA, é o quadrante que apresenta o menor número de países, somente 10 países dos 126 analisados, ou seja, quando olhamos somente para os países que estão acima da média no Score do GII é possível observar que os resultados de performance das duas técnicas se convergem.

Da **Figura 12** à **Figura 17**, o presente estudo utiliza da **Figura 11** para apontar algumas características homogêneas entre os países, buscando assim, um indício de agrupamento. Além disso, o Brasil também é destacado nesses gráficos como um ponto quadrado.

A **Figura 12** indica, em amarelo, os 10 primeiros países no ranking GII, e em vermelho e preto, os 116 países restantes, e é possível observar, com exceção de Singapura, que os 10 países se encontram predominantemente no quadrante 1. Além disso, 4 desses países se encontram na curva de eficiência, sendo eles, Suíça, Holanda, Reino Unido e Israel. Assim, é possível observar um agrupamento entre esses países, reforçando o observado anteriormente, onde os países mais bem posicionados no índice se encontram predominantemente acima da média no resultado do DEA.

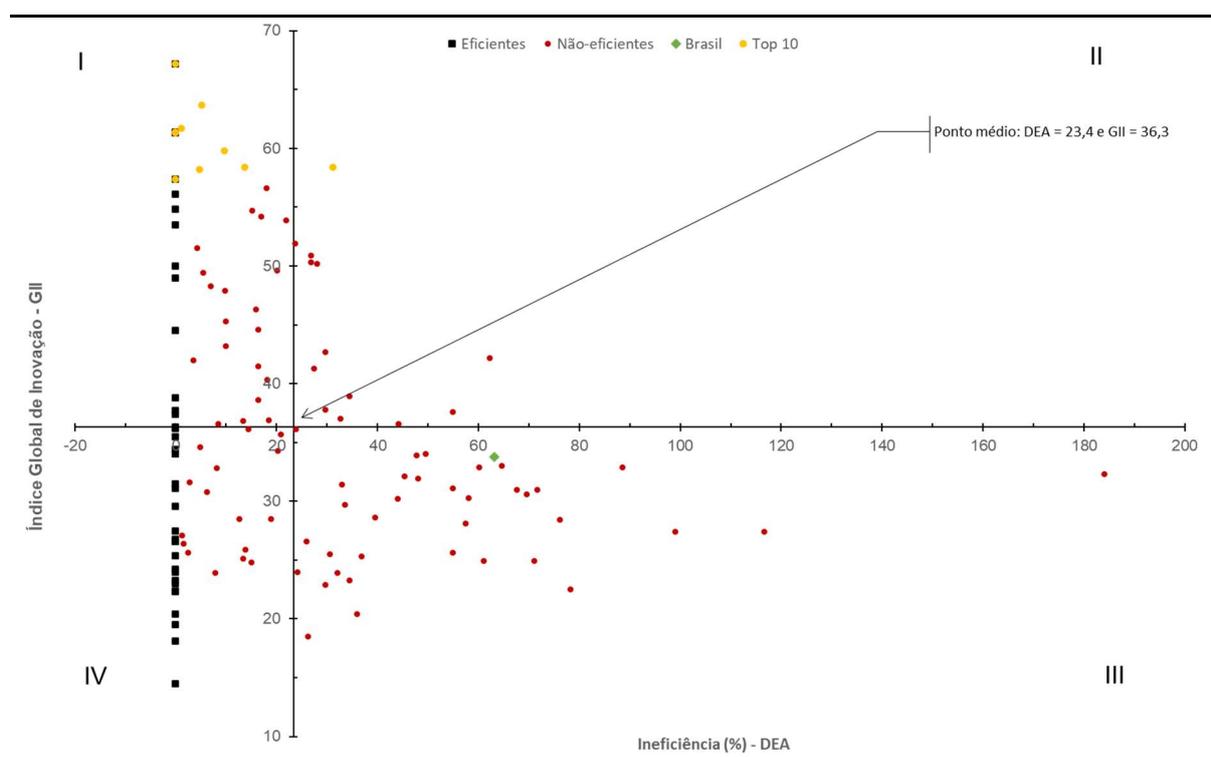


Figura 12. Resultado DEA em relação ao Score GII - Top 10

Fonte: Elaborado pelo autor

A **Figura 13**, com o intuito de trazer a perspectiva de uma organização econômica internacional, apresenta em amarelo os países que pertencem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), assim, é possível observar mais um agrupamento, dos 38 países pertencentes a OCDE, somente 9 não se encontram no primeiro quadrante. Dentre esses nove, podemos

destacar a Colômbia e México no quadrante 3, e 9 dos 10 países mais bem colocados no índice no quadrante I, o único país presente no top 10 do GII 2019 que não está no quadrante I, também não faz parte da OCDE.

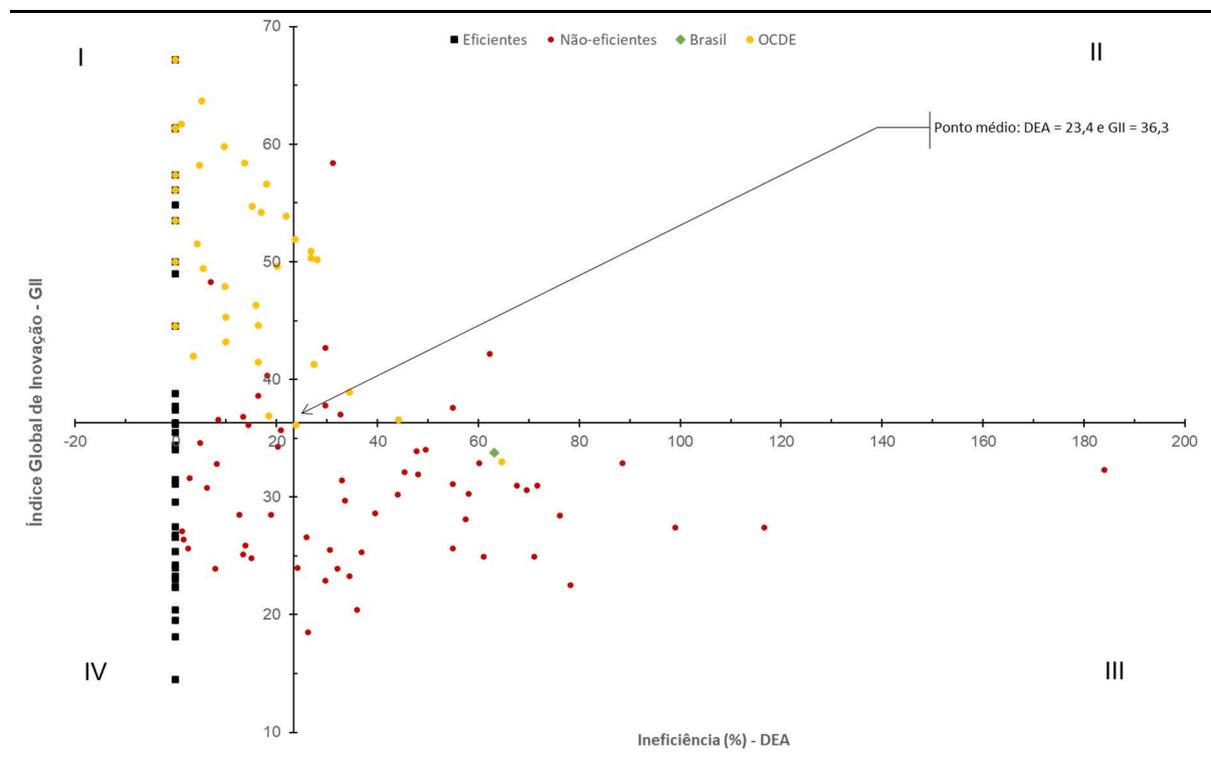


Figura 13. Resultado DEA em relação ao Score GII - OCDE

Fonte: Elaborado pelo autor

A **Figura 14**, assim como a **Figura 15**, adotam a classificação do Fórum Econômico Mundial, indicando países de alta renda e baixa renda, respectivamente. Dessa forma, é possível trazer o olhar da influência da renda per capita para a eficiência inovativa. A **Figura 14**, evidencia em amarelo, os países de alta renda e é possível observar que não há indício de agrupamento, sendo que os países de alta renda estão dispersos em todos os quadrantes.

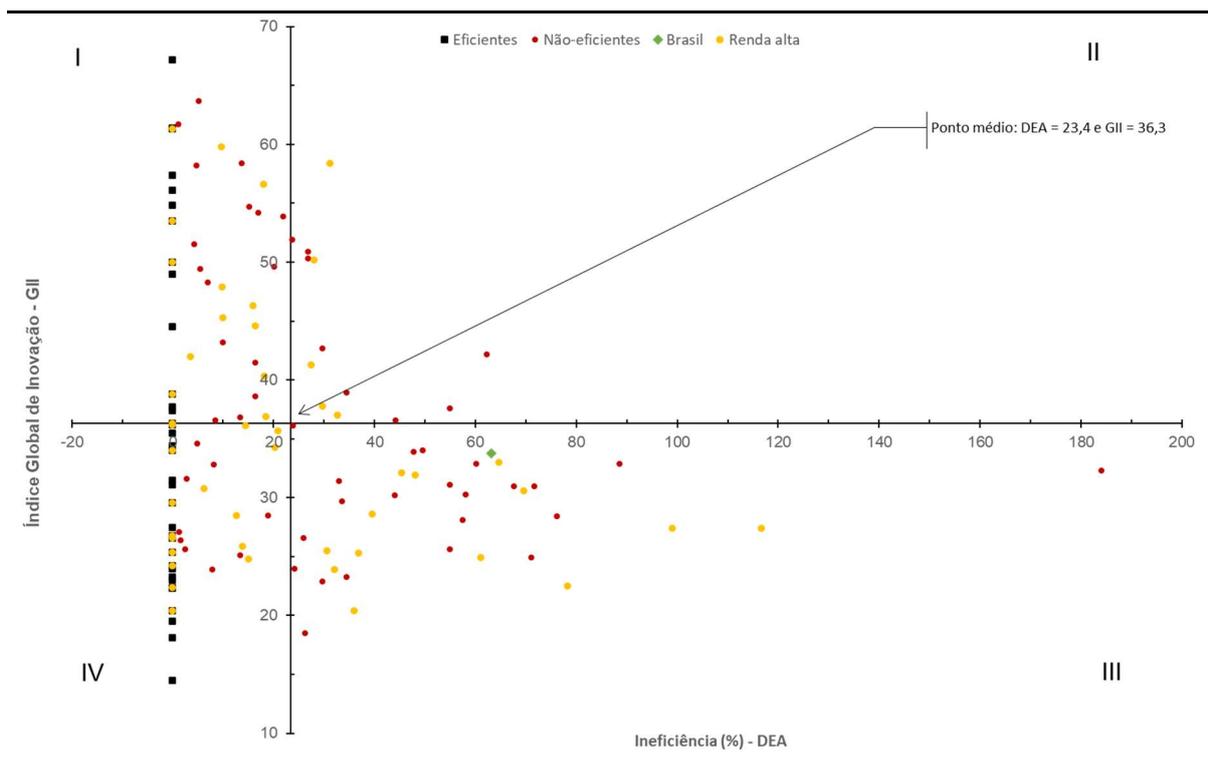


Figura 14. Resultado DEA em relação ao Score GII – Alta renda

Fonte: Elaborado pelo autor

Porém, na **Figura 15**, que apresenta os países de baixa renda em amarelo, é possível observar que com exceção da Rússia, no quadrante II e da Lituânia, no quadrante I, todos os outros países se enquadram abaixo da média no índice do GII 2019. Ainda assim, é possível destacar que 5 dos 12 países ficaram acima da média no resultado do DEA e 2 países ficaram na curva de eficiência DEA, Mali e Malawi. Embora não seja possível observar um agrupamento desses países, fica claro a diferença da posição de eficiência dos países entre os resultados do GII e DEA.

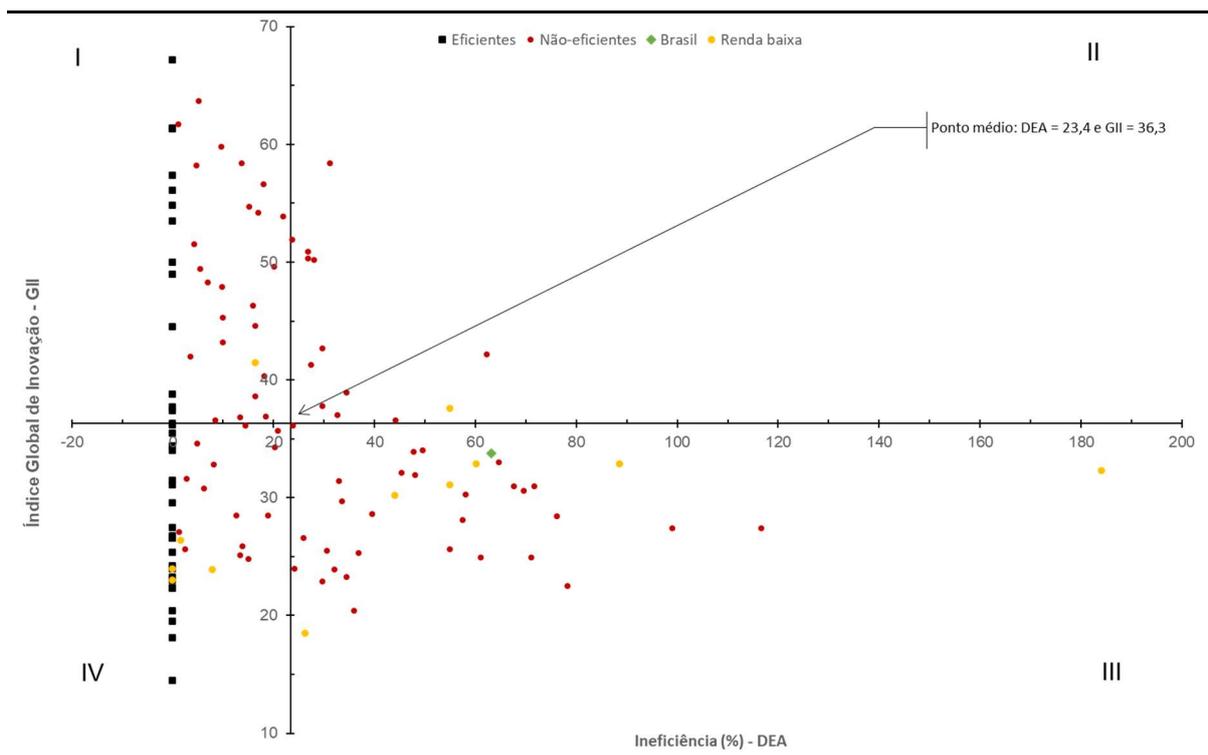


Figura 15. Resultado DEA em relação ao Score GI – Baixa renda

Fonte: Elaborado pelo autor

As **Figura 16** e **Figura 17**, também adotam a classificação do Fórum Econômico Mundial para os países de maior e menor população, respectivamente, assim é possível trazer uma luz sobre a sua influência na eficiência inovativa. Isto posto, ao olharmos para os países de maior população na **Figura 16** não encontramos nenhum agrupamento.

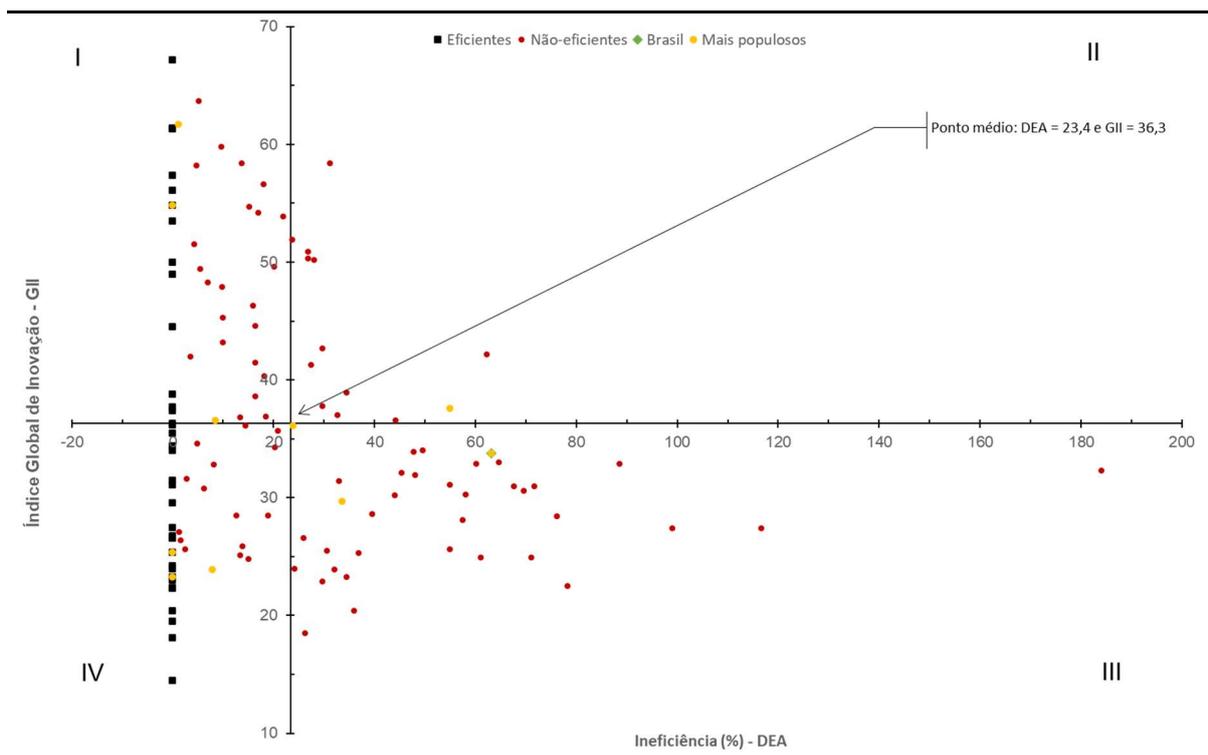


Figura 16. Resultado DEA em relação ao Score GII - Mais populosos

Fonte: Elaborado pelo autor

Na **Figura 17**, os países menos populosos estão destacados em amarelo, e é possível observar que todos os 10 países estão localizados nos quadrantes I e III, são os países que estão no quadrante I: Luxemburgo, Islândia, Estônia, Malta, Chipre e Montenegro, e no quadrante III: Brunei, Barein, Ilhas Maurício e Trindade e Tobago. Portanto, quando analisamos os países menos populosos, encontramos 2 diferentes tipos de agrupamento, os que estão acima e abaixo da média nos dois resultados.

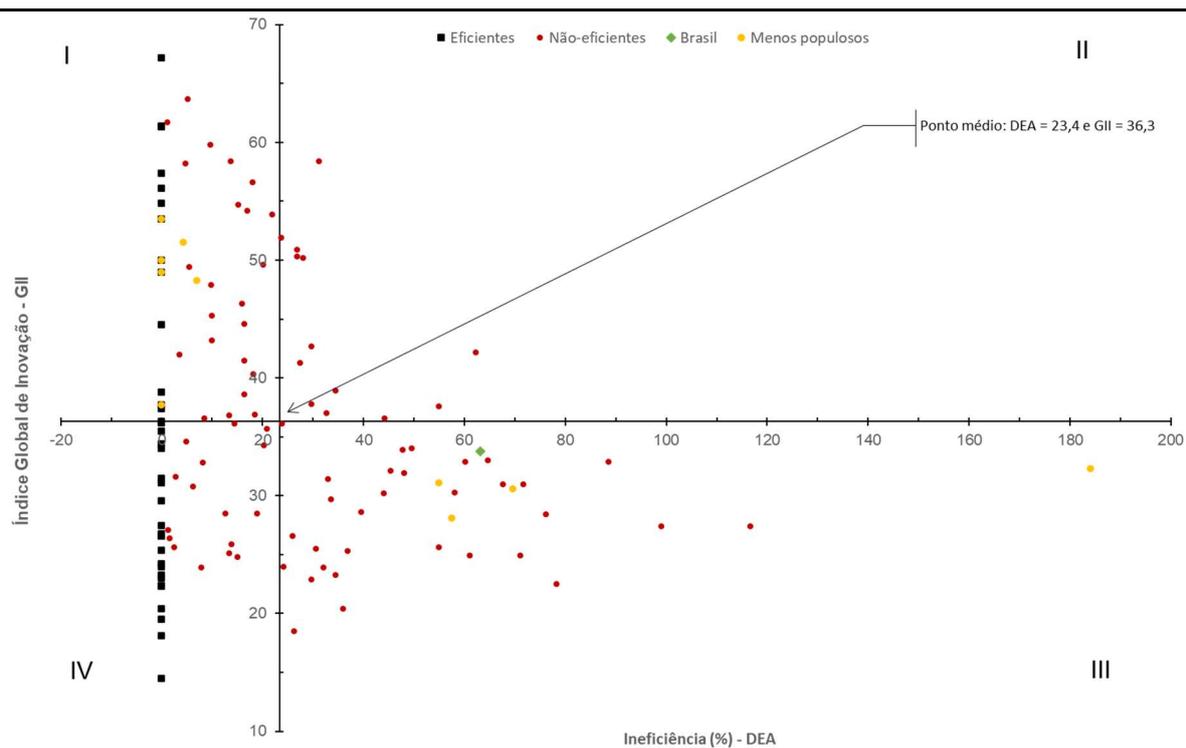


Figura 17. Resultado DEA em relação ao Score GII - Menos populosos

Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

O melhor entendimento sobre a eficiência inovativa de um Sistema Nacional de Inovação é uma peça-chave para compreender o desenvolvimento econômico como um todo. Sendo assim, a inovação é o objetivo não só dos tomadores de decisões governamentais, mas também dos diferentes atores que compõe o SNI.

Ao buscar as melhores práticas inovativas, essa prática se torna ainda mais desafiadora no cenário global, onde a existência de uma grande desigualdade entre os países, gera diferentes tempos de implantação de inovação tecnológica. Dessa forma, o Índice Global de Inovação encontra um grande desafio, entender quais países melhor respondem aos desafios de inovação em um panorama de diferentes níveis de desenvolvimento econômico.

A técnica de KPI aplicada pelo GII, não é o suficiente para superar esse desafio, visto que não é uma técnica apropriada para comparar países que possuem proporções (quantidades de insumo) tão distintas. Isto posto, a fim de auxiliar o índice, o presente estudo aplica uma técnica que considera um aspecto importante para o entendimento da eficiência inovativa desses países.

Dessa forma, o estudo aplica a técnica DEA que já apresenta resultados distintos do GII, onde é possível observar que existem mais países na curva de eficiência nos últimos 20 países do Ranking GII 2019, do que nos 20 primeiros, e ao observar todo os países, encontramos uma maior aproximação dos resultados das duas técnicas quando o valor do resultado do GII é maior. Sabendo que a técnica KPI é mais indicada a objetos de análise de proporção semelhantes, é possível observar que os inputs e outputs apresentados pelo GII são mais representativos para os países mais bem posicionados pelo Ranking GII 2019, já que apresentaram uma maior aderência a fronteira DEA.

No caso dos países mais mal posicionados no Ranking GII 2019, é possível observar uma alta concentração na curva de eficiência DEA, e uma maior dispersão dos demais países, o que aponta para uma maior distância do resultado das duas técnicas. Assim, é possível observar que os países próximos da curva de eficiência e de menor posição no Ranking GII 2019 não compartilham as mesmas proporções dos países mais bem posicionados.

No total foram encontrados 36 países na curva de eficiência e se destacam a Suíça, Holanda, Reino Unido e Israel por estarem presentes na curva de eficiência e entre os mais bem posicionados no Ranking GII 2019. Em contrapartida se destacam

os países mais mal posicionados no Ranking GII 2019 e presentes na curva de eficiência, Yemen, Niger, Guinéa, Zâmbia, Zimbábue e Madagascar.

Outro importante resultado que o estudo apresentou foram os agrupamentos encontrados ao analisar o resultado das duas técnicas, tendo como principal destaque o agrupamento dos países pertencentes a OCDE, onde, dos 38 países pertencentes a OCDE, somente 9 não se encontram no primeiro quadrante. Outro destaque, é o agrupamento dos países de baixa renda, que em sua maioria estiveram abaixo da média no resultado do GII. No caso do Brasil, ao olhar para o resultado das duas técnicas, é possível observar que o país se encontra no terceiro quadrante, ficando abaixo da média nos dois resultados.

Assim, o resultado do cálculo do DEA-VRS, com os mesmos dados de input e output, apresentados pelo GII 2019, demonstraram que existe diferença de eficiência inovativa olhando para a técnica KPI vigente. Isso explica que, mesmo que as DMUs sejam as mesmas, assim como os valores de input e output, ao aplicar uma técnica que considera diferentes retornos para diferentes proporções é possível atingir um resultado de benchmarking mais aderente a realidade de cada país, assim como é apontado por Zabala-iturriagagoitia et al. (2007) na literatura.

Dessa forma, a principal contribuição desse estudo reside na técnica empregada, onde evidencia-se a importância de uma escolha de técnica metodológica para análise de eficiência inovativa de países adequada às suas características e proporções. Além disso, o estudo também apresenta como fazer uso de dados das características dos países, o que nos ajudam a identificar um melhor entendimento das proporções e como as duas técnicas se comportam.

A principal limitação encontrada na elaboração do presente estudo foi a utilização das variáveis de input e output existentes no Índice Global de Inovação, ou seja, a construção dos indicadores levou em conta o emprego da técnica KPI, com o viés da proporção dos países mais bem posicionados. Além disso, mesmo com o exercício de agrupamento dos dois resultados, o presente estudo não conseguiu evidenciar os principais critérios dos países que pudessem explicar qual foi a proporção utilizada na técnica KPI para medida de eficiência.

Enfim, para trabalhos futuros recomenda-se a aplicação da técnica Malmquist DEA, com o intuito de trazer um olhar sobre as mudanças da fronteira tecnológica no passar dos anos, e a aplicação em outros índices e/ou relatórios além do GII. Também se recomenda um maior aprofundamento nos indicadores de input e output

apresentados a fim de entender os principais aspectos de benchmarking na composição dos pilares do GII e uma análise mais individual dos benchmarkings de cada país, assim como trazer a aplicação dessa mesma proposta para o estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, Esben Sloth. Approaching national systems of innovation from the production and linkage structure. *In: National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903.005>

ANDERSON, Henry; STEJSKAL, Jan. Diffusion efficiency of innovation among EU member states: A data envelopment analysis. *Economies*, [S. l.], v. 7, n. 2, 2019 a. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/economies7020034>

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. SOME MODELS FOR ESTIMATING TECHNICAL AND SCALE INEFFICIENCIES IN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. *Management Science*, [S. l.], 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>

BARRO, Robert J.; SALA-I-MARTIN, Xavier. Technological Diffusion, Convergence, and Growth. *Journal of Economic Growth*, [S. l.], 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1009746629269>

BLOOMBERG. **Bloomberg Innovation Index**. [S. l.: s. n.].

BOGETOFT, Peter; Copenhagen Business School CBS; YALE SCHOOL OF MANAGEMENT, Yale Univeristy. **Performance Benchmarking Measuring and Managing Performance**. New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31371-4>

CARAYANNIS, Elias G.; GOLETISIS, Yorgos; GRIGOROUDIS, Evangelos. Multi-level multi-stage efficiency measurement: the case of innovationsystems. *OPERATIONAL RESEARCH*, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 253–274, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12351-015-0176-y>

CARAYANNIS, Elias G.; GRIGOROUDIS, Evangelos; GOLETISIS, Yorgos. A multilevel and multistage efficiency evaluation of innovation systems:A multiobjective DEA approach. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, [S. l.], v. 62, p. 63–80, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.017>

CARLOS BAZAN *et al.* Effect of the University in the Entrepreneurial Intention of Female Students. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, [S. l.], 2007.

CASPER, Steven. **Creating Silicon Valley in Europe: Public Policy Towards New Technology Industries**. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199269525.001.0001>

CASTRO-MARTÍNEZ, Elena; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, Ignacio; MOLAS-GALLART, Jordi. Theory and practice in knowledge transfer: The emergence of “interface structures”. *In: The Genesis of Innovation: Systemic Linkages Between Knowledge and the Market*. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.4337/9781848442856.00016>

CHEN, Chien Ming. A network-DEA model with new efficiency measures to incorporate the dynamic effect in production networks. *European Journal of Operational Research*, [S. l.], 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.12.025>

COOK, Wade D.; TONE, Kaoru; ZHU, Joe. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *Omega (United Kingdom)*, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.004>

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. **Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software: Second edition**. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8>

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Handbook on Data Envelopment

Analysis. **Chapter 1: Data Envelopment Analysis**, [S. l.], 2011.

CORBIN, Juliet M.; STRAUSS, Anselm. Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. **Qualitative Sociology**, [S. l.], 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00988593>

DALUM, B. *et al.* Changing the regional system of innovation. **The Economic Challenge for Europe**, [S. l.], 1999.

DALUM, B.; PEDERSEN, C. Ø. R.; VILLUMSEN, G. Technological Life-cycles: Regional Clusters Facing Disruption. **DRUID Working Paper Series**, [S. l.], 2002.

DE FERRANTI, David *et al.* **Closing the Gap in Education and Technology**. [S. l.: s. n.]. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1596/0-8213-5172-9>

DECKERT, Carsten; SCHOMAKER, Rahel M. Cultural Impacts on National Innovativeness: Not Every Cultural Dimension Is Equal. **Cross-Cultural Research**, [S. l.], v. 53, n. 2, p. 186–214, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1069397118799700>

DOBRZANSKI, Pawel. Innovation expenditures efficiency in Central and Eastern European Countries. **ZBORNİK RADOVA EKONOMSKOG FAKULTETA U RIJECI- PROCEEDINGS OF RIJEKA FACULTY OF ECONOMICS**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 827–859, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18045/zbefri.2018.2.827>

DORFMAN, Joseph; SCHUMPETER, Joseph A.; SCHUMPETER, Elizabeth Boody. History of Economic Analysis. **Political Science Quarterly**, [S. l.], 1954. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2145638>

DOSI, G. *et al.* Technical change and economic theory. **Technical change and economic theory**, [S. l.], 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1059499>

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)

EDQUIST, Charles; HOMMEN, Leif. Systems of innovation: Theory and policy for the demand side. **Technology in Society**, [S. l.], 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(98)00037-2)

EDQUIST, Charles; JOHNSON, B. Institutions and organizations in systems of innovation. *In: Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*. [S. l.: s. n.]. *E-book*.

EMROUZNEJAD, Ali; DE WITTE, Kristof. COOPER-framework: A unified process for non-parametric projects. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.07.025>

EMROUZNEJAD, Ali; YANG, Guo liang. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, [S. l.], v. 61, p. 4–8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>

EUROPEAN COMMISSION. Better Regulations for Innovation-Driven Investment at EU Level. **Commission staff working document**, [S. l.], 2016.

FABER, Jan; HESEN, Anneloes Barbara. Innovation capabilities of European nations: Cross-national analyses of patents and sales of product innovations. **Research Policy**, [S. l.], 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(03\)00122-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(03)00122-7)

FAGERBERG, Jan; SRHOLEC, Martin. National innovation systems, capabilities and economic development. *In: Innovation, Economic Development and Policy: Selected Essays*. [S. l.: s. n.]. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.06.003>

FANG, Jian-Wen; CHIU, Yung-ho. Research on Innovation Efficiency and Technology Gap in China Economic Development. **ASIA-PACIFIC JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH**, [S. l.], v. 34, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S0217595917500051>

FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna. **Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA**. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1816-0>

FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna. Network DEA. **Socio-Economic Planning Sciences**, [S. l.], 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(99\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(99)00012-9)

FERRERA, José Manuel Cordero. **Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el Análisis Envoltente de Datos: Una aplicación a la Educación Secundaria en España**. 2006. [s. l.], 2006.

FILIPPETTI, Andrea; ARCHIBUGI, Daniele. Innovation in times of crisis: National systems of innovation, structure, and demand. **Research Policy**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 179–192, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.001>

FREEMAN, C. ECONOMICS OF INNOVATION. **IEE Proceedings A: Physical Science. Measurement and Instrumentation. Management and Education. Reviews**, [S. l.], 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/ip-a-1.1985.0044>

FREEMAN, Chris. The “national system of innovation” in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035309>

FRIED, Harold O.; KNOX LOVELL, C. A.; SCHMIDT SHELTON, S. Efficiency and Productivity. In: **The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change**. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0001>

FURMAN, Jeffrey L.; PORTER, Michael E.; STERN, Scott. The determinants of national innovative capacity. **Research Policy**, [S. l.], 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4)

GAO, Wenlian; CHOU, Julia. Innovation efficiency, global diversification, and firm value. **Journal of Corporate Finance**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.12.009>

GLASER, Barney G.; STRAUSS, Anselm L. **Grounded theory The discovery of grounded theory**. [S. l.: s. n.]. E-book.

GLOBAL INNOVATION INDEX GII. **The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation**. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019.pdf

GREGERSEN, Birgitte; JOHNSON, Björn. Learning economies, innovation systems and European integration. **Regional Studies**, [S. l.], v. 31, n. 5, p. 479–490, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00343409750132270>

GROENEWEGEN, John; VAN STEEN, Marianne Der. The evolution of national innovation systems. **Journal of Economic Issues**, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506905>

GUAN, Jiancheng; CHEN, Kaihua. Modeling the relative efficiency of national innovation systems. **RESEARCH POLICY**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 102–115, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.001>

GUERREIRO, Alexandra dos Santos. Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados. **Caderno de Administração**, [S. l.], 2006.

HOLLANDERS, H. J. G. M., & CELIKEL-ESSER, F. **Measuring innovation efficiency** European Commission. **2007 European Innovation Scoreboard Document**. [S. l.: s. n.].

HOWELLS, Jeremy. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. **Research Policy**, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>

HSU, Yi. Cross national comparison of innovation efficiency and policy application. **AFRICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 1378–1387, 2011.

IVONNE, América; TORRES, Zamora; TELLO, Antonio Favila. Medición de la eficiencia de la Innovación 2013-2016 mediante el Análisis Envolvente de Datos (AED) en red dinámica Measuring the efficiency of innovation 2013-2016 through Dynamic Network DEA. **Economía, Sociedad y Territorio**, [S. l.], v. xviii, p. 557–584, 2018. Disponible em: <https://doi.org/10.22136/est20181184>

JOHNES, Jill; JOHNES, Geraint. Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics: A frontier analysis. **Economics of Education Review**, [S. l.], 1995. Disponible em: [https://doi.org/10.1016/0272-7757\(95\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0272-7757(95)00008-8)

K., M. G.; SCHUMPETER, Joseph A. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. **Journal of the Royal Statistical Society**, [S. l.], 1941. Disponible em: <https://doi.org/10.2307/2980037>

KARADAYI, Melis Almula; EKINCI, Yeliz. Evaluating R&D performance of EU countries using categorical DEA. **Technology Analysis and Strategic Management**, [S. l.], 2019. Disponible em: <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1493191>

KELLER, Wolfgang. International technology diffusion. **Journal of Economic Literature**, [S. l.], 2004. Disponible em: <https://doi.org/10.1257/0022051042177685>

KLINE, S.; ROSENBERG, N. An Overview on Innovation. *In: The Positive Sum Strateg. [S. l.: s. n.]. E-book.*

KONTOLAIMOU, Alexandra; GIOTOPOULOS, Ioannis; TSAKANIKAS, Aggelos. A typology of European countries based on innovation efficiency and technology gaps: The role of early-stage entrepreneurship. **Economic Modelling**, [S. l.], 2016. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.09.028>

KORHONEN, Pekka; TAINIO, Risto; WALLENIUS, Jyrki. Value efficiency analysis of academic research. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2001. Disponible em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00050-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00050-3)

LEYDESDORFF, Loet *et al.* Synergy in the knowledge base of U.S. innovation systems at national, state, and regional levels: The contributions of high-tech manufacturing and knowledge-intensive services. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [S. l.], v. 00, n. 0, p. 1–16, 2019. Disponible em: <https://doi.org/10.1002/asi.24182>

LIU, John S. *et al.* A survey of DEA applications. **Omega (United Kingdom)**, [S. l.], 2013. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.11.004>

LIU, John S.; LU, Wen-Min; HO, Mei Hsiu-Ching. National characteristics: innovation systems from the process efficiency perspective. **R & D MANAGEMENT**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 317–338, 2015. Disponible em: <https://doi.org/10.1111/radm.12067>

LIVI, Christian; JEANNERAT, Hugues; CREVOISIER, Olivier. From regional innovation to multi-local valuation milieus: The case of the Western Switzerland photovoltaic industry. *In: The Social Dynamics of Innovation Networks. [S. l.: s. n.]. E-book.* Disponible em: <https://doi.org/10.4324/9780203701099-14>

LUNDEVALL, Bengt-Åke. **National systems of innovation towards a theory of innovation and interactive learning. Towards a theory of innovation and interactive learning**. [S. l.: s. n.]. *E-book.*

MATEI, Monica. INNOVATION EFFICIENCY ANALYSIS FOR ROMANIA. **ECONOMIC COMPUTATION AND ECONOMIC CYBERNETICS STUDIES AND RESEARCH**, [S. l.], v. 44, n. 3, p. 193–204, 2010.

MATEI, Monica Mihaela; SPIRCU, Liliana. RANKING REGIONAL INNOVATION SYSTEMS

ACCORDING TO THEIR TECHNICAL EFFICIENCY- A NONPARAMETRIC APPROACH. **ECONOMIC COMPUTATION AND ECONOMIC CYBERNETICS STUDIES AND RESEARCH**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 31–47, 2012.

MAVI, Reza Kiani; STANDING, Craig. ECO-INNOVATION ANALYSIS WITH DEA: AN APPLICATION TO OECD COUNTRIES. **ADIS-INTERNATIONAL JOURNAL ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 133–147, 2017.

MISRA, Kaustav *et al.* Cross-country technology gap in Latin America Growth accounting and non-parametric approaches. **Cross Cultural Management**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 630–648, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/CCM-04-2014-0043>

MITROPOULOS, Panagiotis; TALIAS, Michael A.; MITROPOULOS, Ioannis. Combining stochastic DEA with Bayesian analysis to obtain statistical properties of the efficiency scores: An application to Greek public hospitals. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.012>

MJØSET, Lars. Can Grounded Theory solve the problems of its Critics? **Sosiologisk Tidsskrift**, [S. l.], 2005.

MOLAS GALLART, J. El vínculo entre innovación militar y civil: hacia un nuevo marco de relación. **RBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura**, [S. l.], 2008.

MOSQUERA ABADIA, Henry Alberto; MILLAN SOLARTE, Julio Cesar. Competitividad en empresas innovadoras de software y tecnologías informáticas. **Cuadernos de Administración**, [S. l.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.25100/cdea.v29i49.62>

NASIEROWSKI, Wojciech. ASSESSING TECHNICAL EFFICIENCY OF INNOVATIONS IN CANADA: THE GLOBALSNAPSHOT. **INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION MANAGEMENT**, [S. l.], v. 23, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S1363919619500257>

NELSON, Richard R.; ROSENBERG, Nathan. **Technical Innovation and National Systems**. [S. l.: s. n.]. E-book.

OCDE. **Manual de Oslo 2005**. [S. l.: s. n.]. E-book.

OECD. Manual de Oslo: Diretrizes para a Coleta e Interpretação de dados sobre Inovação Tecnológica. **OCDE, Eurostat e Financiadora de Estudos e Projetos**, [S. l.], p. 184, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>

OZCAN, Yasar A. **Health Care Benchmarking and performance evaluation**. [S. l.: s. n.]. E-book.

PALACIOS-HUERTA, Ignacio; VOLIJ, Oscar. The measurement of intellectual influence. **Econometrica**, [S. l.], 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2004.00519.x>

PORTER, Michael. Competitive Advantage of Nations. **Competitive Intelligence Review**, [S. l.], 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cir.3880010112>

RESTREPO R, María; VILLEGAS R, Juan. Ranking Colombian research groups applying Data Envelopment Analysis. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, [S. l.], 2007.

RIVERA-BATIZ, Luis A.; ROMER, Paul M. Economic Integration and Endogenous Growth. **The Quarterly Journal of Economics**, [S. l.], 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2937946>

ROTHWELL, Roy. The characteristics of successful innovators and technically progressive firms (with some comments on innovation research). **R&D Management**, [S. l.], 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1977.tb01334.x>

SANTOS ARTEAGA, Francisco J.; TAVANA, Madjid; DI CAPRIO DEBORA AND TOLOO,

Mehdi. A dynamic multi-stage slacks-based measure data envelopment analysis model with knowledge accumulation and technological evolution. **EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH**, [S. l.], v. 278, n. 2, p. 448–462, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.09.008>

SCHULTZ, Theodore W.; ABRAMOVITZ, Moses. Resources and Output Trends in the United States since 1870. **Journal of the American Statistical Association**, [S. l.], 1957. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2280866>

SEIFORD, Lawrence M.; THRALL, Robert M. Recent developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, [S. l.], 1990. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90045-U](https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90045-U)

SHARIF, Naubahar. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. **Research Policy**, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.04.001>

SOLOW, Robert M. Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economics and Statistics**, [S. l.], 1957. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1926047>

SOUMITRA DUTTA, BRUNO LANVIN, and Sacha Wunsch-Vincent (org.). **The Global Innovation Index 2017 Innovation Feeding the World**. Tenth Edit ed. Genebra: Cornell University ISEAD World Intellectual Property Organization (WIPO), 2017. *E-book*. Disponível em: <http://globalinnovationindex.org/>

TAROZZI, Massimiliano. **O que é Grunded Theory? metodologia de pesquisa e de teoria fundamentada nos dados**. [S. l.: s. n.]. *E-book*.

TAYLOR, M. Scott; GROSSMAN, Gene M.; HELPMAN, Elhanan. Innovation and Growth in the Global Economy. **Economica**, [S. l.], 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2554862>

TONE, Kaoru. Slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)

TONE, Kaoru; TSUTSUI, Miki. Network DEA: A slacks-based measure approach. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>

TONE, Kaoru; TSUTSUI, Miki. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. **Omega**, [S. l.], 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.07.003>

TONE, Kaoru; TSUTSUI, Miki. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. **Omega (United Kingdom)**, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.04.002>

WEN, Meilin. **Uncertain Data Envelopment Analysis**. [S. l.]: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. *E-book*.

ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, Jon M. *et al.* Regional innovation systems: How to assess performance. **REGIONAL STUDIES**, [S. l.], v. 41, n. 5, p. 661–672, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00343400601120270>

ZAMORA TORRES, America Ivonne; FAVILA TELLO, Antonio. Measuring the efficiency of innovation 2013-2016 through Dynamic NetworkDEA. **ECONOMIA SOCIEDAD Y TERRITORIO**, [S. l.], v. 18, n. 57, p. 557–584, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22136/est20181184>