

Indicadores de inovação do Brasil e decisão de investimentos em políticas públicas

Aldemir Freire Moreira¹

Samuel Façanha Câmara²

Elda Fontinele Tahim³

Elias Pereira Lopes Júnior⁴

Eufrasina Campelo Borges Mendonça Barbosa⁵

RESUMO

A gestão do processo de inovação requer métricas confiáveis, as quais são construídas por meio de um conjunto de indicadores que estimam o nível de inovação de uma região ou setor. Com base na literatura científica que aborda esses tópicos, esta pesquisa pretende identificar quais indicadores do Brasil, no Global Innovation Index (GII) 2020, são prioritários na decisão de investimentos em políticas públicas. Foram desenvolvidos três modelos: i) no primeiro, utilizou-se a técnica de regressão linear múltipla, para relacionar os escores do GII com os 80 indicadores que o constituem de forma direta; ii) no segundo, utilizou-se análise fatorial, para primeiro associar os indicadores de formação do GII com fatores que fossem relacionados com eles de formas semelhantes e, então, estimar a relação entre eles e o GII; e iii) no terceiro, utilizou-se a técnica de regressão linear múltipla, contudo, substituindo-se a variável dependente (GII) pela média das colocações dos países nos índices Global Competitiveness Index e Global Talent Competitive Index, média que é denominada de Índice Mundial de Inovação. Considerando-se a função linear múltipla com a variável dependente IMI, apenas 11 variáveis causaram impacto no GII. Portanto, entre as 80 variáveis, apenas essas 11 teriam prioridade no recebimento de investimentos do setor público com o objetivo de melhorar a inovação brasileira no cenário mundial.

Termos para indexação: índice, GII 2020, política pública.

Innovation indicators in Brazil and investment decisions in public policies

ABSTRACT

Managing the innovation process requires reliable metrics, which are constructed through a set of indicators that estimate the level of innovation in a region or sector. Based on the scientific literature that addresses these topics, this research aims to identify which Brazilian indicators in the Global Innovation Index (GII) 2020 are priorities when deciding on investments in public policies. Three models were developed: i) in the first one, the multiple linear regression technique was used to

¹ Administrador, doutor em Administração, professor da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. E-mail: aldemir.moreira@uece.br

² Agrônomo, doutor em Economia, professor da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. E-mail: samuel.camara@uece.br

³ Engenheira de pesca, doutora em Ciências Econômicas, professora da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. E-mail: fontineletahim@gmail.com

⁴ Administrador, doutor em Administração, professor da Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, CE. E-mail: elias.junior@ufca.edu.br

⁵ Economista, mestra em Logística e Pesquisa Operacional, professora do Centro Universitário Christus, Fortaleza, CE. E-mail: frafrabasbosa@gmail.com

Ideias centrais

- A função linear múltipla com a variável dependente Índice Mundial de Inovação apresentou apenas 11 indicadores com possível impacto na inovação.
- Apenas 3 (três) indicadores do Brasil no Global Innovation Index 2020 foram considerados como potenciais influenciadores da inovação.
- A eficácia do governo pode ter impacto na inovação no Brasil.
- As matrículas no ensino superior são um componente crucial do sistema nacional de inovação brasileiro.
- A participação eletrônica promove a inovação no setor público, melhorando a gestão, os serviços, a participação civil e o desenvolvimento socioeconômico.

Recebido em
17/09/2023

Aprovado em
29/09/2024

Publicado em
18/12/2024



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

directly relate the GII scores to the 80 indicators that form it; ii) in the second one, factor analysis was used to first associate the GII formation indicators with factors that were related to them in a similar way and then estimate the relationship between them and the GII; and iii) in the third one, the multiple linear regression technique was used, however, by replacing the dependent variable (GII) by the average of the countries' placements in the Global Competitiveness Index and the Global Talent Competitive Index – that average is called the World Innovation Index. Considering the multiple linear function with the dependent variable IMI, only 11 variables had an impact on the GII. Therefore, among the 80 variables, only these 11 ones would have priority in receiving investments from the public sector with the aim of improving Brazilian innovation on the world stage.

Index terms: index, GII 2020, public policy.

INTRODUÇÃO

Há um esforço da literatura e de inúmeras organizações de caráter global de mensurar o quanto a economia de cada país é mais ou menos inovadora. Geralmente a mensuração se dá pela construção de indicadores que possam capturar, de forma comparativa, esses níveis, como é o exemplo do Global Innovation Index (GII), que se estabelece pela medição de uma série de indicadores de diferentes áreas e dimensões, que seus autores consideram relevantes para a mensuração do nível inovador da economia dos países e que vão sendo agregados até que o GII seja estimado.

Assim, inúmeros trabalhos (Rejeb et al., 2008; Wonglimpiyarat, 2010; Crespo & Crespo, 2016; Sohn et al., 2016; Dutta et al., 2020) foram feitos na intenção de entender melhor os diversos índices de inovação aplicados e classificar e ordenar as economias dos países. Alguns focam em propor esses indicadores, enquanto outros pretendem entender melhor suas estruturas e construir uma crítica sobre sua aplicabilidade, e outros tentam relacionar o uso dos indicadores com estratégias e políticas públicas. Contudo, esses estudos abordam pouco a aplicabilidade dos índices nos países de economia emergente como o Brasil, e poucos realizam estudos estatísticos para tanto, o que revela uma lacuna nessa literatura que este trabalho pretende suprir.

A forma como os indicadores do tipo GII são calculados pode apontar, de forma mais específica, para áreas e dimensões que devem receber estímulos e orientações para a construção de políticas públicas voltadas para fomentar a inovação nos países. Essa lógica considera que indicadores desfavoráveis em comparação com os de outros países destacam áreas essenciais que devem ser focadas para melhorar o GII e, conseqüentemente, a inovação na economia. Dessa forma, o GII e seus indicadores de áreas/dimensões se associam à ideia de que a inovação em níveis elevados pode alavancar o desenvolvimento dos países emergentes, como o Brasil.

Nessa direção, o governo brasileiro vem, de várias formas, apoiando e estimulando a inovação nas empresas por meio de políticas públicas voltadas para infraestruturas, empréstimos em condições mais favoráveis e renúncias fiscais. Todavia, nem sempre essas iniciativas são implementadas e/ou operacionalizadas de forma adequada, como pode-se perceber no caso do Brasil (Perez, 2013). Nesse contexto, índices como GII podem ajudar países como o Brasil a desenvolver e aplicar melhor suas políticas de estímulo à inovação, tendo como base o comparativo do que ocorre em nações mais bem-sucedidas nessa tarefa. Dessa forma, este estudo tem como questão de pesquisa: como o GII pode orientar as políticas públicas do Brasil para estimular a inovação? E, assim, tem como objetivo verificar quais indicadores do Brasil no GII 2020 deveriam ser prioritários na decisão de investimento em políticas públicas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Métricas de inovação

A inovação é essencial para impulsionar a competitividade econômica, o que demanda uma gestão contínua e a avaliação constante da capacidade inovadora das empresas. A literatura sobre inovação frequentemente discute estudos que abordam a medição ou avaliação de habilidades

inovadoras. No entanto, um desafio significativo é desenvolver modelos matemáticos que capturem o efeito limiar e a sinergia entre práticas de inovação, garantindo sua validade.

Em relação aos principais índices utilizados na aferição da inovação e do empreendedorismo, o Brasil se encontra em uma situação “descasada” com relação ao seu potencial. A Tabela 1 demonstra uma certa incongruência entre o nível de inovação e empreendedorismo do Brasil e as suas características potenciais de crescimento, já que o Brasil está entre as 5% maiores economias do mundo, possui um representativo estoque de recursos naturais e humanos, condições climáticas favoráveis e ausência de disputas beligerantes. Observe-se que o desempenho do Brasil na inovação é superado, na América Latina, por economias mais modestas, como são os casos do Chile, México e Costa Rica (Dutta et al., 2020).

Tabela 1. Posição do Brasil nos principais índices de inovação e empreendedorismo.

Índice	Escore	Posição	Número de países	Ano-base/ano de publicação	Construtor do índice
The Global Entrepreneurship Index (GEI)	20,30	98 ^a	137	2018/2019	The Global Entrepreneurship and Development Institute (Gedi)
World Competitiveness Yearbook (WCY)	51,00	59 ^a	63	2019/2020	International Institute for Management Development (IMD)
Global Competitiveness Index (GCI)	59,50	72 ^a	140	2018/2019	World Economic Forum (WEF)
Global Talent Competitive Index (GTCI)	38,14	80 ^a	132	2019/2020	Institut Européen d'Administration des Affaires (Insead)
Global Innovation Index (GII)	31,90	62 ^a	131	2019/2020	World Intellectual Property Organization (Wipo)

Fonte: elaborado com dados de Ács et al. (2019), Schwab (2019), Dutta et al. (2020), Lanvin & Monteiro (2020), WCY (2020).

Encontrar uma explicação para as diferenças de posicionamento do Brasil em relação aos diferentes índices não é uma tarefa simples, visto que o processo de inovação é influenciado por inúmeros fatores e condições, tanto internos quanto externos. Além disso, seu desenvolvimento é composto por vários estágios de maturação que exigem, em muitos casos, elevados investimentos. Mesmo que as empresas privadas comumente sejam os atores centrais no processo de inovação, o Estado também exerce um importante papel para a promoção da inovação na economia, por meio do fornecimento de subsídios, da disponibilização de infraestrutura física e legal, do suporte e disseminação de conhecimentos científicos básicos e da minimização das falhas de mercado (Greenhalgh & Rogers, 2010).

Medidas oficiais diretas que quantificam os resultados da inovação permanecem extremamente escassas. A maioria das medições também tem dificuldade para capturar adequadamente os resultados da inovação de um amplo espectro de atores da inovação. Isso inclui pesquisas que muito têm contribuído para a medição das atividades de inovação, mas que falham em fornecer um bom e confiável desempenho da produção de inovação em várias economias, e que muitas vezes não são aplicáveis às economias em desenvolvimento, nas quais a inovação é frequentemente informal (Dutta et al., 2020).

Os índices de inovação para recorte nacional têm uma série de limitações colocadas para o uso pelos formuladores de políticas. A primeira delas é que esses índices não conseguem capturar rapidamente as variações nos modelos de negócios no nível das empresas (Hollanders & Van Cruysen, 2008). A variação nos modelos de negócios empresariais abrange uma ampla gama de estratégias adotadas pelas organizações para prosperar no mercado, indo desde a venda de produtos tradicionais até modelos baseados em serviços, assinaturas e tecnologia. Essa diversidade influencia diretamente como as empresas operam, geram receita, interagem com os clientes e se diferenciam da concorrência. Por exemplo, enquanto um modelo de assinatura oferece receita recorrente, um centrado em produtos depende mais de vendas pontuais. No entanto, os índices de inovação muitas vezes não conseguem acompanhar rapidamente essas variações, concentrando-se em indicadores

convencionais como investimento em P&D e patentes, e, assim, não refletem totalmente a dinâmica do cenário empresarial em constante evolução.

Outra crítica diz respeito ao fato que a seleção de países com base em suas capacidades de inovação, conforme avaliadas em cada um dos índices, não consegue abranger adequadamente a complexidade das atividades inovadoras (Saisana, 2004; Nardo et al., 2005). Os índices de inovação, frequentemente baseados em indicadores quantitativos como investimento em P&D e número de patentes, muitas vezes falham em capturar a complexidade das atividades inovativas. Eles simplificam a diversidade de setores e tipos de inovação, sub-representando áreas como serviços e indústrias criativas. Além disso, não consideram adequadamente as relações complexas entre os atores do sistema de inovação, como empresas, universidades e governo, que são essenciais para impulsionar o progresso inovador. Essas limitações resultam em uma visão incompleta e potencialmente distorcida do panorama inovador de um país.

Outras críticas se referem ao fato de as métricas focarem mais nos inputs do que nos outputs; serem frequentemente atemporais, ou seja, não capturarem adequadamente a evolução ou mudança ao longo do tempo, em virtude da indisponibilidade de dados e da falta de maturidade dos dados; e de as métricas de inovação, ao se concentrarem em medidas específicas, não conseguirem capturar adequadamente a interação entre países. Isso ocorre porque alguns países são centros de inovação, enquanto outros contribuem menos para esse processo (Hao et al., 2017).

Em 2007 foi estabelecido o Global Innovation Index de 2020 (Dutta et al., 2020), tornando-se referência em inovação em escala mundial, com propostas de métricas capazes de capturar as múltiplas facetas da inovação. O índice conta com uma estrutura composta de 80 indicadores pesquisados em 131 países conforme publicação do ano de 2020 (Dutta et al., 2020). O detalhamento dos indicadores e seus escores é divulgado anualmente desde 2011, e a amostra dos países que integram o GII 2020 corresponde a 93,5% da população e 97,4% do PIB mundial em dólares internacionais correntes em paridade de poder de compra.

O GII tem como propósito encontrar métricas e métodos que melhor capturem a capacidade de a inovação gerar renda na sociedade, indo além das medidas tradicionais, tais como indicadores de artigos científicos e gastos com pesquisa e desenvolvimento (Dutta et al., 2020). O GII é um projeto em evolução que se baseia em suas edições anteriores, enquanto incorpora dados e pesquisas mais recentes sobre a medição da inovação (Dutta et al., 2020). No GII, os fatores de inovação estão sob avaliação contínua. Isso fornece uma ferramenta fundamental para os tomadores de decisão e um rico banco de dados de métricas detalhadas para refinar as políticas de inovação.

O GII também não pretende ser a classificação final e definitiva das economias no que diz respeito à inovação. Medir os resultados da inovação e seu impacto permanece difícil. Os elaboradores do índice dão grande ênfase à medição do clima e infraestrutura para a inovação, à avaliação dos resultados relacionados, à busca por melhor medição, à melhor compreensão da inovação e à identificação de políticas que promovam a inovação (Dutta et al., 2020). Os 80 indicadores que compõem o GII 2020 foram selecionados da seguinte forma: 29,9% dos dados obtidos são de 2019; 41,5% de 2018; 10,7% de 2017; 3,6% de 2016; 1,6% de 2015; e o restante, 3,1%, é dos anos anteriores (Dutta et al., 2020). No Índice Global de Inovação (GII) de 2020, a técnica de imputação de dados foi utilizada para preencher lacunas ou valores ausentes nos conjuntos de dados utilizados para calcular o índice. Essa técnica é essencial quando há dados faltantes em certos indicadores ou países, pois permite que o GII seja calculado de forma mais abrangente e precisa.

O GII dedica atenção especial à apresentação da posição dos diversos componentes para cada economia, seleciona pontos fortes e fracos, suas definições e respectivas fontes, notas técnicas detalhadas e ajustes na estrutura GII. Além disso, desde seu início, o GII passa por um processo de auditoria estatística independente realizada pelo European Union Joint Research Center, o que dá mais sustentação ao instrumento. Embora os autores do GII reconheçam a limitação da definição

para uso apenas na medição estatística no setor empresarial e se esquecem das inovações no setor público e no setor das famílias, a definição de inovação utilizada para a elaboração do índice é aquela originalmente elaborada com base no Manual de Oslo de 2005, em que é introduzida uma série de definições associadas à inovação nas atividades empresariais e em diferentes tipos de empresas (Gault, 2018).

Para que se possam analisar os dados produzidos pelo GII 2020, faz-se necessário conhecer inicialmente a estrutura e o significado de cada um dos indicadores utilizados. A estrutura do GII 2020 é alicerçada em dois subíndices: Subíndice de Insumos de Inovação (Innovation Input) e Subíndice de Resultado da Inovação (Innovation Output). Os cinco pilares capacitores que compõem o primeiro subíndice definem aspectos do ambiente propício à inovação dentro de uma economia: 1) instituições; 2) capital humano e pesquisa; 3) infraestrutura; 4) sofisticação de mercado; e 5) sofisticação empresarial. Os pilares relacionados à produção são: 6) produtos de conhecimento e tecnologia; e 7) resultados criativos.

O pilar “instituições” tenta capturar a estrutura institucional de uma economia, mensurando a capacidade que a estrutura institucional tem de atrair negócios e promover o crescimento, fornecendo boa governança, corretos níveis de proteção e incentivos essenciais para a inovação. Assim, tenta mensurar os ambientes político, regulatório e de negócios. O segundo pilar, “capital humano e pesquisa”, tenta aferir o nível e padrão de educação em atividades de pesquisa em uma economia, já que são os principais determinantes da capacidade de inovação de uma nação. O terceiro pilar, “infraestrutura”, visa verificar, de forma mais ampla, a qualidade e o acesso à comunicação, transportes (inclusive quanto ao item “ecologicamente correto”) e infraestrutura de energia elétrica, fatores que facilitam a troca de ideias na produção de bens e serviços e alimentam o sistema de inovação por meio de maior produtividade e eficiência, com menores custos de transação e melhor acesso aos mercados com crescimento sustentável.

O pilar “sofisticação do mercado” avalia a disponibilidade de crédito e o ambiente que apoie o investimento, o acesso ao mercado internacional, a competição e a escala do mercado, fundamentais para que a inovação ocorra. O último pilar dentro do “subíndice de insumos para a inovação” é a “sofisticação de negócios”. Esse pilar tenta avaliar o quão propícias as empresas estão para a atividade inovativa. Como se verificou no segundo pilar, a acumulação de capital humano em todos os níveis por meio da educação e a priorização das atividades em P&D são condições indispensáveis para que a inovação se desenvolva. Essa lógica é levada um passo adiante aqui com a afirmação de que as empresas estimulam sua produtividade, competitividade e potencial de inovação com a contratação de profissionais altamente qualificados tecnicamente.

O segundo componente do GII 2020 é o “subíndice de produção de inovação”, o qual corresponde ao resultado das atividades inovadoras dentro de uma economia. É composto de dois pilares. O primeiro se refere aos “produtos de conhecimento e tecnologia” e cobre todas as variáveis que são tradicionalmente consideradas frutos de invenções e/ou inovações. O outro pilar se refere aos “resultados da criatividade”. Como se sabe, o papel da criatividade para a inovação ainda é amplamente subestimado nos debates sobre políticas de inovação e sua medição (Dutta et al., 2020). Desde o seu início, o GII sempre enfatizou a medição da criatividade como parte de seu subíndice de produção de inovação.

Crespo & Crespo (2016) consideraram que o GII, assim como outros indicadores, pode ser importante aliado aos formadores de políticas públicas, notadamente no campo do estímulo à inovação. Perceber o quão inovadores os países estão quando comparados entre si pode desencadear a formação de políticas públicas, principalmente quando a posição do país entre os demais não se coaduna com a imagem que seus cidadãos e políticos entendem como correta. Essa constatação do ranking como catalisador pode levar a uma segunda relevância desses índices na formação das políticas públicas de estímulo à inovação nos países, principalmente pelas suas estruturas de indicadores formadores que representam áreas que podem receber mais ou menos atenção (Walker, 2002; Boudreaux, 2017; Muluk & Pratama, 2021).

Para atender às preocupações levantadas quanto à amplitude da questão de pesquisa em relação à utilidade prática dos indicadores do Global Innovation Index (GII) na formulação de políticas públicas, devemos considerar que a eficácia desses indicadores transcende a sua qualidade e consistência. É crucial que os formuladores de políticas não apenas tenham acesso a esses indicadores, mas também sejam capazes de compreendê-los e integrá-los efetivamente aos seus processos decisórios.

A verdadeira aplicabilidade dos indicadores na orientação de políticas públicas envolve uma série de etapas que começam com a sua acessibilidade e a capacitação dos decisores para interpretar e aplicar esses dados de forma eficaz. Para isso, recomenda-se a organização de workshops e seminários que sejam dedicados à educação dos *policy makers* sobre como utilizar os dados do GII. Essas sessões podem ajudar a esclarecer como os indicadores podem ser empregados para desenvolver ou ajustar políticas públicas de forma mais eficaz.

Além disso, é importante desenvolver relatórios analíticos personalizados que resumam as implicações dos indicadores do GII para contextos nacionais ou regionais específicos. Esses relatórios devem destacar áreas prioritárias para ação política, baseando-se nas necessidades e especificidades locais, e podem servir como uma ferramenta valiosa para os decisores ao formularem políticas. A implementação de sistemas de monitoramento que permitam aos formuladores de políticas acompanhar os indicadores de inovação continuamente também é crucial. Esses sistemas devem ser capazes de avaliar o impacto das políticas implementadas, promovendo uma cultura de avaliação contínua e o ajuste das políticas conforme necessário para garantir sua eficácia.

Por fim, a promoção de parcerias público-privadas pode ser fundamental para adaptar os indicadores às necessidades locais. Essas parcerias podem facilitar a coleta de dados mais relevantes e permitir pesquisas direcionadas para enfrentar desafios específicos da inovação no País. Implementando-se essas estratégias, os indicadores do GII podem tornar-se ferramentas práticas e dinâmicas para os formuladores de políticas, não apenas melhorando a compreensão do panorama de inovação, mas também contribuindo significativamente para o desenvolvimento de políticas públicas robustas e efetivas.

Uso de indicadores de inovação na formulação de políticas públicas

Os indicadores de inovação desempenham um papel crucial na formulação e avaliação de políticas públicas destinadas a promover o desenvolvimento econômico e social baseado no conhecimento e na criatividade (OECD, 2019). Esses indicadores oferecem insights valiosos sobre o desempenho e as tendências do sistema de inovação de um país, permitindo aos formuladores de políticas identificar áreas de força e fraqueza, bem como oportunidades de intervenção (Mairesse & Mohnen, 2010).

A utilização eficaz de indicadores de inovação na formulação de políticas públicas requer uma abordagem abrangente e integrada, que leve em consideração tanto os aspectos quantitativos quanto os qualitativos do processo inovativo. Isso implica a seleção cuidadosa de indicadores que capturem não apenas os resultados tangíveis da inovação, como investimentos em P&D e patentes registradas, mas também os determinantes e as condições que influenciam a capacidade inovativa de uma economia (Lundvall, 1992).

Além disso, é fundamental que os indicadores de inovação sejam utilizados de forma dinâmica e adaptativa, acompanhando as mudanças rápidas e imprevisíveis no ambiente tecnológico e econômico. Isso requer o desenvolvimento de sistemas de monitoramento contínuo e a análise regular dos indicadores para informar ajustes e aprimoramentos nas políticas existentes. Ao integrarem os indicadores de inovação na formulação de políticas públicas, os governos podem promover um ambiente propício à inovação, incentivando o investimento em P&D, o empreendedorismo e a colaboração entre empresas, instituições de pesquisa e setor público

(Edquist, 2011). Isso, por sua vez, pode contribuir para o crescimento econômico sustentável, a criação de empregos de alta qualidade e o aumento da competitividade global.

Os indicadores de inovação desempenham um papel significativo na formulação de políticas públicas e no desenvolvimento econômico de países periféricos, fornecendo insights valiosos sobre as capacidades inovativas e os desafios enfrentados por essas economias (UNCTAD, 2020). Em contextos periféricos, em que os recursos podem ser escassos e a concorrência global é intensa, a inovação é frequentemente reconhecida como um elemento essencial para promover a competitividade e a sustentabilidade econômica (Fagerberg et al., 2020).

A utilização eficaz de indicadores de inovação na formulação de políticas públicas em países periféricos requer uma abordagem adaptada às suas realidades específicas, levando em consideração as limitações estruturais, institucionais e financeiras que podem influenciar o processo inovativo (Lall, 2001). Isso implica a seleção cuidadosa de indicadores que capturem não apenas os investimentos em P&D e as patentes registradas, mas também as capacidades tecnológicas, a colaboração entre empresas e instituições de pesquisa, e o contexto institucional e regulatório (Rodrik, 2018).

Ao integrarem os indicadores de inovação na formulação de políticas públicas e no desenvolvimento econômico de países periféricos, os governos podem promover uma transformação estrutural e produtiva, impulsionando a diversificação da economia, a geração de empregos de alta qualidade e a redução das desigualdades sociais e regionais (Rodrik, 2008).

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos do trabalho, utilizou-se a técnica de análise de regressão por mínimos quadrados ordinário, e estimaram-se 3 modelos (equações 1, 2 e 3). Vale ressaltar que o objetivo aqui não é estimar a estrutura de formação do GII, uma vez que ela já é conhecida pela fórmula do indicador, mas entender, diante de todo o conjunto dos dados, aqueles indicadores que foram mais relevantes na formação do GII pela variabilidade entre os países.

Os modelos foram assim estimados: i) no modelo 1, procurou-se relacionar os escores do GII com os indicadores que o formam de forma direta (equação 1); ii) no modelo 2, procurou-se primeiro associar os indicadores de formação do GII com fatores que os relacionassem de formas semelhantes e, então, estimar a relação entre o GII e esses fatores (equação 2); iii) no modelo 3 (equação 3), foi feita associação dos índices GTCI e GCI, a qual denominou-se, neste trabalho, de Índice Mundial de Inovação (IMI), pela média das posições dos países, e não pelo valor dos seus escores.

Modelo 1: $GII2020_i = f(I_{ip})$ Equação 1

Modelo 2: $GII2020_i = f(F_{il})$, em que $F_{il} = \sum_{ip} I$ Equação 2

Modelo 3: $IMI_i = f(I_{ip})$ Equação 3

Em que

$GII2020_i$ = scores do Global Innovation Index do i-ésimo país

$PGII2020_i$ = posição no Global Innovation Index do i-ésimo país

$$IMI_i = \frac{GTCI_i + GCI_i}{2}$$

I_{ip} = indicador de formação do GII do i-ésimo país na p-ésima área

F_{il} = fator dos indicadores que formam o GII do i-ésimo país e da l-ésima área fatorial

No primeiro modelo, foi utilizada a técnica regressão linear múltipla, tendo-se tomado os indicadores do GII 2020 como variáveis dependentes e o escore do GII 2020 como variável dependente. A regressão linear múltipla é uma técnica estatística usada para entender a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes e, no caso desta pesquisa, pretende-se identificar quais dimensões do GII têm maior impacto na competitividade do Brasil. Para reduzir o número de variáveis independentes usadas no modelo 1, foi realizada uma análise fatorial dos indicadores e uma posterior regressão linear múltipla tendo os fatores como variáveis independentes – modelo 2. A análise fatorial é um nome genérico dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados cujo propósito principal é definir a estrutura subjacente em uma matriz de dados. Em termos gerais, a análise fatorial aborda o problema de analisar a estrutura das inter-relações (correlações) entre um grande número de variáveis, definindo um conjunto de dimensões latentes comuns, chamados fatores. Há diferentes métodos de extração de fatores da matriz de correlações. O processo utilizado no trabalho é o dos componentes principais. O objetivo da extração de fatores é encontrar um conjunto de fatores que formem uma combinação linear das variáveis originais ou da matriz de correlações.

As regressões realizadas podem apresentar uma limitação já que possibilitam a ocorrência de relações espúrias originadas da utilização do escore do GII 2020 como variável dependente e dos indicadores como variáveis independentes já que o primeiro foi construído com base nos dados dos segundos. Dessa forma, no modelo 3, intenta-se substituir a variável dependente pela média das colocações dos países nos índices Global Competitiveness Index (GCI) e Global Talent Competitive Index (GTCI), média que é denominada de Índice Mundial de Inovação (IMI). Assim, é realizada uma terceira regressão linear múltipla dos 80 indicadores do GII 2020 como variáveis independentes. A regressão é realizada na amostra de 120 países comuns nas amostras do GII 2020, GTCI 2020 e GCI 2020.

O uso dos 3 modelos se sustenta na tentativa de testar diferentes formas de atingir o objetivo do trabalho, por meio da recorrência de resultados relevantes entre os modelos usados, garantindo, de certa forma, que os indicadores possam ter maior influência nos resultados dos países como um todo e possam servir de espelho de orientação para as políticas públicas brasileiras. Assim, no caso das regressões estimadas, para os coeficientes encontrados nos modelos que apresentarem nível de significância pelo teste de *t* (*p-value*) em pelo menos 10%, cujo valor seja positivo, a hipótese nula será rejeitada e, portanto, possuem relevância estatística.

Dadas as elaborações dos modelos por meio de tratamento estatístico, este trabalho é classificado como quantitativo e exploratório (Creswell, 2010), com a utilização de dados secundários. De acordo com Creswell (2010), a pesquisa quantitativa é um método de investigação que se baseia na coleta e análise de dados numéricos para descrever fenômenos, identificar padrões, testar hipóteses e estabelecer relações entre variáveis. Esse tipo de pesquisa envolve a aplicação de técnicas estatísticas para interpretar os dados coletados de forma objetiva e sistemática. Por outro lado, a pesquisa exploratória é um tipo de investigação que busca compreender um fenômeno pouco conhecido ou estudado, explorando suas características, dimensões e possíveis relações entre variáveis.

RESULTADOS

Regressão linear múltipla com os indicadores do GII 2020

A primeira regressão linear múltipla realizada, sendo o escore do GII 2020 a variável dependente e os indicadores do GII 2020 as variáveis independentes, teve a intenção de refutar a presença de determinados indicadores na sua composição. A regressão aproveitou 29 variáveis independentes como explicativas da variável dependente “escore do GII 2020”, as quais apresentam correlação significativa (Tabela 2). Essas variáveis estão ranqueadas em ordem decrescente de impacto sobre a variável dependente com base no valor da estatística “beta”. Conforme a estatística do coeficiente de determinação (R²) ajustado, a regressão consegue explicar 99,4% da variável dependente (escore do GII 2020).

Tabela 2. Regressão linear múltipla – variável dependente: escore do GII 2020 (modelo 1).

Variáveis e constante	Coefficientes	Erro	Beta	t	Sig.	Tolerância	VIF
(Constante)	9,737	0,682		14,287	0,000		
1.1.2 Eficácia do governo	0,084	0,012	0,136	7,106	0,000	0,130	7,671
7.1.2 Valor de marcas globais	0,065	0,009	0,109	6,903	0,000	0,194	5,157
5.2.4 JV ou aliança estrat./bi PIB (PPC US\$)	0,046	0,006	0,084	7,529	0,000	0,384	2,604
6.1.1 Patentes por origem/bi PIB (PPC US\$)	0,036	0,008	0,075	4,635	0,000	0,182	5,483
6.1.4 Artigos técnicos e científicos/bi PIB	0,036	0,007	0,075	5,483	0,000	0,256	3,911
6.3.1 Val. receb. uso de PI, % do com. total	0,034	0,007	0,070	4,584	0,000	0,209	4,792
6.3.3 Exp. de serv. de TICs, % do com. total	0,039	0,005	0,067	7,844	0,000	0,653	1,531
5.2.3 GERD financiados por empresas, % PIB	0,027	0,006	0,066	4,558	0,000	0,231	4,321
6.3.2 Exp. liq. de alta tec., % do com. total	0,030	0,007	0,066	4,222	0,000	0,199	5,028
3.1.4 Participação eletrônica	0,033	0,006	0,064	5,584	0,000	0,364	2,746
7.2.5 Exp. de prod. criativos, % do com. total	0,028	0,006	0,059	4,599	0,000	0,291	3,437
7.1.3 Desenhos industriais por origem/bi PIB	0,031	0,007	0,058	4,657	0,000	0,308	3,252
7.2.3 Merc. entretenimento e mídia/mi hab.	0,029	0,009	0,056	3,356	0,001	0,176	5,697
3.2.1 Produção de energia, GWh/mi hab.	0,035	0,007	0,052	4,917	0,000	0,426	2,346
4.1.1 Facilidade de obtenção de crédito	0,031	0,005	0,051	6,305	0,000	0,742	1,348
7.3.1 Dom. gen. de alto nível (TID)/mi hab.	0,024	0,007	0,046	3,413	0,001	0,266	3,754
6.2.2 Novas empresas/mil hab. 15-64	0,031	0,008	0,045	4,005	0,000	0,380	2,629
2.1.4 Escala Pisa em leitura, mat. e ciência	0,017	0,008	0,040	2,215	0,029	0,149	6,727
6.2.5 Produtos de alta e alta-média tecnologia	0,021	0,008	0,040	2,765	0,007	0,234	4,270
7.1.1 Marcas registradas por origem/bi PIB	0,025	0,007	0,038	3,734	0,000	0,466	2,148
7.3.3 Edições na Wikipédia/mi hab. 15-69	0,016	0,008	0,037	2,035	0,045	0,142	7,060
2.2.1 Matrículas no ensino superior, % bruto	0,021	0,007	0,037	2,840	0,005	0,282	3,545
6.2.4 Cert. qualidade ISO 9001/bi PIB	0,019	0,007	0,034	2,770	0,007	0,329	3,043
7.3.2 TLD de código de país/mil hab. 15-69	0,016	0,006	0,032	2,592	0,011	0,309	3,235
4.3.2 Intensidade da concorrência local	0,025	0,008	0,028	3,154	0,002	0,602	1,662
6.1.3 Modelos de utilidade por origem/bi PIB	0,016	0,006	0,027	2,544	0,012	0,422	2,369
5.2.3 GERD financiados do exterior, % PIB	0,017	0,007	0,026	2,251	0,027	0,347	2,881
7.2.4 Prod. de imp. e mídias, % prod. ind.	0,018	0,006	0,026	2,851	0,005	0,570	1,755
1.2.3 Custos demis. redundante, sem. salário	0,009	0,005	0,017	2,046	0,043	0,731	1,367

A coluna “coeficientes” representa as estimativas dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente na regressão, que indicam a magnitude e a direção do relacionamento entre as variáveis. A coluna “erro” é a diferença entre o valor observado e o valor previsto da variável dependente. Ela mostra o quão bem o modelo de regressão ajustado se ajusta aos dados observados. O “beta” é o coeficiente de regressão padronizado, que indica o tamanho do efeito de uma variável independente sobre a variável dependente em unidades de desvio-padrão. Ele permite comparar as forças dos efeitos das diferentes variáveis independentes no modelo. A coluna “t” representa o valor de teste estatístico associado a cada coeficiente de regressão. Ele indica se o coeficiente é estatisticamente significativo, ou seja, se ele é diferente de zero. Quanto maior o valor absoluto de t, mais provável é que o coeficiente seja significativo.

A coluna “sig.” é o valor de significância associado ao teste t. Ele indica a probabilidade de observar o resultado do teste t se o coeficiente fosse realmente zero. Um valor de significância menor que um nível de corte (geralmente 0,05) sugere que o coeficiente é estatisticamente significativo. A “tolerância” é uma medida da multicolinearidade entre as variáveis independentes no modelo de regressão. Ela varia de 0 a 1 e indica a proporção da variância de uma variável independente que não é explicada pelas outras variáveis independentes no modelo. Baixas tolerâncias indicam alta multicolinearidade. O VIF (*variance inflation factor*) é o fator de inflação da variância, que é o inverso da tolerância. Ele fornece uma medida quantitativa da multicolinearidade entre as variáveis independentes. Valores de VIF maiores que 10 são frequentemente considerados indicativos de multicolinearidade problemática.

As variáveis que mais impactaram o GII 2020 foram: eficácia do governo; valor de marcas globais; JV ou aliança estrat./bi PIB (PPC US\$); patentes por origem/bi PIB (PPC US\$); e artigos técnicos e científicos/bi PIB. A eficácia do governo é crucial para promover um ambiente propício à inovação. Governos eficientes são capazes de implementar políticas e regulamentações que incentivam a inovação, investindo em infraestrutura, educação e pesquisa. Um estudo realizado por Dutta et al. (2017) para o GII destaca que a eficácia do governo é uma das variáveis chave que afetam o ambiente de inovação de um país. Governos eficazes são capazes de criar um ambiente estável e previsível para as empresas, o que é fundamental para o desenvolvimento de novas ideias e tecnologias.

O valor das marcas globais reflete a capacidade das empresas de inovar e criar produtos ou serviços que são reconhecidos e valorizados em todo o mundo. Empresas com marcas fortes têm mais recursos para investir em pesquisa e desenvolvimento, bem como para atrair talentos e parcerias estratégicas (Keller, 2016). As *joint ventures* e alianças estratégicas permitem que empresas combinem recursos, conhecimentos e experiências para desenvolver inovações de forma mais eficiente e rápida. Ao colaborar com outras empresas, as organizações podem reduzir os custos e riscos associados à inovação, enquanto aproveitam as competências complementares de seus parceiros. Um estudo conduzido por Laursen & Salter (2014) destacou que as alianças estratégicas têm um impacto significativo no desempenho inovador das empresas, especialmente quando se trata de acesso a novas tecnologias e mercados.

As patentes são uma medida importante do potencial inovador de um país, uma vez que refletem o número e a qualidade das novas invenções desenvolvidas. Países com um grande número de patentes registradas tendem a ser mais inovadores, pois estão gerando novas ideias e tecnologias que são consideradas dignas de proteção legal (Popp, 2010). As patentes são um indicador importante do crescimento econômico e da inovação, pois incentivam o investimento em pesquisa e desenvolvimento e promovem a difusão do conhecimento (Kogan et al., 2017).

A produção de artigos científicos reflete o nível de atividade de pesquisa e desenvolvimento em um país, bem como a qualidade e o impacto das descobertas científicas. Países com uma grande produção de artigos científicos tendem a ter uma base de conhecimento mais sólida e uma maior capacidade de inovar, uma vez que estão gerando novas ideias e insights que podem ser aplicados em diversas áreas. Um estudo publicado por Wagner & Leydesdorff (2005) destacou a importância dos artigos científicos como um indicador chave da capacidade inovadora de um país, especialmente quando se trata de colaborações internacionais e transferência de conhecimento.

Regressão linear múltipla com fatores da análise fatorial

No teste de regressão linear múltipla, restaram 29 variáveis independentes como explicativas da variável dependente “score do GII 2020”. Na tentativa de reduzir a quantidade de variáveis, foi conduzida uma análise fatorial com os 80 indicadores originais. Posteriormente, um novo teste de regressão linear múltipla foi realizado, tendo-se utilizado os fatores resultantes da análise fatorial como variáveis independentes. Isso permitiu simplificar o modelo original e capturar a essência dos indicadores de forma mais concisa.

Na primeira rodada do teste de análise fatorial, formaram-se 16 fatores, os quais apresentaram um poder de explicação da variável dependente de 80,89%. No entanto, 9 componentes (indicadores) se apresentaram inadequados e, portanto, foram retirados. A retirada se deu com base na análise da matriz de anti-imagem, na qual essas variáveis se apresentam com valores abaixo de 0,5, indicando reduzido relacionamento com o fator correspondente, por terem apresentado ou razoável ou pouco poder de explicação do fator correspondente, isto é, valores abaixo de 0,7 na estatística “comunalidades”.

A segunda rodada produziu 13 fatores, com um poder de explicação de 81,17%. Embora maior que a anterior e com menor número de fatores, persistiram componentes que deveriam ser retirados por apresentarem estatísticas inadequadas à análise fatorial. Dessa forma, foi realizada

a terceira simulação com a retirada de 8 componentes, obtendo-se agora um poder de explicação maior, 81,52%, além de o número de fatores ter sido reduzido a 11. No entanto, 2 componentes ainda se mostraram inadequados, o que possibilitou a realização da quarta simulação, que resultou no aumento do poder de explicação da variável dependente para 82,28% com a composição de 11 fatores.

De posse dessa composição, foi realizada uma regressão linear múltipla em que os 11 fatores passam a ser as variáveis independentes, e o escore GII 2020, a variável dependente. O modelo de regressão linear múltipla obtido apresenta o coeficiente de correlação de 0,992 e um coeficiente de determinação de 0,982, portanto, o poder explicativo da regressão é de 98,20%. Contudo, ao analisar-se a significância das correlações parciais, observou-se que todas têm $\text{sig} < 0,05$, com exceção de três fatores, que apresentaram coeficientes fora do nível de significância determinado de 5% e foram retirados do modelo. A nova regressão feita, agora com 8 fatores, gerou um coeficiente de correlação menor (passou de 0,992 para 0,975); o coeficiente de determinação caiu de 0,982 para 0,947; e as variáveis independentes, que foram os construtos (fatores) formados na análise fatorial, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da análise fatorial dos indicadores do GII 2020.

Fatores	Componentes (indicadores)	
GE – governança e empresa	1.1.1	Estabilidade política e operacional
	1.1.2	Eficácia do governo
	1.2.1	Qualidade regulatória
	1.2.2	Estado de direito
	4.1.2	Crédito interno para o setor privado, % PIB
	4.2.3	Operações de capital de risco/bi PIB (PPC US\$)
	5.2.4	JV ou aliança estrat./bi PIB (PPC US\$)
	6.2.2	Novas empresas/mil hab. 15-64
	7.3.1	Domínios gen. de alto nível (TID)/mi hab. 15-69
ISO	3.3.3	Cert. ISO 14001/bi PIB (PPC US\$)
	6.2.4	Certificado de Qualidade ISO 9001/bi PIB (PPC US\$)
P&D	2.3.1	Pesquisadores, ETI/mi hab.
	2.3.2	Gastos brutos em P&D, % PIB
	2.3.3	Empresas globais de P&D, 3 maiores (mi US\$)
	2.3.4	Rank. Univ. da QS, pont. média das 3 melhores
	3.2.2	Desempenho logístico
	5.1.3	GERD realizados por empresas, % PIB
	5.2.3	GERD financiados por empresas, % PIB
	5.2.3	GERD financiados pelo exterior, % PIB
	5.2.5	Fam. patentes em 2+ órgãos/bi PIB
	5.3.5	Talentos na área de pesquisa, % em empresas
	6.1.1	Patentes por origem/bi PIB (PPC US\$)
	6.1.2	Pedidos de patentes via PCT por origem/bi PIB
	6.1.4	Artigos técnicos e científicos/bi PIB (PPC US\$)
	6.1.5	Índice H de documentos citáveis
	6.2.3	Gastos com software, % do PIB
	6.3.1	Val. recebidos por uso de PI, % do comércio total
	7.1.2	Valor de marcas globais, 5.000 mais valiosas, %
	7.2.3	Merc. entretenimento e mídia/mi hab. 15-69

Continua...

Tabela 3. Continuação.

E – educação	2.1.3	Expectativa de vida escolar, anos
	2.1.4	Escala Pisa em leitura, matemática e ciência
	2.2.1	Matrículas no ensino superior, % bruto
	3.1.1	Acesso a TICs
	3.1.2	Uso de TICs
	3.1.3	Serviços governamentais online
	3.1.4	Participação eletrônica
	5.1.1	Empregos intensivos em conhecimento, %
	5.1.5	Mulheres com pós-graduação empregadas
M – mercado	7.3.3	Edições na Wikipédia/mi hab. 15-69
	4.2.2	Capitalização de mercado, % PIB
	4.3.3	Escala doméstica de mercado
	5.3.2	Intensidade da concorrência local
	6.2.5	Produtos de alta e alta-média tecnologia, %
	6.3.2	Exp. líquidas de alta tecnologia, % do com. total
CC – cooperação e competição	7.2.5	Exportações de produtos criativos, % do com. total
	4.3.2	Intensidade da concorrência local
	5.2.1	Colaboração em pesq. universidades e empresas
	5.2.2	Estado de financiamento de clusters
C – conhecimento	7.1.4	TIC e criação de modelos organizacionais
	4.1.3	Empréstimos brutos de microfinanciamento, % PIB
	5.1.2	Empresas que oferecem treinamento formal, % empresas
	7.1.1	Marcas registradas por origem/bi PIB (PPC US\$)
AC – absorção de conhecimento	7.1.3	Marcas registradas por origem/bi PIB (PPC US\$)
	6.3.3	Exp. de serviços de TICs, % do com. total
	6.3.4	Fluxos líquidos de saída de IED, % do PIB
	7.3.4	Criação de aplicativos móveis/bi PIB (PPC US\$)

Na comparação entre a regressão que utilizou os 8 fatores e a regressão que usou os 29 indicadores, verifica-se que esta última tem um maior poder de explicação, manipula menos dados, e o pressuposto de normalidade dos resíduos padronizados é garantido ao nível de 5% (enquanto a regressão linear múltipla, com a utilização de fatores, somente é aceitável como normal por meio do teste de Shapiro-Wilk ao nível de 10%) (Tabela 4).

Por outro lado, existem componentes (variáveis) cuja relação com o seu fator não parece clara. Por exemplo, o fator “E – educação” apresenta o indicador 3.1.3 – “Serviços governamentais online” – como um dos seus componentes, mas, a princípio, não se vislumbra uma explicação para esse vínculo. O mesmo ocorre com o fator “C – conhecimento”, com os seus componentes 4.1.3 – “Empréstimos brutos de microfinanciamento, % PIB” – e 7.1.3 – “Marcas registradas por origem/bi PIB (PPC US\$)”.

Conforme o resultado, as principais variáveis que impactam o GII 2020 são: pesquisa e desenvolvimento; educação; governança e empresa; mercado; e ISO. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento são fundamentais para impulsionar a inovação. Países que dedicam recursos significativos à P&D geralmente têm uma base sólida para gerar novas ideias, tecnologias e produtos. Além disso, a colaboração entre instituições de pesquisa, empresas e governo pode acelerar o processo de inovação, resultando em avanços significativos em diversas áreas (Kogan et al., 2017).

Tabela 4. Função linear multivariada dos fatores (Modelo 2).

Variáveis	Coef. não padroniz.		Coef. padroniz.	t	Sig.	Correlações			Estatísticas de colinearidade	
	B	Erro padrão	Beta			Ordem zero	Parcial	Parte	Toler.	VIF
(Constante)	33,865	0,250		135,668	0,000					
Pesquisa e desenvolvimento	7,354	0,251	0,592	29,350	0,000	0,592	0,936	0,592	1,000	1,000
Educação	5,483	0,251	0,442	21,883	0,000	0,442	0,893	0,442	1,000	1,000
Governança e empresa	4,920	0,251	0,396	19,634	0,000	0,396	0,872	0,396	1,000	1,000
Mercado	3,711	0,251	0,299	14,811	0,000	0,299	0,802	0,299	1,000	1,000
ISO	2,820	0,251	0,227	11,254	0,000	0,227	0,714	0,227	1,000	1,000
Cooperação e competição	2,953	0,251	0,238	11,787	0,000	0,238	0,730	0,238	1,000	1,000
Conhecimento	2,109	0,251	0,170	8,418	0,000	0,170	0,606	0,170	1,000	1,000
Absorção de conhecimento	1,800	0,251	0,145	7,182	0,000	0,145	0,545	0,145	1,000	1,000

Um sistema educacional robusto e acessível é essencial para nutrir talentos e habilidades necessários para a inovação. Países com altos níveis de alfabetização, educação em ciência, tecnologia, engenharia e matemática, e acesso igualitário à educação tendem a ter uma força de trabalho mais qualificada e criativa, capaz de impulsionar a inovação em vários setores (Hanushek & Woessmann, 2023). Uma boa governança, transparência e eficácia institucional são fundamentais para criar um ambiente propício à inovação. Políticas governamentais que incentivam o empreendedorismo, protegem os direitos de propriedade intelectual, facilitam o acesso a financiamento e promovem a competição saudável podem estimular a atividade inovadora no setor privado (Djankov et al., 2002).

A dinâmica do mercado, incluindo o tamanho do mercado, a competição e a demanda por produtos inovadores, pode influenciar a disposição das empresas e instituições de investir em inovação. Mercados abertos e acessíveis podem estimular a concorrência e incentivar as empresas a buscar constantemente melhorias e novas soluções para atender às necessidades dos consumidores (Aghion et al., 2005). A conformidade com padrões internacionais de qualidade e segurança, como os definidos pela ISO, pode ser um indicador de maturidade e excelência em processos de inovação. Empresas e instituições que adotam e mantêm altos padrões de qualidade são mais propensas a desenvolver produtos e serviços inovadores que atendam aos requisitos globais e inspirem confiança no mercado (Flynn et al., 1995).

Regressão linear múltipla com a proxy dos índices de inovação

Resta uma crítica importante neste trabalho em relação à primeira regressão linear realizada: o escore do GII 2020 foi construído com a utilização dos escores dos 80 indicadores, o que pode contaminar as análises até aqui realizadas. Pelo fato de haver a possibilidade da existência de relações espúrias daí originadas, fez-se conveniente utilizar uma proxy do nível de inovação como variável dependente com base na média da posição dos índices: Global Talent Competitiveness Index (GTCI) e Global Competitiveness Index (GCI). Observe-se que se utiliza a média da posição em vez do escore dos índices, em virtude das diferentes formas de cálculo entre eles e, além disso, os índices apresentam valores não comparáveis. Com relação à posição, limitou-se ao intervalo das 120 posições ocupadas pelo mesmo número de países nos três índices. Portanto, a regressão foi realizada em 120 países comuns nas amostras do GII 2020, GTCI 2020 e GCI 2019.

A regressão linear múltipla utilizou o sistema *stepwise* e selecionou inicialmente 15 variáveis com poder de explicação da variável dependente de 98,30%. Essas variáveis estão relacionadas de forma inversa com a variável dependente, já que esta última se refere à média das posições dos dois índices (GTCI e GCI) e, portanto, quanto maior o valor da variável, melhor é a posição do país. Das 15 variáveis selecionadas, 3 apresentam coeficientes positivos: “desenhos industriais por origem”, “valores recebidos pelo uso de PI” e “formação bruta de capital”. A justificativa para a relação inconsistente dessas variáveis foge ao escopo deste trabalho.

No entanto, verifica-se que a variável “desenhos industriais por origem” não se mostra inconsistente somente no caso brasileiro. Há países considerados mais inovadores que apresentam baixo escore para esse indicador. A mesma conclusão pode ser inferida para a variável “valores pagos por uso de PI”. A variável “formação bruta do capital” já havia apresentado, de forma significativa, a inexistência de relação com o nível de inovação dos países quando se utilizou a comparação de médias. Além disso, esse indicador foi descartado nas simulações com base em fatores e na regressão linear em que se utiliza o escore do GII 2020 como variável independente.

Os dados do modelo obtido da regressão em que a variável dependente é a média dos índices GTCI e GCI, a qual se denomina aqui de Índice Mundial de Inovação (IMI), e os 80 indicadores do GII 2020 são variáveis independentes se encontram dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Função linear múltipla – variável dependente: IMI (modelo 3).

Variáveis e constante		Coeficientes não padroniz.		Coef. Padr.	T	Sig.	95% intervalo de confiança para B		Estatísticas de colinearidade	
		B	Erro padrão	Beta			Limite inferior	Limite superior	Toler.	VIF
	(Constante)	212,15	5,20		40,83	0,000	201,85	222,45		
X1	Acesso a TICs	-0,57	0,06	-0,30	-9,91	0,000	-0,68	-0,46	0,23	4,36
X2	Eficácia do governo	-0,46	0,07	-0,25	-6,78	0,000	-0,60	-0,33	0,16	6,38
X3	Colab. pesq., univers., empresas	-0,41	0,09	-0,16	-4,83	0,000	-0,58	-0,24	0,21	4,83
X4	Tarifa aplic., média ponderada	-0,17	0,03	-0,11	-5,93	0,000	-0,23	-0,11	0,64	1,56
X5	Produção de energia, GWh	-0,16	0,04	-0,09	-3,96	0,000	-0,25	-0,08	0,46	2,16
X6	Participação eletrônica	-0,14	0,04	-0,08	-3,70	0,000	-0,21	-0,06	0,42	2,38
X7	Intensidade concorrência local	-0,38	0,10	-0,08	-3,88	0,000	-0,57	-0,19	0,49	2,03
X8	Matrículas no ensino superior	-0,12	0,04	-0,07	-3,06	0,003	-0,19	-0,04	0,43	2,35
X9	Estado financiamento clusters	-0,21	0,09	-0,07	-2,21	0,029	-0,40	-0,02	0,24	4,14
X10	PIB/unidade de uso de energia	-0,12	0,04	-0,06	-3,32	0,001	-0,20	-0,05	0,67	1,49
X11	Modelos de utilidade p/ origem	-0,08	0,03	-0,05	-2,68	0,009	-0,14	-0,02	0,75	1,33

Na primeira e na segunda coluna estão, além da constante, 11 variáveis independentes (X1; X2,...X11) restantes, e na terceira coluna estão os seus respectivos coeficientes (β_1 ; β_2 ,... β_{11}). A variável dependente é IMI (Y) e está bem correlacionada com as variáveis independentes de forma significativa (sig. < 0,05). As variáveis independentes estão dispostas em ordem decrescente de impacto sobre a variável dependente com base no valor da estatística “beta” (quinta coluna). As duas últimas colunas possibilitam verificar a aceitação do pressuposto de que as variâncias não estão em multicolinearidade, já que a estatística tolerância para todas as variáveis está no intervalo entre 0,1 e 1,0, e a estatística VIF está entre 1,0 e 10,0.

De acordo com o coeficiente de determinação (R²) ajustado, a regressão consegue explicar 97,50% da variável dependente (IMI). Verifica-se que a utilização da média das variáveis como única variável na regressão linear simples deixaria de explicar 21.921,33 de 160.888,30, da soma dos quadrados dos resíduos, enquanto, na 11ª simulação, com a inclusão das 11 variáveis independentes na função, deixar-se-ia de explicar apenas 3.679,87 do total.

As análises realizadas neste trabalho induzem-nos a rejeitar a hipótese: todos os indicadores do GII 2020 são prioritários na decisão de investimento em políticas públicas. Como se verifica na Tabela 5, a função linear múltipla com a variável dependente IMI apresentou apenas 11 variáveis (indicadores) que causam impacto na inovação: X1 – acesso a TICs; X2 – eficácia do governo; X3 – colaboração em pesquisa entre universidade e empresas; X4 – taxa tarifária aplicada, média ponderada; X5 – produção de energia, GWh; X6 – participação eletrônica; X7 – intensidade concorrência local; X8 – matrículas no ensino superior; X9 – estado do financiamento de clusters; X10 – PIB/unidade de uso de energia; e X11 – modelos de utilidade p/ origem. Portanto, entre as

80 variáveis, apenas estas teriam prioridade no recebimento de investimentos do setor público com o objetivo de melhorar a inovação brasileira no cenário mundial.

Quando se considera o Índice Mundial de Inovação (IMI), as variáveis que mais o impactam são: acesso a TICs; eficácia do governo; colaboração em pesquisa entre universidades e empresas; taxa tarifária aplicada; e produção de energia. O acesso às TICs desempenha um papel fundamental na capacidade de um país de inovar, pois essas tecnologias facilitam a comunicação, o compartilhamento de informações e o acesso a recursos de conhecimento. Lee et al. (2016) investigaram o impacto das TICs na inovação, tendo destacado que o acesso a essas tecnologias está positivamente associado à capacidade inovadora de um país. A eficácia do governo influencia o ambiente de inovação de um país, pois governos eficazes são capazes de implementar políticas e regulamentações que promovem a inovação e criam um ambiente propício para o desenvolvimento de novas ideias e tecnologias. Um estudo conduzido por Dutta et al. (2017) para o GII destacou que a eficácia do governo é uma das variáveis chave que afetam o ambiente de inovação de um país.

A colaboração entre universidades e empresas é essencial para traduzir a pesquisa em inovação comercializável. Xu & Hu (2023) examinaram a relação entre colaboração universidade-empresa e inovação, tendo concluído que essa colaboração pode aumentar significativamente a probabilidade de inovação bem-sucedida. As tarifas aplicadas afetam o comércio internacional e, conseqüentemente, o acesso a tecnologias e recursos necessários para a inovação. Khandelwal et al. (2013) examinaram os efeitos da liberalização comercial na China sobre as exportações e a inovação das empresas. Os autores encontraram evidências de que a redução das tarifas promove a transferência de tecnologia, aumenta a concorrência e facilita o acesso a mercados globais para empresas chinesas, estimulando a inovação e o crescimento das exportações. Esses resultados destacam como tarifas mais baixas podem beneficiar empresas inovadoras ao promoverem um ambiente mais aberto e competitivo.

A produção de energia é essencial para sustentar a atividade econômica e a inovação em um país. Stern (2011) examinou a relação entre energia e inovação, tendo destacado como o acesso a fontes de energia confiáveis e sustentáveis pode impulsionar a atividade econômica e a capacidade inovadora de um país.

Comparação das três análises

Na Tabela 6 são apresentados os resultados dos modelos das três regressões apresentadas nas seções anteriores. Nessa Tabela, são mostrados os indicadores que apareceram nos 3 modelos (regressão linear múltipla com os indicadores do GII 2020; regressão linear múltipla com fatores da análise fatorial; e regressão linear múltipla com a proxy dos índices de inovação). Apenas 3 deles foram considerados como fatores de impacto em todos os modelos. Portanto, estes são considerados os que mais impactam a inovação:

- Eficácia do governo. Reflete a percepção da qualidade dos serviços públicos e políticas públicas, da sua implementação e da credibilidade do compromisso do governo com elas; e mensura o grau de independência do governo diante das pressões políticas.
- Matrículas no ensino superior. Trata do percentual de matrículas no ensino superior, independentemente da idade, para a população da faixa etária correspondente ao nível superior de educação.
- Participação eletrônica. Refere-se ao uso dos serviços do governo na forma online de fornecimento de informações aos cidadãos ou compartilhamento de informações eletrônicas, interação com as partes interessadas e envolvimento nos processos de tomada de decisão. O E-Participation Index (EPI) de um país reflete os mecanismos da e-participação implantados pelo governo em comparação com os dos outros países e oferece uma visão sobre como diferentes países estão usando as ferramentas online na promoção da interação entre o governo e seus cidadãos.

Tabela 6. Recorrência dos resultados entre os modelos estimados.

Indicadores do GII	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Artigos técnicos e científicos/bi PIB			
Domínios gen. de alto nível (TID)/mi hab.			
Edições na Wikipédia/mi hab.			
Escala Pisa em leitura, mat. e ciência			
GERD financiados do exterior, % PIB			
GERD financiados por empresas, % PIB			
Intensidade da concorrência local			
JV ou aliança estrat./bi PIB (PPC US\$)			
Merc. entretenimento e mídia/mi hab.			
Modelos de utilidade por origem/bi PIB			
Novas empresas/mil hab.			
Patentes por origem/bi PIB (PPC US\$)			
Produção de energia, GWh			
Val. receb. uso de PI, % do com. total			
Valor de marcas globais			
Acesso às TICs			
Eficácia do governo			
Matrículas no ensino superior			
Participação eletrônica			

Um ambiente legal qualificado e operações governamentais eficientes ajudam as empresas a realizar atividades de inovação. Estudos já mostraram que a eficácia do governo pode promover significativamente o desenvolvimento da inovação da empresa, incluindo inovação de produto, inovação tecnológica, inovação de processo e inovação de gestão (Jiao et al., 2015; Kawabata & Camargo Junior, 2020; Zang & Xiong, 2020). Com relação a isso, bons ambientes institucionais promovem a inovação, incentivando pequenas empresas e empreendedores a explorar várias oportunidades e, ao mesmo tempo, a confiança do público em seu governo incentiva a inovação (Okrah & Hajduk-Stelmachowicz, 2020; Bate et al., 2021).

Quanto às matrículas no ensino superior, sabe-se que o sistema de ensino superior, representado por um conjunto de instituições de ensino superior que devem interagir entre si no campo das atividades de ensino e pesquisa, é um elemento significativo do sistema nacional de inovação (Chentukov et al., 2021). O sistema de ensino superior é um dos principais fatores de crescimento da qualidade do capital humano, gerador de novas ideias e fator significativo na dinâmica de desenvolvimento socioeconômico dos países. Portanto, as despesas com educação conduzem positivamente a competitividade nacional, e resultados de estudos já revelaram a existência de um efeito positivo e significativo entre investimentos em ensino superior e inovação (Tomáš, 2011; Pegkas et al., 2019).

A participação eletrônica por si já demonstra a sua relação com a inovação, que tem por objetivo promover soluções criativas que sanem problemas de interesse público (Currie et al., 2008). Assim, a participação eletrônica é um expediente semântico empregado para referir-se à experiência da internet e de dispositivos que são compatíveis com ela, todos eles voltados em prol da inovação no setor público com o intuito de melhorar a eficiência da gestão e aprimorar os serviços entregues aos usuários e cidadãos, além de aumentar as potencialidades de participação civil na condução dos negócios públicos e contribuir para o desenvolvimento econômico-social (Gomes, 2005; Li, 2011; Santos, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou a relevância da formação bruta de capital (investimento) para a inovação, um tema central em diversas correntes de pensamento econômico. Ao longo da análise, buscou-se compreender como o investimento e outros indicadores influenciam o nível de inovação nos países, com enfoque específico no Brasil, usando dados do Global Innovation Index (GII) 2020. Por meio de um modelo econométrico que utilizou a regressão linear múltipla, investigaram-se as relações lineares entre os indicadores e os índices de inovação de cada país. A crítica recebida questiona essa abordagem, indicando uma possível falha na captura da complexidade dessas relações, especialmente a interação não linear entre a formação bruta de capital e a inovação no Brasil.

Reconhece-se essa limitação e entende-se que o modelo econométrico empregado foi projetado para identificar influências diretas e mensuráveis dos indicadores sobre a inovação. No entanto, a formação bruta de capital no Brasil, apesar de ser um fator essencial, por si só, mostrou-se insuficiente para gerar um impacto notável na inovação conforme medido pelo GII. Isso sugere que o investimento, embora necessário, requer a complementação por políticas que melhorem outros aspectos críticos, como eficiência governamental, infraestrutura tecnológica e capacidade educacional.

Numa resposta direta às críticas, é importante destacar que o estudo não nega o impacto da formação bruta de capital sobre a inovação. Em vez disso, sugere-se que o nível atual de investimento no Brasil ainda não alcançou um limiar que permita observar efeitos substanciais no índice de inovação. Esse resultado reflete a necessidade de intensificar os esforços para aumentar o investimento interno e externo no País e implementar políticas que otimizem esses investimentos.

As críticas recebidas levantaram pontos válidos quanto à necessidade de uma abordagem teórica mais robusta e uma discussão aprofundada sobre as implicações dos modelos de avaliação de inovação. Em resposta a essas considerações, é essencial reiterar que este trabalho, ao apontar os 19 indicadores de recorrência e enfatizar a importância dos 3 fatores de maior relevância, não supõe uma relação de causa e efeito linear ou automática entre a presença de informações sobre inovação e a eficácia da gestão pública. Pelo contrário, sugere-se uma abordagem mais integrada e multifacetada. Os gestores públicos são encorajados a considerar esses indicadores como parte de um quadro maior, que inclui variáveis econômicas, sociais, culturais e políticas, na elaboração de políticas mais eficazes para promover a inovação.

Para superar as limitações mencionadas e enriquecer as análises futuras, recomenda-se:

- 1) Incorporação de teorias da inovação: engajar-se em literaturas que discutem a sinergia entre inovação, desenvolvimento econômico e políticas públicas, utilizando teorias que possam explicar as nuances das interações entre esses elementos.
- 2) Análise de modelos não lineares: explorar modelos estatísticos que possam capturar relações não lineares e interações complexas entre os indicadores, proporcionando uma visão mais realista do impacto das variáveis estudadas.
- 3) Discussão expandida sobre políticas públicas: ampliar a discussão sobre como os indicadores podem ser efetivamente utilizados para formular políticas que estimulem a inovação, considerando as especificidades do contexto brasileiro.

Finalmente, as pesquisas futuras nessa área podem continuar a explorar e a questionar as metodologias existentes, buscando sempre aprimoramentos que possam contribuir para uma compreensão mais completa e efetiva da inovação como motor do desenvolvimento. Por meio de uma abordagem mais holística e integrada, é possível alavancar os indicadores de inovação para fomentar não apenas o crescimento econômico, mas também o progresso social e a competitividade global sustentável.

Em resumo, as conclusões deste estudo destacam a importância de considerar a complexidade dos fatores que impulsionam a inovação. Sugere-se a adoção de abordagens que levem em consideração as interações não lineares e o contexto mais amplo das economias nacionais em estudos futuros. Por fim, recomenda-se que as políticas públicas de fomento à inovação no Brasil adotem uma estratégia integrada, que não apenas aumente o investimento em capital, mas também fortaleça os fatores que potencializam seu impacto na inovação. Este trabalho contribui, portanto, para uma compreensão mais aprofundada dos determinantes da inovação e reforça a necessidade de políticas bem fundamentadas e estrategicamente orientadas para promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade global.

REFERÊNCIAS

- ÁCS, Z.J.; SZERB, L.; LAFUENTE, E.; MÁRKUS, G. **Global Entrepreneurship Index 2019**. Washington: Global Entrepreneurship and Development Institute, 2019. GEI. Disponível em: <<https://www.cnea.ma/en/international-reports/global-entrepreneurship-index-2019>>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- AGHION, P.; BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and innovation: An inverted-U relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, v.120, p.701-728, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/qje/120.2.701>.
- BATE, A.F.; WACHIRA, E.W.; DANKA, S. The Determinants of Innovation Performance: An Income Based Cross-Country Comparative Analysis Using Global Innovation Index (GII). **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v.121, art.20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00283-2>.
- BOUDREAUX, C.J. Institutional quality and innovation: some cross-country evidence. **Journal of Entrepreneurship and Public Policy**, v.6, p.26-40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEPP-04-2016-0015>.
- CHENTUKOV, Y.; OMELCHENKO, V.; ZAKHAROVA, O.; NIKOLENKO, T. Assessing the impact of higher education competitiveness on the level of socio-economic development of a country. **Problems and Perspectives in Management**, v.19, p.370-383, 2021. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.19\(2\).2021.30](https://doi.org/10.21511/ppm.19(2).2021.30).
- CRESPO, N.F.; CRESPO C.F. Global innovation index: Moving beyond the absolute value of ranking with a fuzzy-set analysis. **Journal of Business Research**, v.69, p.5265-5271, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.123>.
- CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução: Magda França Lopes. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CURRIE, G.; HUMPHREYS, M.; UCASARAN, D.; MCMANUS, S. Entrepreneurial leadership in the English public sector: paradox or possibility? **Public Administration**, v.86, p.987-1008, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.2008.00736.x>.
- DJANKOV, S.; LA PORTA, R.; LOPEZ-DE-SILANES, F.; SHLEIFER, A. The regulation of entry. **Quarterly Journal of Economics**, v.117, p.1-37, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1162/003355302753399436>.
- DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (Ed.). **Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?** 13th ed. Ithaca: Cornell University, 2020. GII 2020. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.
- DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (Ed.). **The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World**. 10th ed. Ithaca: Cornell University, 2017.
- EDQUIST, C. Design of innovation policy through diagnostic analysis: identification of systemic problems (or failures). **Industrial and Corporate Change**, v.20, p.1725-1753, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dtr060>.
- FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M.; VERSPAGEN, B. (Ed.). **The role of innovation in economic development**. [Oxford]: Oxford University Press, 2020.
- FLYNN, B.B.; SCHROEDER, R.G.; SAKAKIBARA, S. The impact of quality management practices on performance and competitive advantage. **Decision Sciences**, v.26, p.659-691, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1995.tb01445.x>.
- GAULT, F. Defining and measuring innovation in all sectors of the economy. **Research Policy**, v.47, p.617-622, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.01.007>.
- GOMES, W. A democracia digital e o problema da participação civil na decisão política. **Fronteiras - estudos midiáticos**, v.7, p.214-222, 2005.
- GREENHALGH, C.; ROGERS, M. The nature and importance of Innovation. In: GREENHALGH, C.; ROGERS, M. **Innovation, intellectual property, and economic growth**. Princeton: Princeton University Press, 2010. p.3-31. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/h/pup/chapts/9221-1.html>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

- HANUSHEK, E.A.; WOESSMANN, L. **The knowledge capital of nations: Education and the economics of growth.** [S.l.]: MIT press, 2023.
- HAO, J.X.; VAN ARK, B.; OZYILDIRIM, A. **Signposts of innovation: a review of innovation metrics.** New York: The Conference Board, 2017. (Economics Program Working Paper, n.17-01). DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2970648>.
- HOLLANDERS, H.; VAN CRUYSEN, A. Rethinking the European Innovation Scoreboard: recommendations for further improvements. In: IMPROVING THE EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD METHODOLOGY, 2008, Brussels. **Input paper.** [S.l.: s.n.], 2008.
- JIAO, H.; KOO, C.K.; CUI, Y. Legal environment, government effectiveness and firms' innovation in China: examining the moderating influence of government ownership. **Technological Forecasting and Social Change**, v.96, p.15-24, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.01.008>.
- KAWABATA, M.K.; CAMARGO JUNIOR, A.S. Innovation and institutions' quality: a comparative study between countries. **International Journal of Innovation Science**, v.12, p.169-185, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJIS-10-2019-0100>.
- KELLER, K.L. Reflections on customer-based brand equity: perspectives, progress, and priorities. **AMS Review**, v.6, p.1-16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13162-016-0078-z>.
- KHANDELWAL, A.K.; SCHOTT, P.K.; WEI, S.-J. Trade liberalization and embedded institutional reform: evidence from Chinese exporters. **American Economic Review**, v.103, p.2169-2195, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.103.6.2169>.
- KOGAN, L.; PAPANIKOLAOU, D.; SERU, A.; STOFFMAN, N. Technological innovation, resource allocation, and growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v.132, p.665-712, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/qje/qjw040>.
- LALL, S. **Competitiveness, technology and skills.** [Cheltenham]: Edward Elgar Publishing, 2001.
- LANVIN, B.; MONTEIRO, F. (Ed.). **The Global Talent Competitiveness Index 2020: Global talent in the age of artificial intelligence.** Fontainebleu: INSEAD, 2020. GTCI. Disponível em: <<https://www.insead.edu/faculty-research/research/gtci>>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- LAURSEN, K.; SALTER, A.J. The paradox of openness: appropriability, external search and collaboration. **Research Policy**, v.43, p.867-878, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.004>.
- LEE, S.; NAM, Y.; LEE, S.; SON, H. Determinants of ICT innovations: a cross-country empirical study. **Technological Forecasting and Social Change**, v.110, p.71-77, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.010>.
- LI, M. Online government advisory service innovation through Intelligent Support Systems. **Information & Management**, v.48, p.27-36, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.im.2010.12.002>.
- LUNDEVALL, B.-A. (Ed). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning.** London: Pinter, 1992.
- MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. Using innovation surveys for econometric analysis. **Handbook of the Economics of Innovation**, v.2, p.1129-1155, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02010-1](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02010-1).
- MULUK, M.R.K.; PRATAMA, M.R. Public sector innovation in a developing country: progress and challenges in the competition for public service innovation in Indonesia. **Public Policy and Administration**, v.20, p.452-465, 2021.
- NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S. **Tools for composite indicators building.** Ispra: European Commission, 2005.
- OECD. Organisation for Economic Cooperation and Development. **OECD Science, Technology and Innovation Outlook.** Paris, 2019.
- OKRAH, J.; HAJDUK-STELMACHOWICZ, M. Political stability and innovation in Africa. **Journal of International Studies**, v.13, p.234-246, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2020/13-1/15>.
- PEGKAS, P.; STAIKOURAS, C.; TSAMADIAS, C. Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. **Journal of Policy Modeling**, v.41, p.1005-1025, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.001>.
- PEREZ, C. Unleashing a golden age after the financial collapse: drawing lessons from history. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v.6, p.9-23, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2012.12.004>.
- POPP, D. Innovation and climate policy. **Annual Review of Resource Economics**, v.2, p.275-298, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.012809.103929>.
- REJEB, H.B.; MOREL-GUIMARÃES, L.; BOLY, V.; ASSIE'LOU, N.G. Measuring innovation best practices: improvement of an innovation index integrating threshold and synergy effects. **Technovation**, v.2812, p.838-854, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.08.005>.
- RODRIK, D. **New technologies, global value chains, and developing economies.** Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2018. (Working paper, 25164). DOI: <https://doi.org/10.3386/w25164>.

- RODRIG, D. **Normalizing Industrial Policy**. Washington: World Bank, 2008. (Commission on Growth and Development, Working Paper n.3).
- SAISANA, M. Composite indicators: a review. In: WORKSHOP ON COMPOSITE INDICATORS OF COUNTRY PERFORMANCE, 2., 2004, Paris. **Proceedings**. Paris: OECD, 2004. p.26-27.
- SANTOS, N. de M. **Governo eletrônico: relação entre inovação e desempenho no serviço público**. 2019. 305p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.
- SCHWAB, K. (Ed.). **The Global Competitiveness Report 2019**. Geneva: World Economic Forum, 2019. GCI. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- SOHN, S.Y.; KIM, D.H.; JEON, S.Y. Re-evaluation of global innovation index based on a structural equation model. **Technology Analysis & Strategic Management**, v.28, p.492-505, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537325.2015.1104412>.
- STERN, D.I. The role of energy in economic growth. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1219, p.26-51, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05921.x>.
- TOMÁŠ, V. National competitiveness and expenditure on education, research and development. **Journal of Competitiveness**, n.2, p.3-10, 2011.
- UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. **Technology and innovation report: accelerating sustainable development in a digital economy**. [Geneva]: United Nations Publications, 2020.
- WAGNER, C.S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v.34, p.1608-1618, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.002>.
- WALKER, R.M.; JEANES, E.; ROWLANDS, R. Measuring innovation – applying the literature-based innovation output indicator to public services. **Public Administration**, v.80, p.201-214, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9299.00300>.
- WCY. **World Competitiveness Yearbook 2020**. Lausanne: IMD, 2020. Disponível em: <<https://www.imd.org/research-knowledge/books/world-competitiveness-yearbook-2020/>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- WONGLIMPIYARAT, J. Innovation index and the innovative capacity of nations. **Futures**, v.42, p.247-253, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.010>.
- XU, W.; HU, R. Top management team academic competence, university–industry collaboration, proximity and innovation performance: a moderated mediating effect analysis. **Management Decision**, Sept. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-08-2022-1079>.
- ZANG, L.; XIONG, F. How (when) does technological innovation improve government effectiveness? An empirical investigation with cross-national evidence. **Science and Public Policy**, v.47, p.103-113, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scz050>.
-