



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

Estudo da correlação entre inovação e desenvolvimento social e econômico em países em desenvolvimento

Thiago Vieira da Silva

PPGEP – UNIP-Universidade Paulista

Marcia Terra da Silva

PPGEP – UNIP-Universidade Paulista

Resumo: O artigo tem por objetivo avaliar o impacto da inovação no desenvolvimento social e econômico, através do estudo da correlação entre esses fatores através do tempo. Utilizando os dados do Índice Global de Inovação (GII), Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e PIB real per capita, representando respectivamente a inovação, o desenvolvimento social e o desenvolvimento econômico. Foi efetuado o cálculo da correlação linear entre esses indicadores, utilizando um intervalo temporal variando de 0 a 4 anos para mensurar esse impacto. Foram selecionados 5 países para o estudo, todos países em desenvolvimento, renda média-alta, população acima de 50 milhões de habitantes e de diferentes regiões geográficas (Brasil, Colômbia, México, Rússia e Turquia). O estudo apontou a existência de correlação entre os índices nos países estudados em intervalos de tempo distintos. Apontou a existência de correlação negativa entre o GII e IDH no caso do Brasil, devido a queda do GII no período estudado.

Palavras-chave: Correlação, GII, IDH, PIB, Brasil

Study of the correlation between innovation and social and economic development in developing countries

Abstract: This paper aims to evaluate the impact of innovation on social and economic development by studying the correlation between these factors over time. Using data from the Global Innovation Index (GII), Human Development Index (HDI), and Real GDP per capita, representing innovation, social development, and economic development, respectively. The calculation of the linear correlation between these indicators was performed, using a time interval ranging from 0 to 4 years to measure this impact. Five countries were selected for the study, all developing countries, upper-middle income, population above 50 million inhabitants, and from different geographic regions (Brazil, Colombia, Mexico, Russia, and Turkey). The study showed the existence of correlation among the indexes in the countries studied at different time intervals. It pointed out the existence of a negative correlation between GII and HDI in the case of Brazil, due to the fall of GII in the period studied.

Keywords: Correlation, GII, HDI, GDP, Brazil

1. Introdução

Os fundamentos do conceito de inovação podem ser encontrados nos escritos de Schumpeter, assim como a sua ideia de que a inovação revoluciona o mundo através do processo denominado destruição criativa (SCHUMPETER,1942; GARCIA-MACIA *et al*, 2019). A destruição criativa refere-se ao mecanismo de inovação de produtos e processos pelo qual novas unidades de produção substituem as antigas. A inovação, através da criação, difusão, e utilização do conhecimento, levaria à reestruturação dos mercados e ao aumento da produção industrial para suprir o aumento da demanda por novos ou renovados produtos (LEIFER *et al*, 2002).

Sendo assim, uma questão que aparece em diversas pesquisas é a relação entre a inovação e o crescimento do PIB, e para isso tem sido usado o Índice Global de Inovação (GII no acrônimo em inglês, Global Innovation Index). O GII é publicado em conjunto pela Universidade de Cornell, o Instituto Europeu de Administração de Empresas (Institut Européen d'Administration des Affaires – INSEAD) e pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e tem por objetivo fornecer dados sobre inovação por país e, dessa forma, ajudar as economias a avaliar seu desempenho em inovação e fazer considerações sobre as suas políticas públicas na área de inovação.

Além dessa relação com o desenvolvimento econômico, a inovação tem sido vista também como importante para a melhoria da qualidade de vida, já que ao abrir novos mercados pode auxiliar na abertura de vagas de trabalho (SALERNO; GOMES, 2018), ou, com a transformação digital por exemplo, possibilitar o acesso a serviços para cidadãos até então excluídos. É o caso do acesso à educação de qualidade no nível superior, tornada possível, com a internet e a disseminação dos MOOCs, Cursos em Massa Livres e Online, no acrônimo em inglês (HANSEN; REICH,2015; KIZILCEC *et al*,2017) e, mais recentemente, com as plataformas de conexão como ZOOM, TEAMS, MEETING e outras, durante os anos 2020 e 2021 por conta da pandemia.

No entanto, pode existir um intervalo de tempo entre o processo de inovação e a concretização da diferença econômica ou de qualidade de vida experimentada pela população, o que leva alguns autores a considerarem em suas pesquisas esse período. Assim, a comparação entre series temporais de diferentes países, varia de acordo com o lag, que é o número de períodos que separa duas séries temporais correlacionadas. Roberts *et al* (2018) correlacionou o custo da energia e o IDH, e entre custo da energia e PIB de vários países através do tempo e concluiu que cada um apresenta uma melhor correlação com intervalos de tempo distintos, variando de acordo com a dinâmica de cada país pesquisado.

Desde sua criação em 2007, o GII tem tido impacto em três frentes. Inicialmente, o GII foi considerado um parâmetro para medir a inovação pela Assembleia Geral da ONU, como observado em sua resolução sobre Ciência, Tecnologia e Inovação para alcançar as Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em sua 74ª sessão em 2019. Em segundo lugar, o GII permite que os países avaliem seu desempenho em inovação. Os resultados do GII são analisados em grupos de trabalho interministeriais e usados para projetar políticas apropriadas de inovação e propriedade intelectual, visando impulsionar a capacidade de inovação e assim melhorar o desempenho econômico. Terceiro, o GII continua a dar um forte impulso para que as economias priorizem e coletem métricas de inovação. Ao experimentar novos dados e avaliar as métricas de inovação existentes, o GII também objetiva moldar a agenda de medição da inovação.

Tendo em vista a importância dessa análise, este artigo tem por objetivo analisar a correlação entre a inovação, mensurada através do índice do GII, o desenvolvimento econômico, utilizando os dados do PIB real per capita, e o desenvolvimento humano,

através do IDH, entre cinco países em desenvolvimento – Brasil, Colômbia, Mexico, Rússia e Turquia.

2. Revisão Bibliográfica

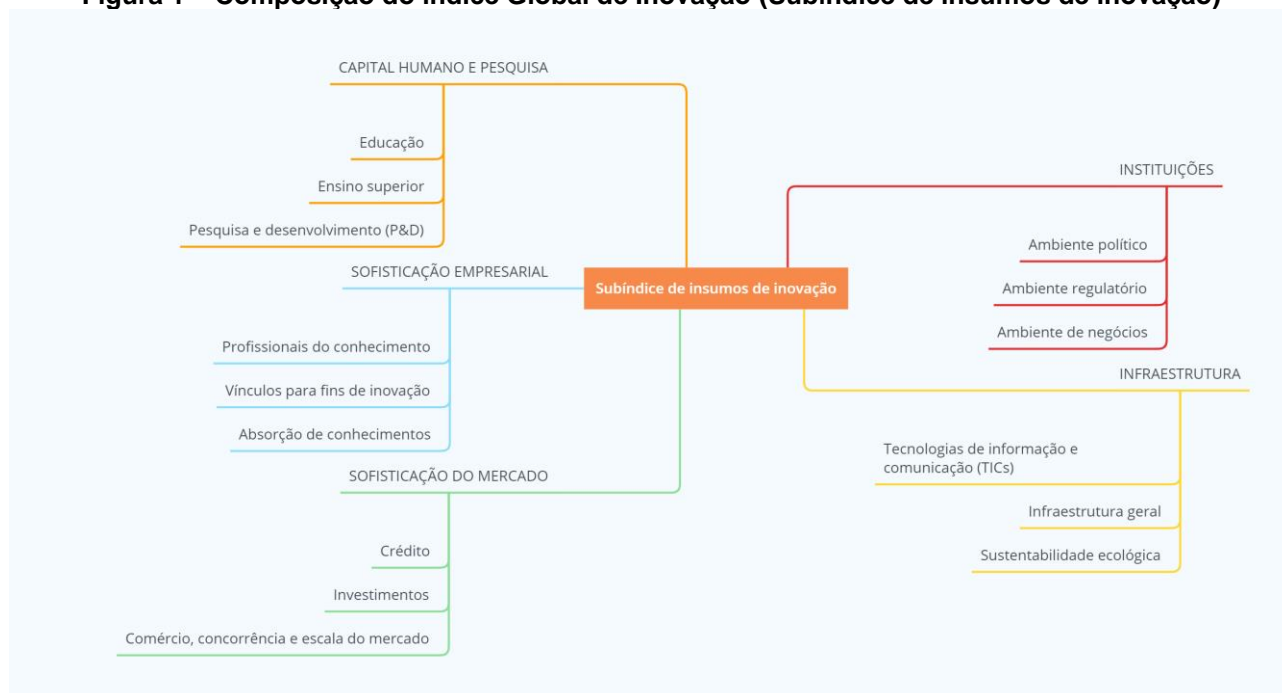
A pesquisa busca mostrar a relação entre a inovação, medida pelo GII, e o desenvolvimento humano, medido pelo IDH e econômico medido pelo PIB per capita através do tempo, ou seja, quantos anos o grau de inovação demora para se refletir na vida da população.

2.1 Os índices utilizados (GII-IDH-PIB)

O Índice Global de Inovação é composto por dois sub índices, o Subíndice de Insumos de Inovação e o Subíndice de Produção de Inovação.

O subíndice de Insumos de Inovação retrata os elementos produtores ou catalizadores das atividades inovadoras e avalia o ambiente de inovação disponível no país. É composto por 5 pilares associados ao processo de inovação – o capital humano e de pesquisa; o ambiente institucional; a infraestrutura; a sofisticação dos negócios; e a sofisticação do mercado, como pode ser visto na figura 1 abaixo.

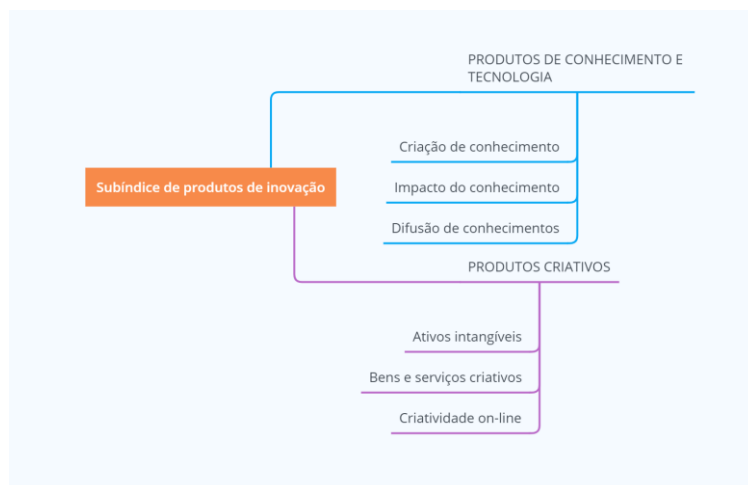
Figura 1 – Composição do Índice Global de Inovação (Subíndice de insumos de inovação)



Fonte: Autor (2021)

O subíndice de Produtos de Inovação avalia os resultados da inovação e é representado por dois pilares: os produtos de desenvolvimento e tecnologia criados no país; e os produtos criativos. Os elementos que compõe cada pilar do subíndice podem ser vistos na Figura 2 abaixo.

Figura 2 – Composição do Índice Global de Inovação (Subíndice de produtos de inovação)



Fonte: Autor (2021)

A pontuação geral do GII é a média dos Subíndices de produção de inovação e de entrada de inovação e pode variar de 0 a 100. O índice de inovação busca representar como o ambiente de inovação se concretiza em inovação produzida, fornecendo uma base para comparar diferentes economias ou um país ao longo do tempo. No entanto, para identificar as causas que levam determinada economia a uma situação melhor ou pior, é necessário analisar os relatórios que expõem os resultados de cada pilar em um dado ano.

Para avaliar a correlação entre a inovação e a qualidade de vida, será utilizado o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O IDH foi criado com o objetivo de medir o desenvolvimento humano de um país e é calculado anualmente, sendo assim um contraponto ao indicador de Produto Interno Bruto (PIB) per capita, que mede dimensão econômica do desenvolvimento. O IDH também pode ser usado para comparar as escolhas na área de políticas públicas nacionais, apontando como dois países com o mesmo nível de Renda Nacional Bruta (RNB) per capita podem acabar com resultados distintos em relação ao desenvolvimento humano. A análise destes indicadores pode estimular o debate sobre as prioridades nas políticas públicas de um governo.

Ao completar 20 anos, em 2010, foi feita uma alteração na metodologia de cálculo do IDH, e atualmente ela é dividida em 3 pilares: educação, saúde e renda:

- A educação é medida por dois fatores, a média de anos de educação dos adultos e a expectativa de anos de escolaridade das crianças em idade de iniciar a escola. Para o primeiro fator é calculada a média de anos de educação recebida por pessoas de 25 anos ou mais. O segundo fator é dado pelo total de anos de escolaridade que uma criança na idade de iniciar a vida escolar pode esperar receber se os padrões prevaletentes de taxas de matrículas por idade permanecerem os mesmos durante a vida da criança.
- O pilar da saúde é medido pela expectativa de vida.
- E a renda, utilizada como indicador do padrão de vida, é medida pela Renda Nacional Bruta (RNB) per capita expressa em poder de paridade de compra (PPP) constante, em dólar, tendo 2005 como ano de referência.

Finalmente, como forma de medir o desempenho econômico dos países, esta pesquisa utiliza o PIB Real (Produto Interno Bruto Deflacionado) Per Capita em dólares, o que permite a comparação entre diferentes países com os mais variados quantitativos populacionais. Utiliza-se os dólares constantes (no caso 2010) para evitar o efeito da inflação.

2.2 Os países analisados

Foram selecionados 5 países, Brasil, Colômbia, Mexico, Rússia e Turquia para a comparação. Os países foram escolhidos por se enquadrarem na categoria de países em desenvolvimento, classificados como de renda média-alta (WORLD BANK,2021), possuem grande população (com mais de 50 Milhões de habitantes), e de diferentes regiões (América do Norte, América do Sul e Eurásia).

Algumas características chamam a atenção nos países selecionados. Vizinhos na América do Sul, Brasil e Colômbia compartilham entre si algumas características, entre elas economias fortemente baseadas em commodities, alimentos com mais de 33% e minerais, com mais de 13% do total exportado no caso Brasileiro, e no caso da Colômbia, energia como o petróleo e o carvão, com mais de 54% dos produtos exportados, e alimentos contribuem com outros 14%. Com relação ao setor industrial, o Brasil teve, de acordo com dados do Banco Mundial (WORLD BANK,2021) uma séria diminuição nos últimos anos de sua importância para a economia, declinando de um peso no PIB próximo a 40% nos anos 80 para menos da metade, 17,92% em 2019. Já na Colômbia, apesar do setor industrial apresentar uma queda de aproximadamente 35% durante os anos 80 para 26,25% em 2019, se manteve em consonância com o restante do mundo, que em 2018 obteve uma participação da indústria no PIB Global de 25,6%. Vale lembrar que existiram iniciativas para alavancar a indústria de tecnologia, como o plano Colombia Bring It on e o Vive Digital (PLASTÍNINA; SÚKHAREVA,2018), que passaram de uma participação de 3,06% do total de bens manufaturados exportados para 9,12% em 2019, praticamente triplicando o valor. Em comparação o Brasil saiu de 12,46% em 2008 para 13,27% em 2019. O Brasil se destaca na área de inovação no setor agrícola, em parte graças a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (CUNHA; AZEVEDO, 2018) formada pelos governos federal e estaduais, universidades e empresas privadas que em conjunto fazem pesquisas nas diferentes regiões do país.

Já o Mexico através do Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (North American Free Trade Agreement - NAFTA), trouxe impulso à sua economia, principalmente na indústria. O acordo causou uma explosão no crescimento das indústrias Maquiladoras (CASTILLO; DE VRIES, 2017), indústrias que importam materiais e fazem a montagem para exportação, utilizando-se da mão de obra mais barata no país. Muito embora esse tipo de indústria não traga grande impacto na inovação (BARAJAS; CARRILLO, 2003) com relação ao desenvolvimento de produtos, ela pode ser vista no processo produtivo. Para se ter uma ideia do impacto na indústria, em 1990 ela representava pouco mais de 26% do PIB Mexicano, saltando para mais de 34% em 2000. Entretanto essas indústrias, que inicialmente tinham como principal objetivo a exportação, utilizando-se da mão de obra mais barata do Mexico, hoje caminha para uma maior participação do mercado interno, devido tanto a questões cambiais quanto a ascensão da China nesse quesito.

Já os países vizinhos da Turquia apresentaram recentemente sérios problemas. O Iraque em 2003 esteve em guerra contra os Estados Unidos para a retirada do poder do ditador Saddam Hussein, e posteriormente passou por uma guerra civil que trouxe enorme instabilidade. Do outro lado, a outrora estável Síria se encontra em guerra civil desde 2011. Para contrabalançar, a Turquia pode ser considerada uma porta da Eurásia para a rica e desenvolvida Europa, e tem como um de seus objetivos a entrada na União Europeia. A solicitação foi feita em 1987, e em 1999 ela foi aceita como candidata. Desde 2005 o país negocia as questões burocráticas para a entrada no bloco. A Turquia possui um setor industrial relevante, que contribuiu com 27,19% do PIB em 2019, e tornou-se um país mais interligado a economia mundial, tendo e vista o crescimento do peso das exportações no PIB, que saltou de 13,36% em 1990 para 32,74% em 2019. O turismo internacional é bastante relevante com 17,22% em 2019 do total referente a exportações.

A Rússia possui uma série de questões geopolíticas com seus vizinhos, principalmente com a Ucrânia em relação a Crimeia. Também possui uma economia forte em energia, de

tal forma que mais da metade dos produtos exportados pela Rússia (51,95% em 2019) são do setor de gás natural e petróleo, que sozinho rende cerca 9,15% do PIB. Além disso, o país tem indústrias avançadas como a aeroespacial e bélica, setores nos quais a Rússia desponta como 2º maior exportador, segundo dados do SIPRI(2021), sendo responsável por 20% das exportações mundiais no período entre 2016 e 2020.

3. Metodologia

Para discutir se a capacidade de inovação de um país se reflete no desenvolvimento econômico e social foi analisada a correlação linear entre o GII e o PIB per capita em dólar de 2010 e entre o GII e o IDH, pelo período de 2011 a 2019. A análise da correlação linear foi feita com base em dois vetores, o GII como vetor 1 e o PIB per capita em dólar constante como vetor 2, este cálculo foi efetuado utilizando diferentes valores para o lag, ou seja, o número de períodos que separa duas séries temporais, variando de 1 a 5.

O mesmo método foi aplicado na comparação entre o GII e o IDH, sendo o GII utilizado como vetor 1 e o IDH como vetor 2.

Os dados do GII foram retirados dos relatórios do Global Innovation Index no período de 2011 a 2019. Os dados do IDH no período de 2011 a 2019 foram retirados do site do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP,2021). Os valores referentes ao PIB real per capita (PIB per capita em dólar constante de 2010) no período de 2011 a 2019 foram retirados dos dados do Banco Mundial.

4. Resultados

Os dados dos 5 países foram coletados e organizados na Figura 3 abaixo. Inicialmente, observa-se que o PIB per capita varia de 6711,67 a 11764,41 no período inicial, o que leva a crer que nenhum dos países selecionados se destaca com relação a renda, sendo todos considerados de renda média-alta de acordo com o Banco Mundial.

Figura 3 – Indicadores dos países pesquisados.

| Ano | Brasil | | | Colômbia | | | México | | | Rússia | | | Turquia | | |
|------|--------|----------|-------|----------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|----------|-------|---------|----------|-------|
| | GII | PIB | IDH | GII | PIB | IDH | GII | PIB | IDH | GII | PIB | IDH | GII | PIB | IDH |
| 2011 | 37,75 | 11627,81 | 0,731 | 32,32 | 6711,67 | 0,734 | 30,45 | 9477,89 | 0,755 | 35,85 | 11125,34 | 0,790 | 34,11 | 11764,41 | 0,753 |
| 2012 | 36,60 | 11745,78 | 0,735 | 35,50 | 6911,76 | 0,739 | 32,90 | 9690,87 | 0,759 | 37,90 | 11553,58 | 0,798 | 34,10 | 12128,30 | 0,765 |
| 2013 | 36,30 | 11993,48 | 0,753 | 37,40 | 7201,01 | 0,742 | 36,80 | 9693,72 | 0,756 | 37,20 | 11731,38 | 0,802 | 36,00 | 12936,63 | 0,785 |
| 2014 | 36,30 | 11951,21 | 0,756 | 35,50 | 7449,33 | 0,753 | 36,00 | 9843,40 | 0,761 | 39,10 | 11608,76 | 0,807 | 38,20 | 13346,48 | 0,796 |
| 2015 | 34,90 | 11431,16 | 0,756 | 36,40 | 7580,28 | 0,756 | 38,00 | 10042,14 | 0,766 | 39,30 | 11355,24 | 0,809 | 37,80 | 13924,13 | 0,801 |
| 2016 | 33,20 | 10965,97 | 0,758 | 34,20 | 7633,39 | 0,760 | 34,60 | 10183,03 | 0,768 | 38,50 | 11356,40 | 0,815 | 39,00 | 14152,83 | 0,808 |
| 2017 | 33,10 | 11021,72 | 0,761 | 34,80 | 7620,92 | 0,763 | 35,80 | 10277,88 | 0,771 | 38,80 | 11550,53 | 0,820 | 38,90 | 14972,88 | 0,814 |
| 2018 | 33,40 | 11130,72 | 0,762 | 33,80 | 7698,11 | 0,764 | 35,30 | 10385,83 | 0,776 | 37,90 | 11875,73 | 0,823 | 37,40 | 15186,83 | 0,817 |
| 2019 | 33,80 | 11203,27 | 0,765 | 33,00 | 7843,54 | 0,767 | 36,10 | 10267,50 | 0,779 | 37,60 | 12122,61 | 0,824 | 36,90 | 15125,88 | 0,820 |

Fonte: Autor (2021).

Quanto IDH, o país com maiores índices no período inicial é a Rússia, seguido do México. A tendência de melhoria do IDH é mais acentuada na Turquia, que ultrapassa o México no período se aproximando da líder Rússia. O GII dos países inicialmente é liderado pelo Brasil, seguido pela Rússia. A melhora mais acentuada no período é do México, que sai da última posição para a terceira, com índice próximo ao da segunda colocada Turquia. O destaque negativo fica com o Brasil, que sai da liderança para a penúltima posição entre os países estudados.

A partir desses dados foram calculados os índices de correlação linear do GII com o PIB per capita e com o IDH. As Tabelas A a B abaixo apresentam os resultados variando o

intervalo ou lag de 1 a 4 anos. Foi considerada a classificação de MUKAKA (2012) na Tabela 1, sendo que o grau de correlação linear pode assumir valores negativos, o que significa que as variáveis tendem a direções opostas.

TABELA 1 – Definição dos intervalos das correlações.

| | | |
|------------|------------|--|
| 0,9 (-0,9) | 1 (-1) | Correlação Positiva (Negativa) Muito Forte |
| 0,7 (-0,7) | 0,9 (-0,9) | Correlação Positiva (Negativa) Forte |
| 0,5 (-0,5) | 0,7 (-0,7) | Correlação Positiva (Negativa) Moderada |
| 0,3 (-0,3) | 0,5 (-0,5) | Correlação Positiva (Negativa) Fraca |
| 0 (0) | 0,3 (-0,3) | Correlação Positiva (Negativa) Desprezível |

Fonte: Autor (2021) com base em MUKAKA (2012).

Os índices de correlação linear para o Brasil são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que para um lag 0, há uma correlação forte entre o índice de inovação e o PIB. Esta correlação perde força com o aumento do lag. Pode-se dizer que o PIB e o GII aumentaram ou diminuíram juntos no período analisado.

TABELA 2 - Dados de correlação do Brasil.

| Brasil | | |
|--------|-----------|-----------|
| Lag | GII x PIB | GII x IDH |
| 0 | 0,873683 | -0,832500 |
| 1 | 0,794715 | -0,837125 |
| 2 | 0,642951 | -0,962370 |
| 3 | 0,511381 | -0,917316 |
| 4 | 0,375357 | -0,950093 |

Fonte: Autor (2021).

A tabela 3 mostra também uma correlação linear negativa muito forte entre GII e IDH, principalmente com lag=2. Este resultado é surpreendente e reforça a necessidade de ampliação da amostra para mais países, a fim de verificar se a correlação linear negativa é um padrão comum ou uma anomalia a ser explicada de outras maneiras.

A análise dos dados da Colômbia não revela correlação entre GII e desenvolvimento econômico, sendo o maior índice 0,449305, considerado correlação fraca, com intervalo de 2 anos. Já para a correlação entre GII e IDH, com um lag de 4 anos foi identificada uma correlação positiva forte.

TABELA 3 - Dados de correlação da Colômbia.

| Colômbia | | |
|----------|-----------|-----------|
| Lag | GII x PIB | GII x IDH |
| 0 | -0,012886 | -0,172382 |
| 1 | 0,295023 | 0,144884 |
| 2 | 0,449305 | 0,448676 |
| 3 | 0,325984 | 0,378176 |
| 4 | 0,445746 | 0,799675 |

Fonte: Autor (2021).

Os dados do México (Tabela 4) mostram correlação muito forte entre o GII e o PIB para o lag de 3 anos, com um valor de 0,921635. Para a correlação entre o índice de inovação e

o de desenvolvimento humano, identificou-se uma correlação forte, de 0,930801, quando se aplica um lag de 4 anos.

TABELA 4 - Dados de correlação do México.

| México | | |
|--------|-----------|-----------|
| Lag | GII x PIB | GII x IDH |
| 0 | 0,525340 | 0,404807 |
| 1 | 0,580697 | 0,443920 |
| 2 | 0,754582 | 0,649882 |
| 3 | 0,921635 | 0,670640 |
| 4 | 0,827629 | 0,877197 |

Fonte: Autor (2021).

Os dados da Rússia (Tabela 5) demonstram uma forte correlação nos últimos 2 intervalos. A melhor correlação se encontra no intervalo de 4 anos, com 0,835484 na comparação com o desenvolvimento econômico e 0,889669 na comparação com o desenvolvimento humano.

TABELA 5 - Dados de correlação da Rússia.

| Rússia | | |
|--------|-----------|-----------|
| Lag | GII x PIB | GII x IDH |
| 0 | 0,083944 | 0,490896 |
| 1 | -0,186890 | 0,607316 |
| 2 | 0,048344 | 0,825998 |
| 3 | 0,393094 | 0,821823 |
| 4 | 0,835484 | 0,889669 |

Fonte: Autor (2021).

Finalmente, a Turquia exibe correlação muito forte da inovação com relação tanto ao desenvolvimento econômico quanto ao desenvolvimento humano.

O melhor índice de correlação com o desenvolvimento econômico é observado em um intervalo de 3 a 4 anos, com os valores de 0,945216 para 3 anos e 0,944437 para 4 anos.

Com relação ao Desenvolvimento humano, a melhor correlação foi com 3 anos, de 0,971251.

TABELA 6 – Dados de correlação da Turquia.

| Turquia | | |
|---------|-----------|-----------|
| Lag | GII x PIB | GII x IDH |
| 0 | 0,762627 | 0,837532 |
| 1 | 0,891486 | 0,872100 |
| 2 | 0,934287 | 0,942516 |
| 3 | 0,945216 | 0,971251 |
| 4 | 0,944437 | 0,908147 |

Fonte: Autor (2021).

Em resumo, com exceção de Brasil e Colômbia, em que não se pode confirmar a correlação entre o índice de GII e os índices de desenvolvimento econômico e humano, os dados dos outros países levam a crer que sim, esses índices são correlacionados com um lag de 3 anos ou mais. Vale insistir também que a correlação não implica uma relação de causalidade. Isto é, não é possível saber se um fenômeno pode pressionar para que o outro ocorra.

5. Discussão

A análise dos cinco países não permitiu assegurar que as correlações entre o Índice Global de Inovação com o PIB per capita e com o Índice de Desenvolvimento Humano estão sempre presentes. A Turquia apresenta uma ótima correlação no período de 2 a 4 anos, e a Rússia e o México possuem boa correlação no período de 4 anos. Por outro lado, o Brasil e a Colômbia destoaram dos demais. O Brasil apresenta uma boa correlação entre GII e PIB com lag 0, e apresenta uma correlação negativa entre GII e IDH. A Colômbia não apresenta uma correlação relevante entre GII e PIB e apresenta correlação entre GII e IDH somente no intervalo de 4 anos.

A correlação negativa apresentada pelo Brasil é surpreendente, pois significa que um queda no GII coincide com o aumento do IDH. Analisando os dados da Figura 3, é possível verificar que os cinco países tiveram uma elevação de IDH, sendo que a Turquia teve o maior avanço no período. Por outro lado, o GII do Brasil, diferentemente dos demais países apresentou uma queda acentuada de mais de 10% no período, saindo de 37,750 em 2011 para 33,800 em 2019. A explicação para essa discrepância reside no método de construção do índice e no histórico do país no período.

Quanto a correlação entre GII e PIB, Brasil, Rússia e Turquia partiram de valores parecidos do PIB per capita em 2011, sendo U\$11627,81 para o Brasil, U\$11125,34 para a Rússia e U\$ 11763,94 para a Turquia.

Comparando esses resultados com o trabalho de CETINGUC *et al.*, (2017), VUKOSZAVLYEV (2019), STANCU; BUCUR (2017), NASIEROWSKI (2016) que demonstram através da análise da correlação entre os índices que essa correlação é significativa.

STANCU; BUCUR (2017) aponta em seu estudo com 141 países, baseado nos dados de PIB per capita em dólares e o GII do ano de 2013, que o PIB per capita e o GII possuem um coeficiente de determinação de .725, ou seja, 72,5 % do resultado do PIB per capita pode ser explicado pelo valor do GII.

VUKOSZAVLYEV (2019), utiliza os dados do GII de 2018 para comparar diversos índices, inclusive o GII, o PIB per capita e o IDH. Neste estudo ele aponta diferenças regionais no âmbito da inovação, com a América do Norte (EUA e Canadá) liderando com uma média de 56,4, seguido pela Europa, com uma média de 46,67. O Sudeste da Ásia também possui um grau elevado de inovação, muito próximo da Europa, com uma média de 43,8, muito à frente do sudoeste Asiático e norte da África com 33,76 e da América Latina e Caribe com uma média de 30,31. Os piores índices ficam com a Ásia central e o sul da Ásia com 28,24 e a África Subsaariana com 24,53. O estudo ainda aponta a existência de correlação do GII com os indicadores de PIB per Capita, Expectativa de vida e no IDH, sendo o coeficiente de correlação entre IDH e GII de 0,842 e entre GII e PIB per Capita de 0,750.

Observa-se que existe uma diferença entre o estudo de VUKOSZAVLYEV (2019) e a presente pesquisa com relação a metodologia aplicada. Enquanto o primeiro utiliza dados apenas do ano de 2018, apontando assim a relação entre o nível de inovação da economia com o desenvolvimento econômico e humano, este estudo busca apresentar o impacto que o nível de inovação tem sobre esses aspectos ao longo do tempo, buscando

apresentar qual intervalo de tempo necessário para que esse maior grau de inovação impacte tanto no desenvolvimento econômico quanto no humano.

CETINGUC *et al.*, (2017) com base em dados de 2015, restringiu a pesquisa a 99 economias, demonstrando que o GII é influenciado positivamente pelo IDH possuindo uma correlação de 0,834.

NASIEROWSKI (2016) aponta a existência de relação entre os subíndices que compõe índices compostos como o GII, assim como a similaridade entre as metodologias e as series de dados utilizados para calculá-los, independente do objetivo ao qual o índice deseja mensurar. Utilizando dados do GII de 2014, IDH de 2013 e outros índices do período de 2012 a 2015, o estudo encontrou uma boa correlação entre o IDH e o GII, com um coeficiente de 0,839.

Os autores indicam que os índices possuem correlação, entretanto fatores individuais, como geopolíticos e econômicos dos países em questão afetam o índice.

No caso Brasileiro, alguns fatores chamam a atenção, principalmente a queda acentuada apresentada no GII, que ajuda a explicar a correlação negativa em relação ao IDH. Essa queda no GII pode ser explicada principalmente pela queda no Subíndice de produtos de inovação, com destaque negativo para a queda em produtos criativos, que possuíam um valor de 46,9 em 2011 caindo para 22,8 em 2019, uma queda de 24,1 pontos. O Brasil saiu de uma posição de destaque neste pilar, na 12ª colocação no ranking considerando todos os países em 2011, para 82ª posição, caindo 70 posições no período. A principal queda ocorreu no indicador de exportações de serviços criativos, onde o Brasil se encontrava na segunda posição, pouco abaixo da líder Holanda, em 2011 e em 2019 caiu para a de número 77. Serviços criativos são definidos no GII como os relativos a audiovisual, propaganda, pesquisas de opinião e de mercado, entre outros na área cultural. O GII utiliza a porcentagem referente a exportações de serviços criativos em relação ao total de exportações.

Esta queda destoa dos valores encontrados para o subíndice de insumos de inovação, que tiveram uma pequena melhora no período estudado, com destaque para o pilar de infraestrutura, saindo de 32,2 em 2011 para 46,8 em 2019, um aumento da ordem de 14,6 pontos. Outro destaque no subíndice de insumos de inovação foi o pilar de sofisticação do mercado que saiu de 35,7 em 2011 para 44,2 em 2019, um aumento de 8,5 pontos.

6. Conclusão

Apesar da existência de correlação já apontada na bibliografia e confirmada neste estudo, outros fatores entram na análise ao se tratar de países de maneira individual. A diferença nos períodos para a melhor correlação entre as series temporais varia entre os países estudados, por exemplo na comparação entre GII x PIB, variando entre 0, no caso do Brasil, e 4 no caso da Rússia. Outro ponto são as mudanças de acordo com o contexto de cada país, no caso do Brasil, por exemplo, a crise econômica ocorrida no período acabou impactando tanto o PIB per capita quanto o GII, prejudicando a correlação com o IDH.

O estudo possui limitações com relação a disponibilidade de dados de outros países para comparação. Além disso foi uma limitação importante para um estudo estatístico o curto período de dados do GII, iniciado em 2007, que com uma mudança na sua metodologia em 2011, limitou ainda mais os período de dados utilizados, dessa forma a análise temporal fica prejudicada.

Como trabalho futuro, sugere-se uma análise mais aprofundada do Brasil, já que nos dados deste país a maior discrepância foi encontrada. Entre outros, dois estudos pertinentes se destacam, a comparação das diferentes regiões do país, já que estas apresentam graus de desenvolvimento muito discrepantes. Outro estudo interessante é o

acompanhamento do GII ao longo do tempo e a busca por eventos que possam explicar a sua flutuação.

Referências

BARAJAS, MARIA DEL ROSIO; CARMEN RODRÍGUEZ CARRILLO, M. Complexidade produtiva e aprendizado na indústria eletrônica, na fronteira norte do México. **Indicadores Econômicos FEE**. v. 31, n. 3, p. 19–46, 2003.

CASTILLO, J.; DE VRIES, G. The domestic content of Mexico's maquiladora exports: A long-run perspective. **The Journal of International Trade & Economic Development**, v. 27, n. 2, p. 200-219, 2017.

CETINGUC, B., CALIK, E., ALPKAN, L., & CALISIR, F. The relationships among the prominent indices: HDI-GII-GCI. **Lecture Notes in Management and Industrial Engineering**, p.187-194 , 2017

CUNHA ALVES, A.; AZEVEDO, V. Embrapa Network for Brazilian Plant Genetic Resources Conservation. **Biopreservation and Biobanking**, v. 16, n. 5, p. 350-360, 2018

GARCIA-MACIA, DANIEL, HSIEH, CHANG-TAIKLENOW, PETER J. How Destructive Is Innovation?. **Econometrica**, v. 87, n. 5, p. 1507-1541, 2019.

HANSEN, JOHN D. REICH, JUSTIN. Democratizing education? Examining access and usage patterns in massive open online courses. **Science**, v. 350, n. 6265, p. 1245-1248, 2015.

KIZILCEC, RENÉ F., SALTARELLI, ANDREW J.REICH, JUSTIN et al. Closing global achievement gaps in MOOCs. **Science**, v. 355, n. 6322, p. 251-252, 2017.

LEIFER, RICHARD, O'CONNOR, GINA COLARELLIRICE, MARK. A implementação de inovação radical em empresas maduras. **Revista de Administração de Empresas**, n.42, 2002

MUKAKA MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Med J**. 2012 Sep;24(3):69-71. PMID: 23638278; PMCID: PMC3576830.

NASIEROWSKI, W. Composite Indexes Economic and Social Performance: Do they Provide Valuable Information?. **Foundations of Management**, v. 8, n. 1, p. 167-174, 2016.

PLASTÍNINA L.A. SÚKHAREVA E.M., N. V. T.-G. N. V. Ecosistema digital de colombia: tendencias y objetivos por alcanzar. **Russian economy: goals, challenges and achievements**. P.191-193, 2018.

SALERNO, M. S.; GOMES, L. A. V. **Gestão da Inovação mais Radical**, Elsevier Editora Ltda, 2018

SCHUMPETER, JOSEPH ALOIS. **Capitalism, socialism and democracy**. Harper Perennial, 1942.

SIPRI. **Sipri.org**. Disponível em: <<https://sipri.org/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

STANCU, A.; BUCUR, C. R. The Correlation Between Innovative Capabilities and Economic Development. **Economic Insights – Trends and Challenges**. v. 6, n. 4, 2017.

TÓTH, A.; JUHÁSZ, T.; KÁLMÁN, B. The Role of Innovation and Human Factor in the Development of East Central Europe. **Montenegrin Journal of Economics**, v. 16, n. 1, p. 251-274, 2020.

UNDP - UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Undp.org**. Disponível em: <<https://www.undp.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2021

VUKOSZAVLYEV, S. The connection between global innovation index and economic well-being indexes. **Applied Studies in Agribusiness and Commerce**, v. 13, n. 3-4, p. 87-92, 2019.

WORLD BANK. **worldbank.org**. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.