

# SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DO BRASIL: UMA ANÁLISE BASEADA NO ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO

## BRAZILIAN NATIONAL INNOVATION SYSTEM: AN ANALYSIS BASED ON THE GLOBAL INNOVATION INDEX<sup>1</sup>

## SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN EN BRASIL: UN ANÁLISIS BASADO EN EL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN<sup>2</sup>

JURACI FERREIRA GALDINO<sup>3</sup>

### RESUMO

Estratégias de desenvolvimento e de defesa são indissociáveis, e a mola propulsora dessas estratégias é a inovação. Em um mundo globalizado no qual pululam novas e desafiadoras ameaças assimétricas que se somam às antigas, tradicionais e cada vez mais perigosas, a inovação se torna fundamental para promover o crescimento econômico, o acúmulo da capacidade tecnológica e a autonomia em áreas sensíveis. Com indicadores de inovação pífios, o Brasil se encontra na 69ª posição no ranking internacional do Índice Global de Inovação e na 99ª classificação no ranking internacional da Taxa de Eficiência de Inovação. Utilizando como referência os dados do Global Innovation Index, este trabalho visa analisar a evolução do Índice Global e da Taxa de Eficiência de Inovação no período de 2013 a 2017, para concluir sobre tendências mundiais e brasileiras do Sistema Nacional de Inovação. Os resultados mostram que o mundo está menos inovador e mais desigual. No contexto nacional, eles indicam deterioração dos índices de inovação e distanciamento dos países desenvolvidos: o Brasil está ficando para trás.

**Palavras-chave:** Inovação. Insumos de Inovação. Produtos de Inovação. Índice Global de Inovação. Hélice Tríplice.

### ABSTRACT

Development Strategy and Defense Strategy are inseparable and a driving force behind strategies is innovation. In a globalized world and without new asymmetric technologies that add to the old and increasingly natural hazards, an innovation becomes fundamental to promote economic growth, the power of technological technology and autonomy in sensitive areas. Competitors of weak innovation, Brazil is in the 69th position in the international ranking of the Global Index of Innovation and in the 99th place in the international ranking of the Rate of Innovation Efficiency. Using the Global Innovation Index references, the program aims to evolve into the Global Index of Innovation and Innovation Efficiency Assessment in the period from 2013 to 2017, to carry out actions on the large Brazilian companies of the National Innovation System. The results presented show that the world is becoming less innovative and more unequal. In the national context, the deterioration of innovation indices and the development of countries: Brazil is being pushed back.

**Keywords:** Innovation. Innovation Input Sub-Index. Innovation Output Sub-Index. Global Innovation Index. Triple Helix.

### RESUMEN

Las estrategias de desarrollo y de defensa están indisolublemente ligadas, y sus muelles propulsores son la innovación. En un mundo globalizado en el que abundan nuevas y desafiadoras amenazas asimétricas que se suman a las antiguas, tradicionales y cada vez más peligrosas, la innovación es fundamental para promover el crecimiento económico, la acumulación de capacidad tecnológica y la autonomía en áreas sensibles. Con indicadores de innovación mediocres, Brasil ocupa la 69ª posición en el ranking internacional del Índice Global de Innovación y la 99ª clasificación en el ranking internacional de la Tasa de Eficiencia de Innovación. Utilizando como referencia los datos del Global Innovation Index, el objetivo de este estudio es analizar la evolución del Índice Global y la Tasa de Eficiencia de la Innovación en el período de 2013 a 2017, para concluir sobre tendencias mundiales y brasileñas del Sistema Nacional de Innovación. Los resultados muestran que el mundo está menos innovador y más desigual. En el contexto nacional, indican el deterioro de los índices de innovación y el distanciamiento de los países desarrollados: Brasil se está quedando atrás.

**Palabras clave:** Innovación. Insumos de Innovación. Productos de Innovación. Índice Global de Innovación. Triple Hélice.

<sup>1</sup> Article available in English: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM>

<sup>2</sup> Artículo disponible en Español: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM>

<sup>3</sup> Coronel do Quadro de Engenheiros Militares, Chefe da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica.

Doutor em Ciências na área de Engenharia Elétrica pela UFCG.

e-mail: [galdino.juraci@eb.mil.br](mailto:galdino.juraci@eb.mil.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade do homem em desenvolver tecnologias, modificar o meio ambiente em proveito próprio e acumular o conhecimento ao longo de sucessivas gerações propiciou a sua sobrevivência e evolução no planeta Terra.

Atualmente, a inovação é elemento central da soberania, da competitividade, do crescimento econômico e do desenvolvimento de uma Nação. Condição necessária e peremptória para se atingir os Objetivos Nacionais Permanentes, a inovação é dependente da capacidade de gerar conhecimento e de aplicá-lo no setor produtivo.

O desenvolvimento científico e tecnológico; os vínculos entre academia, firmas e governo; os investimentos com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); a produção científica e os registros de patentes, apesar de importantes (ALBUQUERQUE, 1996), não são suficientes para promover e alavancar a capacidade de inovação de um país. Uma evidência disso, vem ocorrendo com o Brasil, em que apesar da implementação, nos últimos vinte anos, de várias políticas voltadas para incentivar a Ciência, a Tecnologia e a Inovação, os resultados observados são, no mínimo, modestos (NEGRI, 2017).

Muitos fatores influenciam o processo de inovação. Aspectos institucionais, como ambiente político, ambiente de regulação, ambiente de negócios e a segurança jurídica, são considerados por investidores e empresários nacionais e estrangeiros no processo decisório de ampliar ou até mesmo de iniciar uma atividade produtiva em um determinado país.

A infraestrutura também é importante, pois a eficiência nos gastos e na qualidade de atividades logísticas, tais como transporte e distribuição de bens e serviços, dependem, em grande medida, da existência de bons modais. A infraestrutura de Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC) e os serviços prestados pelo governo utilizando tais meios são cada vez mais importantes no processo de inovação. Além disso, a disponibilidade de energia elétrica e a política do país com relação às questões ambientais podem favorecer ou dificultar a inovação.

A sofisticação de mercado nacional, particularmente sua escala, poder de compra e facilidade de financiamento e incentivos às atividades empresariais empreendedoras, impacta diretamente na capacidade de inovação de um país. Sofisticação de negócios, disponibilização de mão de obra qualificada, capacidade de formação e aperfeiçoamento de recursos humanos e segurança pública, também afetam a inovação.

Em suma, a inovação é um assunto complexo e multidisciplinar que transcende aspectos ligados à Ciência e Tecnologia. Ela advém direta ou indiretamente de diversos atores e fatores que

formam o denominado Sistema Nacional de Inovação (CIMOLI, 2014; GODIN, 2009; LUNDVALL, 2007).

A expressão "Sistema Nacional de Inovação" (SNI) foi cunhada por Freeman, no final da década de 1980, para designar um

conjunto de instituições públicas e privadas, cujas atividades e interações contribuem para a criação, avanço e difusão das inovações tecnológicas de um país (FREEMAN, 1995).

Para Albuquerque (1996), o SNI é "uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente que impulsiona o progresso tecnológico em economias capitalistas". Ainda de acordo com o pensamento desse autor, os SNI são arranjos institucionais envolvendo firmas, redes de interação entre empresas, agências governamentais, universidades, institutos de pesquisa e desenvolvimento, bem como a atividade de cientistas e engenheiros que se articulam com o sistema educacional, com o setor industrial e empresarial e com as instituições financeiras, compondo o circuito dos agentes que são responsáveis pela geração, implementação e difusão das inovações tecnológicas (ALBUQUERQUE, 1996, p. 57). Lundvall (1992) assevera que um Sistema Nacional de Inovação é constituído por um grupo articulado de recursos técnicos, humanos, organizacionais, gerenciais e financeiros em suporte a iniciativas de inovação e empreendedorismo. O Sistema está ligado à capacidade de aprendizado de um país e, portanto, à sua capacidade em se adaptar às mudanças do ambiente (LUNDVALL, 1992).

A área de Defesa é altamente demandante de ciência, tecnologia e inovação. Por conta disso, tanto o Livro Branco de Defesa (BRASIL, 2016a), quando a Política Nacional de Defesa (BRASIL, 2016) e a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2016) destacam a associação, a vinculação e a mútua dependência entre a Estratégia de Defesa e a Estratégia de Desenvolvimento, bem como a necessidade de desenvolvimento científico e tecnológico para promover autonomia em áreas importantes, como a cibernética, a nuclear e a espacial.

O Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército Brasileiro vem passando por um processo de transformação no qual se busca, dentre outros, criar um ambiente favorável à inovação, ao fortalecimento da Base Industrial de Defesa do Brasil e, particularmente, a maior integração e cooperação entre academia, governo e firmas (PELLANDA, 2013). Uma importante etapa desse processo é a consolidação do Sistema Defesa, Indústria e Academia de Inovação (SisDIA) (SILVA, 2017), recém-criado e inspirado no modelo da Hélice Tríplice (AMBROS, 2017) e a criação da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC) do Exército Brasileiro (FERREIRA, 2017; PASSOS; MAGNO NETO; DIAS, 2017). Todavia, em que pese os esforços

## 2. O SNI E O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO DE INTERESSE DA DEFESA

realizados pelo Exército Brasileiro, seu Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação interage, depende e está condicionado ao SNI do Brasil. Portanto, a capacidade de inovação daquele, depende visceralmente da desse sistema. Assim, avaliar este sistema, bem como suas tendências, é importante não apenas para o crescimento e desenvolvimento nacionais, mas também para impulsionar a área de Defesa.

Há diversos indicadores com a finalidade de avaliar um SNI, dentre eles destacam-se os produzidas pelo *Global Innovation Index* (GII), os quais são empregados para realizar os estudos e análises deste trabalho.

Em função da evolução do conceito de inovação, os indicadores gerados pelo GII vem mudando ao longo do tempo, mediante alterações de metodologias de cálculo, bem como inclusão e supressão de variáveis. Apesar de aprimorarem os indicadores, essas modificações dificultam o estudo da evolução de um SNI. Em 2012, por exemplo, a metodologia do GII mudou bastante, para refletir a importância da interação entre os atores da hélice tríplice e de aspectos ambientais (ETZKOWITZ, 2005; MORGADO, 2013). Além disso, as variáveis utilizadas na composição dos indicadores nem sempre são atualizadas anualmente, a par disso, existem incertezas de quando e em que intensidade melhorias de indicadores se traduzem em efetiva inovação (recursos investidos em P&D podem gerar inovações em futuro imprevisível, o mesmo ocorre com a melhoria da infraestrutura, na educação e em outros indicadores, cujos benefícios para a geração de inovação são difíceis de quantificar e indefinidos no tempo, podendo ser de curto, médio e longo prazos).

A despeito das dificuldades supracitadas, é fundamental estudar a evolução desses indicadores para ajustar políticas, identificar gargalos e tendências e, até mesmo, definir novas políticas e estratégias para se aumentar a competitividade e promover o crescimento econômico, criando assim melhores condições para o desenvolvimento nacional.

Cabe destacar que nos últimos cinco anos a estrutura de pilares e subpilares do GII vem sendo mantida (DUTTA; LANVIN, 2013; DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2014, 2015, 2016, 2017), facilitando a análise evolutiva, razão pela qual o estudo ora apresentado compreende o recorte temporal de 2013 até 2017.

Cabe destacar que apesar de importante, poucos são os trabalhos que realizam análise da evolução de indicadores do SNI, particularmente, do GII. Este trabalho pretende contribuir com o preenchimento desta lacuna, particularmente com relação ao Brasil. Especificamente, o objetivo fulcral deste trabalho é realizar a análise da evolução dos principais indicadores do GII de 2013 até 2017, especificamente o Índice Global de Inovação e a Taxa de Eficiência de Inovação, para concluir sobre tendências mundiais e brasileiras do Sistema Nacional de Inovação.

A tecnologia antecedeu a ciência em muitos séculos e, mesmo depois do seu surgimento, aquela vinha produzindo seus avanços sem desta depender. Porém com o acúmulo da capacidade tecnológica, problemas muito mais complexos nos diversos campos do conhecimento puderam ser enfrentados com ferramentas e utensílios mais sofisticados e novos avanços passaram a depender cada vez mais de estudos científicos. De fato, as primeiras ferramentas fabricadas pelo homem eram de base empírica, porém, com o passar do tempo, não apenas as grandes descobertas tecnológicas, mas até mesmo as inovações incrementais, conforme definidas por Figueiredo (2015), particularmente aquelas de elevado valor agregado, tornaram-se inteiramente dependentes do conhecimento de base científica.

Tendo como critério a longevidade, o beneficiamento para o ser humano, o impacto na sociedade, a exploração científica e/ou tecnológica e a representatividade no período sociocultural, Amarante (2009) catalogou 101 tecnologias de maiores impactos da raça humana. De acordo com o seu estudo, todas as tecnologias geradas no período da pedra lascada (fogo, indumentária, instrumentos de pedra e arco e flecha) são de base empírica. Da mesma forma, as 16 (dezesseis) tecnologias catalogadas como tendo sido geradas durante a revolução agrícola são de base empírica. Ainda segundo esse estudo, a primeira tecnologia de base científica (os óculos, desenvolvidos por Roger Bacon) surgiu apenas em 1266. Porém, depois dessa invenção, poucas foram produzidas de forma empírica e, após 1829, ano em que foi inventada a locomotiva por Stephenson, todas as tecnologias elencadas por esse autor são de base científica.

O trabalho de catalogar as mais importantes tecnologias da humanidade é hercúleo. Amarante, apesar de ter realizado um trabalho criterioso e metucioso, pode ter incluído tecnologias em detrimento de outras que possam ser eventualmente mais impactantes em razão de inevitável grau de subjetividade nessa classificação. Apesar disso, esse trabalho mostra claramente o aumento da importância do conhecimento científico na geração de tecnologias com o passar do tempo.

Outros estudos sobre a associação entre ciência e tecnologia chegam a conclusões similares. Longo (1984), por exemplo, defende que a tecnologia acompanha o homem desde os primórdios, mas que a produção era realizada de forma amadora, não sistêmica, espontânea e dependia de ideias brilhantes de pessoas notáveis e privilegiadas. Segundo o autor, essa situação manteve-se até o

advento da Revolução Industrial, porém, destaca que, por volta de 1830, a ciência passou a ser aplicada na produção da tecnologia, uma tendência que se intensificou a partir de 1880 com os trabalhos de Thomas Alva Edison.

Schwab (2016) destaca cinco períodos revolucionários que mudaram completamente todos os setores das sociedades vigentes nos respectivos momentos históricos. O primeiro deles, ocorrido há cerca de 10.000 anos, e os demais, as denominadas revoluções industriais, a partir do Século XVIII. A primeira revolução industrial ocorreu entre 1760 e 1840. A segunda iniciou no final do Século XIX e prosseguiu até meados do Século XX. A terceira por volta de 1960 e, por fim, a quarta, surgiu no despertar do Século XXI e se encontra em andamento. Comparando-se essas revoluções, verificam-se algumas tendências, sendo evidente a relação cada vez mais forte entre Ciência, Tecnologia e Inovação.

Ademais, com o acúmulo do conhecimento científico-tecnológico, até mesmo as inovações incrementais, sobretudo em áreas de alta tecnologia, tornaram-se cada vez mais difíceis de serem obtidas sem o apoio e a utilização de avanços na esfera científica. Em razão disso, ao longo do Século XX, as principais firmas mundiais, tais como, XEROX, Du Pont, Merck, IBM, GM, KODAK e AT&T criaram seus sofisticados laboratórios de pesquisa aplicada e desenvolvimento (CHESBROUGH, 2012). Atualmente, inovar em setores de alta tecnologia, como na área de Defesa, é praticamente impossível sem o apoio de atividades de P&D.

Segundo Figueiredo (2015), o acúmulo de capacidades tecnológicas, fundamental para realizar atividades de inovação e para fortalecer a competitividade das empresas, vem sendo estudado desde a primeira Revolução Industrial, ocorrida no Século XVIII, por pensadores clássicos, mas foi Joseph Schumpeter, a partir de 1911, quem trouxe a inovação para o centro do debate sobre o desenvolvimento econômico das nações.

Desde então, a capacidade tecnológica recebeu contribuições de diferentes autores e hoje é entendida como um reservatório de recursos envolvendo sistemas técnicos e físicos, sistema organizacional e institucional, produtos e serviços e, principalmente, a mente das pessoas. Todavia, ainda segundo Figueiredo (2015), a partir da década de 1990, com o advento da Economia do Conhecimento e da Aprendizagem, o assunto vem ganhando maior destaque.

Os países em desenvolvimento e emergentes ainda estão consolidando os seus SNI e possuem uma realidade bem diferente da dos desenvolvidos. Naqueles, segundo o aludido autor, as capacidades tecnológicas inovadoras

ainda precisam ser construídas, pois possuem firmas preponderantemente imitadoras, além da deficiente oferta de pessoal altamente qualificado e precária infraestrutura tecnológica. Em razão disso, para que possam competir globalmente, eles precisam construir sua capacidade tecnológica em ritmo acelerado e mais intenso do que aqueles que possuem capacidades consolidadas e operam na fronteira do conhecimento.

Para tal é preciso dispor um SNI eficiente. Um modelo que vem sendo apontado para criar um ambiente ou um sistema propício à inovação é denominado de Hélice Tríplice (do termo em inglês *Triple Helix* – TH), cuja essência reside na cooperação ou integração entre governo, universidades e firmas, conforme defendido por Etzkowitz (2005). Outro é a inovação aberta, conforme definido por Chesbrough (2012), em oposição à inovação fechada na qual as firmas usam estratégias verticalizadas, realizando internamente todo o processo de pesquisa, desenvolvimento, produção, venda e assistência técnica. Em razão de diversas forças de erosão que abalaram a inovação fechada ao longo do século XX, modelo prevalente até então, a inovação aberta, por meio de aquisições de patentes e de modelos de negócios sofisticados, propicia as firmas a aplicarem não apenas boas ideias geradas internamente, mas também as produzidas externamente em universidades, centros de pesquisa e *startups*, além disso, pode gerar recursos substanciais com a venda de patentes ou com o licenciamento de tecnologias que as firmas não pretendem comercializar ou explorar diretamente.

Repise-se que a inovação é fundamental para melhorar a produtividade, aumentar a competitividade, promover o crescimento econômico e viabilizar o ingresso de um país na Cadeia Global de Valor. Um país com um incipiente e ineficiente SNI, em um mundo cada vez mais integrado e globalizado, torna-se mercado para ser explorado por empresas multinacionais e transnacionais, fornecedor de mão de obra barata e exportador de recursos minerais e de commodities. Estabelece-se assim, um círculo vicioso, comprometendo o crescimento econômico, o desenvolvimento e a soberania. Criam-se óbices à autonomia nacional em áreas sensíveis e, particularmente, dificultam-se atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de Produtos de Defesa (PRODE), limitando-se a Base Industrial de Defesa (BID).

Em particular, as análises aqui realizadas mostram que o SNI brasileiro é ineficiente, precário e sem indícios de consolidação em curto prazo. Indubitavelmente, isso dificulta o fortalecimento da BID nacional, alonga os ciclos de projetos de P&D de interesse da Defesa e aumenta as chances

de insucessos desses projetos; torna mais difícil obter autonomia em áreas estratégicas; bem como, podem tornar a mobilização no setor industrial mais ineficiente.

Cabe mencionar que importantes projetos bem-sucedidos de P&D do Exército Brasileiro, por exemplo, beneficiaram-se de situações específicas, em que firmas e institutos de pesquisa que atuavam no mercado civil detinham elevada capacidade tecnológica em áreas correlatas e importantes ao desenvolvimento pretendido. A BRADAR, a Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (Fundação CPqD) e a SPECTRA são algumas dessas instituições que apoiaram projetos de pesquisa e desenvolvimento realizados pelo Centro Tecnológico do Exército (CTEx), mediante a celebração de diversos contratos de P&D ao longo dos últimos 12 anos.

A empresa BRADAR<sup>4</sup> participou do desenvolvimento da família de radares SABER M60, SENTIR M20 e vem participando da P&D do SABER M200. Recentemente, a Embraer Defesa assinou Contrato de Licenciamento da Tecnologia do M60, cuja titularidade é do Exército Brasileiro, tornando-se uma empresa responsável pela exploração comercial deste PRODE (licenciamento não exclusivo)<sup>5</sup>. Assim, além de atender demanda interna das Forças Armadas (com os radares M60 e M20), essa empresa está negociando a exportação do radar M60 para diversos países. A Fundação CPqD vem atuando, com grande sucesso, no desenvolvimento de formas de onda do Rádio Definido por Software (RDS) do Ministério da Defesa, sendo atualmente, a única instituição nacional que, juntamente com o CTEx, domina todo o ciclo de especificação, pesquisa e desenvolvimento de formas de ondas de rádios táticos abaixo da linha do Equador (rádios militares baseados na tecnologia RDS e que segue o padrão de comunicação interno *Software Communications Architecture*) (CASTELLO BRANCO et al., 2015; PRADO FILHO, 2017). A empresa SPECTRA Tecnologia participou do desenvolvimento do Simulador de Helicópteros Esquilo e Fennec (SHEFE).

No entanto, outros projetos de P&D voltados para às Forças Armadas demoraram mais do que o esperado, não chegaram a resultados satisfatórios ou foram interrompidos com perda

de conhecimentos valiosos. Possíveis causas disso são a indisponibilidade de expertise nacional importantes (recursos humanos e insumos) para apoiar atividades de P&D, a dificuldade de aproveitamento de tecnologias duais no mercado civil de baixo valor agregado e outros problemas que dificultam a capacidade de inovação em razão de um SNI brasileiro ineficiente. Portanto, ampliar a capacidade do SNI nacional, além de contribuir para o crescimento e o desenvolvimento nacional, poderá aumentar as chances de sucesso de P&D de PRODE. Destaque-se que mesmo nos casos de sucesso, os ciclos de desenvolvimento provavelmente teriam sido reduzidos, caso o Brasil dispusesse de um SNI consolidado e eficiente, em que pululassem pesquisas e produtos gerados para o mercado civil que pudessem ser aproveitados para o desenvolvimento de produtos de defesa (FITZGERALD; SANDER; PARZIALE, 2016; LESKE, 2018).

### 3. MEDINDO A CAPACIDADE DO SNI: O ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO

A escolha dos indicadores do GII para os estudos aqui realizados deve-se à abrangência com que o assunto é tratado por essa organização, indo além dos tradicionais indicadores que capturam informações de investimento em P&D, patentes e artigos publicados, incluindo na obtenção das medidas outros fatores formando o denominado "ecossistema de inovação" e que, de alguma forma, facilitam a inovação (insumos); à grande quantidade de países considerados, o relatório de 2016 da GII, por exemplo, inclui 128 países que conjuntamente representam 92,8% da população mundial e 97,9% do PIB global, portanto, os dados divulgados apresentam uma avaliação bastante completa da inovação mundial (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016); à vasta experiência da organização no tema, com histórico de mais de 10 anos de geração e divulgação das medidas; à disponibilização de volumosa base de dados na internet que compreende não apenas os indicadores de inovação, mas também os "dados brutos" utilizados na obtenção dos indicadores (subíndices, pilares, subpilares e da ordem de 80 variáveis e indicadores); à confiabilidade dos dados e índices, por conta da adoção de critérios rigorosos para incluir um país nos relatórios e dos procedimentos de tratamento de *outliers*; e, principalmente, pela aceitação mundial dos indicadores gerados pela organização em comento, tornando-se, com o passar dos anos, referência sobre avaliação de inovação, servindo inclusive como fonte de consulta de investidores e governos em todo o mundo.

<sup>4</sup> A empresa Bradar, atualmente integrante do Grupo Embraer Defesa, surgiu da Orbisat, empresa que participou, mediante contratos de P&D, do desenvolvimento de radares em apoio ao CTEx.

<sup>5</sup> Informações sobre esse assunto podem ser obtidas em: <[http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset\\_publisher/MjaG93KcunQJ/content/industria-de-defesa-assinatura-do-contrato-de-licenciamento-do-radar-m60](http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQJ/content/industria-de-defesa-assinatura-do-contrato-de-licenciamento-do-radar-m60)>.

Acesso em: 15 dez, 2017.

O GII divulga relatórios anualmente, desde 2007, em sua página oficial da internet, contendo informações sobre a capacidade e a eficiência de inovação de diversos países. A partir de 2013, eles vêm sendo publicados em parceria com a Cornell University, INSEAD, escola de negócios de destaque no mundo, e *World Intellectual Property Organization (WIPO)*, da Organização das Nações Unidas. Desde então, a estrutura de cálculo vem sendo mantida, apesar de pequenas mudanças em algumas variáveis e indicadores intermediários. A estabilização da arquitetura ou da estrutura principal dos indicadores a partir de 2013, facilita a realização de análise da evolução temporal dos indicadores divulgados nos relatórios do GII (DUTTA; LANVIN, 2013; DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2014, 2015, 2016, 2017)

Composta de quatro níveis hierárquicos, a arquitetura adotada pelo *Global Innovation Index (GII)* para avaliar os processos de inovação das economias mundiais é ilustrada na Figura 1. O primeiro nível contém os dois principais indicadores produzidos pelo GII: o Índice Global de Inovação (IGI) e a Taxa de Eficiência de Inovação (TEI). No segundo nível, são incluídos os subíndices Insumos de Inovação (II) e Produtos de Inovação (PI), os quais servem de base para calcular os índices principais.

O IGI é obtido por meio da média aritmética entre II e PI, enquanto que a TEI é a razão entre PI e II. Ou seja, considerando que os PI são os resultados de inovação e que II são os recursos ou matérias primas para gerar as inovações, essa taxa expressa a razão entre a saída pela entrada, uma clara indicação de eficiência de um sistema, no caso o de inovação.

No terceiro nível da hierarquia encontram-se os pilares, que servem de base para calcular os subíndices. Os pilares Instituições, Recursos Humanos e Pesquisa, Infraestrutura, Sofisticação de Mercado e Sofisticação Empresarial capturam informações ou características médias dos países relacionadas com insumos importantes para gerar inovações. Eles representam aspectos que indicam a capacidade ou o potencial de um país de gerar inovação ou as facilidades propiciadas pelo país para promover inovação. A média aritmética desses cinco pilares define o subíndice Insumos de Inovação.

Os pilares Produtos de Conhecimento e Tecnologia e Produtos Criativos refletem os produtos ou os resultados de inovação gerados por um país. A média aritmética desses pilares define o subíndice Produtos de Inovação.

O último nível da hierarquia é composto dos subpilares, três para cada pilar, perfazendo um total de vinte e um, conforme ilustrado na Figura 1. O valor de cada pilar é obtido como uma média

aritmética de seus subpilares. Cabe destacar que cada um desses subpilares é calculado considerando de três a cinco variáveis, que não são ilustradas na figura. Detalhes sobre pilares, subpilares e desses indicadores podem ser obtidos na internet (<https://www.globalinnovationindex.org/>).

Em 2016, por exemplo, foram empregadas 82 (oitenta e duas) variáveis, sendo 58 (cinquenta e oito) quantitativas, 19 (dezenove) qualitativas e 5 (cinco) mensuradas por meio de questionários elaborados pelo *World Economic Forum*. Cabe destacar que algumas dessas variáveis são normalizadas, como, por exemplo, pelo PIB e população, antes de serem confrontadas com as de outros países (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

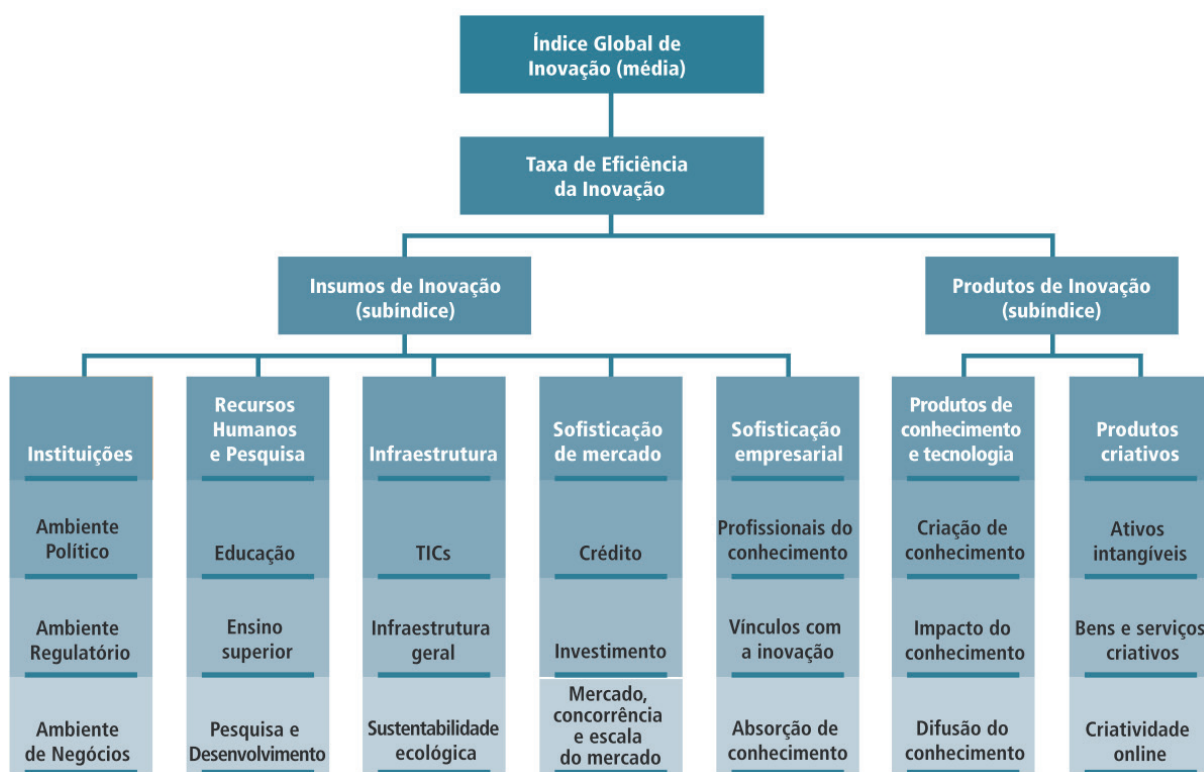
As 58 (cinquenta e oito) variáveis quantitativas são obtidas de várias agências das Nações Unidas, tais como: Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura (UNESCO); Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO); *World Intellectual Property Organization (WIPO)*, também conhecida pela sua sigla em português Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI); bem como pelo Banco Mundial; *Joint Research Center of the European Commission*; *Pricewaterhouse Coopers (PwC)*; *Thomson Reuters*; *IHS Global Insight* e *Google*.

As 19 (dezenove) variáveis qualitativas são provenientes de agências especializadas, tais como *World Bank*, *International Telecommunication Union (ITU)*, *UN Public Administration Network (UNPAN)* e de instituições acadêmicas, como as universidades de Yale e Columbia.

Nem todos os países conseguem levantar os valores de todas as variáveis. Entretanto, para abranger um número elevado de países e, ao mesmo tempo, conferir robustez e confiabilidade ao Índice Global de Inovação e à Taxa de Eficiência de Inovação, um país para ser incluído no relatório deve atender simultaneamente as seguintes restrições (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016): possuir, no mínimo, 60% das variáveis que geram os Insumos de Inovação; possuir, no mínimo, 60% das variáveis que geram os Produtos de Inovação; e, disponibilizar, no mínimo, duas variáveis para cada um dos 21 subpilares apresentados na Figura 1.

No ano de 2016, por exemplo, foram coletadas informações de 232 (duzentos e trinta e dois) países, mas apenas 128 (cento e vinte e oito) atenderam simultaneamente as restrições e foram incluídos no relatório. Mesmo assim, conforme mencionado previamente, esses 128 países, conjuntamente, acomodam 92,8% da população mundial e geram 97,9% do PIB global (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

**Figura 1** – Esquema indicando como são obtidas as medidas de inovação do *Global Innovation Index* (índices principais, subíndices, pilares e subpilares).



Fonte: *Global Innovation Index* (<https://www.globalinnovationindex.org>)

#### 4. ANÁLISE DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DO BRASIL

A Figura 2 mostra a evolução dos II e PI do Brasil ao longo dos últimos 5 (cinco) anos, em termos de valores absolutos (parte superior da figura) e relativos (parte inferior da figura), esta última visando avaliar a evolução da inserção do Brasil no mundo.

Na parte superior da figura, evidenciam-se tendências divergentes de evolução dos Insumos de Inovação e de Produtos de Inovação. Enquanto observa-se uma consistente melhoria dos valores absolutos dos II (aproximadamente 7%, considerando os extremos do período), verifica-se, em contraposição, uma consistente degradação dos PI (aproximadamente 29%). O senso comum indica exatamente um comportamento de tendências similares e não divergentes, como vem ocorrendo com o Brasil, pois os Insumos de Inovação são ingredientes ou facilitadores para a geração de inovação.

A expectativa supracitada é corroborada pelas elevadas correlações estatísticas<sup>6</sup> entre Insumos

de Inovação e Produtos de Inovação apresentadas em Tabela 1. Essas correlações foram calculadas a partir dos dados dos 128 (cento e vinte e oito) países constantes do relatório de 2016 do *Global Innovation Index* (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

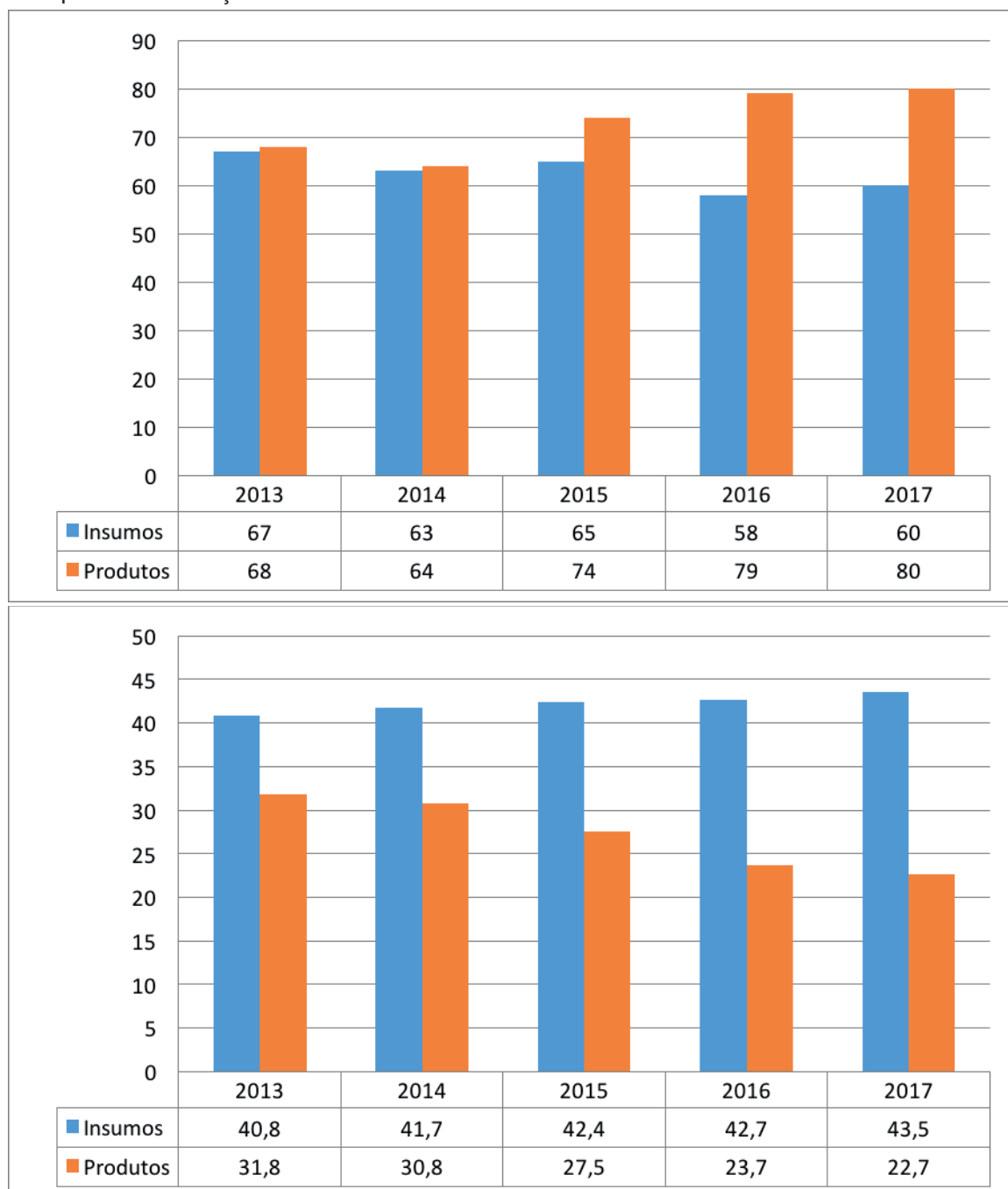
Por construção matemática, é razoável que a dependência ou as correlações estatísticas entre o IGI e II e entre IGI e PI sejam elevadas, uma vez que o IGI é a média aritmética de II e PI. Tal expectativa é confirmada pelos valores de Correlação de Pearson mostrados na primeira linha da Tabela 1 (96,0% e 97,2%). Entretanto, apesar de não haver nenhuma relação matemática explícita entre II e PI, a correlação entre esses indicadores também é elevada (88,4%), evidenciando uma interdependência entre Insumos de Inovação e Produtos de Inovação. Assim sendo, de fato espera-se que países com boas avaliações de instituições, infraestrutura, recursos humanos e mercado, tendam a criar condições favoráveis à

quanto maior, mais informação uma variável contém da outra. Um coeficiente nulo indica que as variáveis são independentes, e um coeficiente igual a um sinaliza que há uma correlação perfeita entre as variáveis, ou seja, conhecendo-se uma, pode-se inferir precisamente sobre a outra. A literatura especializada costuma atribuir para faixas de valores da correlação de Pearson a classificação de variáveis fracamente correlacionadas, moderadamente correlacionadas e fortemente correlacionadas. Neste trabalho, considera-se que duas variáveis são fortemente correlacionadas quando a correlação de Pearson for maior ou igual a 0,75 ou 75% (FONSECA, 2010).

<sup>6</sup> A correlação de Pearson quantifica o grau de dependência estatística entre duas variáveis aleatórias, medindo, portanto, o quanto uma variável carrega de informação da outra. Trata-se de um parâmetro cujo módulo varia entre 0 e 1, e

## SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DO BRASIL: UMA ANÁLISE BASEADA NO ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO

**Figura 2** – Evolução dos Insumos de Inovação e Produtos de Inovação do Brasil de 2013 até 2017. Valores absolutos na parte superior e classificação na inferior.



Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo *Global Innovation Index*.

geração de inovação. De forma oposta, torna-se pouco provável desenvolver uma atmosfera propícia à inovação em países com precárias avaliações de Insumos de Inovação.

Em síntese, o aumento dos Insumos de Inovação tende a elevar a probabilidade de melhoria dos Produtos de Inovação. Mesmo sendo esse um comportamento médio, é pouco provável que um país apresente ao mesmo tempo uma trajetória de melhoria nos Insumos de Inovação e de degradação de Produtos de Inovação por um longo período, como vem ocorrendo com o

Brasil ao longo dos últimos cinco anos. Este fenômeno anômalo precisa ser estudado em profundidade.

A parte inferior da Figura 2 mostra tendências similares às apresentadas em sua parte superior, apesar de oscilações episódicas. Revela-se uma melhoria de 7 posições nos Insumos de Inovação (atualmente o Brasil ocupa a 60ª posição no ranking internacional deste subíndice) e uma degradação de 12 posições nos Produtos de Inovação (atualmente o Brasil ocupa a 80ª posição no ranking internacional deste subíndice).



**Tabela 1** – Correlações cruzadas entre o Índice Global de Inovação (IGI), Insumos de Inovação (II) e Produtos de Inovação (PI).

Índices	IGI	II	PI
IGI	1	0,969	0,972
II	0,969	1	0,884
PI	0,972	0,884	1

Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo *Global Innovation Index*.

A Figura 3 mostra a evolução das classificações do Índice Global de Inovação e da Taxa de Eficiência de Inovação do Brasil ao longo dos últimos 5 (cinco) anos. Nessa Figura, verifica-se claramente uma grande degradação da TEI, em razão das tendências divergentes dos comportamentos dos II e PI, conforme mostrado na Figura 2. O Brasil, atualmente, ocupa a 99ª posição no *ranking* internacional da TEI, indicando que ele não consegue gerar resultados de inovação compatíveis com os recursos atualmente disponíveis. Nos últimos cinco anos, o Brasil despencou 30 posições neste critério. Isso pode ser um indicio de que as ações governamentais visando a promoção da Hélice Tríplice carecem de maior coordenação e foco.

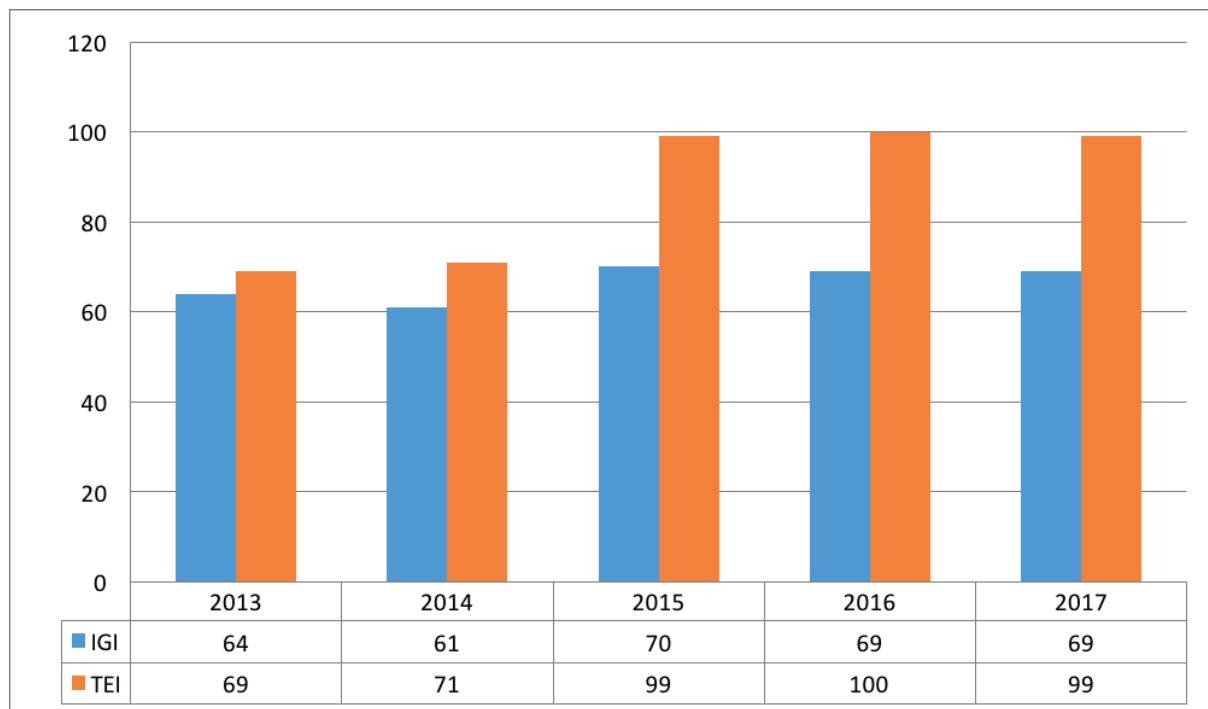
De forma similar, observa-se também uma degradação do Índice Global de Inovação ao longo dos últimos cinco anos, porém em menor intensidade. De certa forma, a melhoria nos Insumos de Inovação retém, um pouco, a queda de desempenho do Brasil.

Neste quesito, o Brasil ocupa atualmente a 69ª posição no *ranking* internacional, cinco posições pior do que a ocupada em 2013.

A Tabela 2 mostra as evoluções, ao longo dos últimos cinco anos, das variações das médias dos principais indicadores de inovação no mundo (Insumos de Inovação, Produtos de Inovação e Índice Global de Inovação). Nela foram incluídas também informações sobre as variações dos indicadores do Brasil no período, tanto em termos absolutos quanto relativos.

Para avaliar a dinâmica mundial, os países foram agrupados em quatro classes, conforme suas similaridades de desempenhos, cujos limitantes são quartis, conforme discutido adiante (FONSECA, 2010). Tal agrupamento permite aguçar as diferenças entre grupos de países e facilitar análises e identificação de tendências, o que seria dificultado caso fossem realizados agrupamentos por blocos econômicos, proximidades geográficas ou critérios geopolíticos,

**Figura 2** – Evolução da classificação do Índice Global de Inovação e da Taxa de Eficiência de Inovação do Brasil para o período de 2013 até 2017.



Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo *Global Innovation Index*.

como realizado em outros estudos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016).

A Classe I é delimitada pelo valor Mínimo do indicador e Q1 que, no jargão de estatística descritiva, é o Primeiro Quartil, denominação atribuída ao valor da variável em estudo que separa a massa de dados em duas partes, a primeira contendo 25% dos menores valores da variável e a segunda o restante dos dados. A Classe II é delimitada inferiormente pelo Q1 e superiormente pelo Q2, o Segundo Quartil, mais conhecido na área de estatística pela denominação de Mediana. Esse parâmetro separa os dados em dois conjuntos contendo a mesma quantidade de dados, sendo o primeiro conjunto contendo os dados de menor valor da variável. Como a Classe II é delimitada inferiormente pelo Q1 e superiormente pelo Q2 (Mediana), ela é formada por 25% dos países com pior avaliação, mas que superam os indicadores de todos os países agrupados na Classe I (que contem também 25% do total de países avaliados).

A Classe III é delimitada inferiormente pela Mediana e superiormente pelo Q3, parâmetro conhecido como Terceiro Quartil e que separa os dados em dois conjuntos: o primeiro contendo 75% dos dados; e o segundo 25%, sendo que neste são incluídos os dados de maior valor. Portanto, a Classe III contém 25% da totalidade dos países avaliados que, excluídos os países que estão na Classe I e Classe II (totalizando 50% dos países), possuem pior avaliação. Por fim, a Classe IV é delimitada inferiormente pelo Q3 e superiormente pelo valor Máximo (maior valor da variável observada dentre todos os países). Esta classe contém os 25% dos países avaliados que possuem os maiores valores da variável. Especificamente, aplicando-se essa regra no caso de 2016 em que foram incluídos 128 países no relatório do GII, conclui-se que a Classe IV é formada pelos trinta e dois países que possuem os maiores valores de Índice Global de Inovação. A Classe III é composta dos países cujos IGI se posicionam entre a 33ª até a 64ª classificações. A Classe II contém os países que são classificados da 65ª até a 96ª posição e, por fim, a Classe I, é o conjunto formado pelos países cujos IGI são classificados entre 97ª e 128ª posições.

A Tabela 2 mostra que o ritmo de geração de inovação no mundo reduziu nos últimos cinco anos, particularmente nos Produtos de Inovação. Essa dinâmica mundial pode ainda refletir a crise mundial de 2008, uma vez que o mesmo fenômeno pode ser observado nos indicadores de produtividade e do crescimento do PIB mundiais, áreas correlatas a de inovação. Em particular, vale destacar que antes da crise de 2008, o PIB mundial vinha crescendo a uma taxa anual média em torno de 5% e, após a aludida crise, apesar dos sinais de recuperação ocorridos nos últimos anos, esse ritmo vem sendo bem mais modesto, da ordem de 2% (BONELLI; VELOSO; PINHEIRO, 2017).

A Tabela 2 também mostra que o mundo está se tornando cada vez mais desigual na área de inovação. A média mundial dos Produtos de Inovação retraiu 15,5% ao longo dos últimos cinco anos, mas essa retração não ocorreu de maneira uniforme ao longo das classes, sendo mais intensa nos países menos inovadores. A retração dos piores foi de quase 32%, ao passo que a dos melhores foi de apenas 3,5%, uma retração quase 10 (dez) vezes menor em favor dos mais desenvolvidos. A mesma tendência se verifica com o Índice Global de Inovação. Neste caso, a razão entre a degradação dos piores (Classe I) e a dos melhores (Classe IV) é de quase 14 vezes.

Os países menos desenvolvidos possuem um grande déficit em termos de Insumos de Inovação (infraestrutura, recursos humanos e pesquisa, instituições, sofisticação de mercado e empresarial), havendo espaço para grandes evoluções. Apesar disso, o avanço nos últimos cinco anos dos Insumos de Inovação foi modesto, mesmo para os países mais mal avaliados (melhoraram em torno de 3,5% – Classe I e Classe II).

O Brasil melhorou os Insumos de Inovação muito acima da média mundial e, particularmente, das dos países que integram a Classe III (na qual o Brasil está inserida). Porém em termos de Produtos de Inovação, o Brasil só conseguiu melhores resultados, na média, do que os países da Classe I (os piores classificados), ficando defasado com relação aos seus concorrentes diretos (Classe II), e, principalmente, em relação aos mais inovadores (Classe III e Classe IV). Esse mesmo comportamento ocorreu com o IGI. Caso sejam mantidas

**Tabela 2** - Variação percentual global e por classes dos indicadores principais do IGI nos últimos cinco anos. Mostram-se também as variações das médias relativas do Brasil e as classes onde esse país se encontra são representadas por células hachuradas.

Classes	Insumos de Inovação (%)	Produtos de Inovação (%)	Índice Global de Inovação (%)
I	3,4	- 31,9	- 12,3
II	3,5	- 23,5	- 7,8
III	2,4	- 14,18	- 5,2
IV	0,7	- 3,5	- 0,9
MM	2,1	- 15,5	- 5,6
Brasil	6,6	- 28,6	- 8,8
Variação na classificação do Brasil	+ 7 posições	- 12 posições	- 5 posições

Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo *Global Innovation Index*.

essas tendências, o Brasil poderá cair da Classe II para a Classe I, passando a figurar entre os 25% piores países inovadores do mundo, dentre os avaliados pelo GII.

Para analisar em maior profundidade as tendências mundiais dos três principais parâmetros do GII, são apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente, as evoluções dos Diagramas de Caixas dos Insumos de Inovação, Produtos de Inovação e Índice Global de Inovação ao longo dos últimos cinco anos. Nessas figuras, na parte inferior, são mostrados os valores dos principais parâmetros estatísticos desses gráficos.

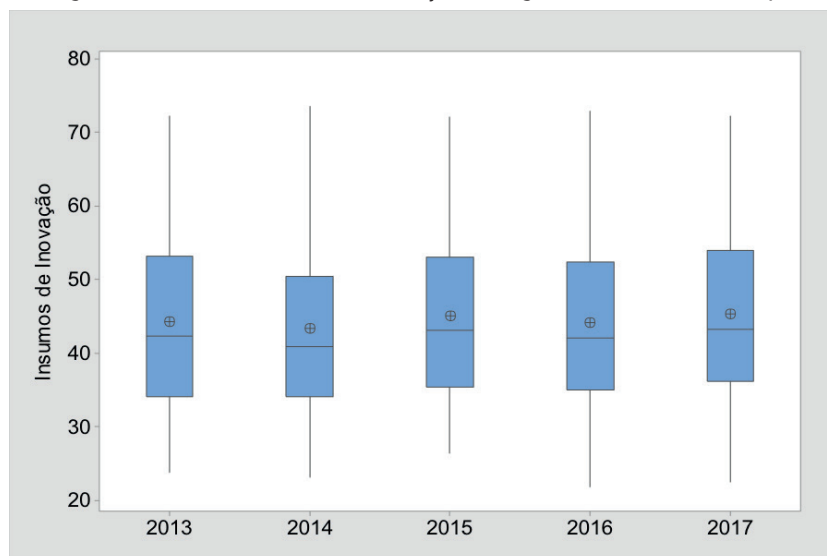
As extremidades das retas dos Diagramas de Caixas representam os valores mínimo e máximo dos indicadores para cada ano. As retas horizontais que delimitam as caixas, especificamente, a inferior, a localizada no interior do retângulo maior (caixa maior) e a superior, denotam, respectivamente, o Q1, o Q2 (Mediana) e o Q3. Por fim, o sinal de adição circunscrito por circunferência localizado no interior da caixa representa a média dos dados coletados.

As figuras mostram que as médias são maiores do que as medianas. Isso indica que os dados não são distribuídos simetricamente e que o espalhamento dos 50% dos países com piores avaliações é menor do que o dos 50% mais bem avaliados. Uma consequência disso é que mudanças de posições na classificação mundial entre os países mais bem avaliados são mais difíceis de ocorrerem do que mudanças de posições entre os piores avaliados, cujas diferenças dos indicadores são relativamente menores.

Com relação, particularmente, à Figura 4, vê-se que houve redução do valor mínimo e aumento do Q1, alargando a Amplitude da Classe I em 33% no período (passando de 10,3 em 2013 para 13,7 em 2017), configurando uma maior dispersão dos indicadores dos países dessa classe.

Como a mediana (Q2) avançou menos do que o Q1 e mais do que o Q3, houve uma redução da amplitude da Classe III e, principalmente, da Classe II, acarretando maior adensamento dos países dessas classes, onde se encontra o Brasil (de 2013 até 2015

Figura 4 – Evolução do Diagrama de Caixas dos Insumos de Inovação ao longo de 2013 até 2017 e seus parâmetros estatísticos.

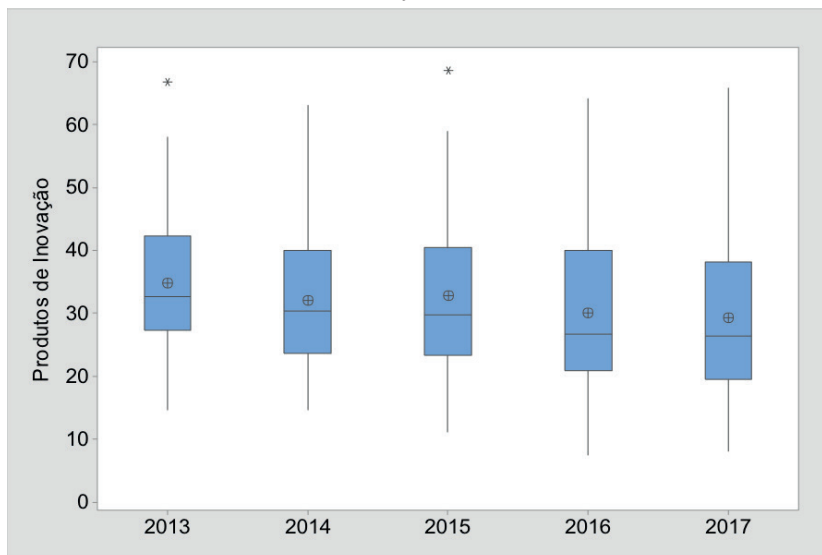


Parâmetro	ANO					%
	2013	2014	2015	2016	2017	
Min	23,7	23	26,3	21,7	22,4	-5,5
Q1	34	34	35,35	35	36,1	6,2
Q2	42,3	40,8	43,1	42,05	43,2	2,1
Q3	53,15	50,45	53	53,325	53,9	1,4
Max	72,3	73,6	72,1	72,9	72,3	0
AT	48,6	50,6	45,8	51,2	49,9	2,7
Média	44,3	43,4	45	44,2	45,2	2,1

Legenda: Min – Mínimo; Q1 – Primeiro Quartil; Q2 – Segundo Quartil; Q.3 – Terceiro Quartil; Max – Máximo; e AT – Amplitude Total.

Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo Global Innovation Index.

Figura 5 – Evolução do Diagrama de Caixas dos Produtos de Inovação ao longo de 2013 até 2017 e seus parâmetros estatísticos principais.



Parâmetro	ANO					%
	2013	2014	2015	2016	2017	
Min	14,6	14,6	11,1	7,4	8,0	-45,2
Q1	27,3	23,25	23,3	20,875	19,5	-28,6
Q2	32,6	30,25	29,7	26,6	26,3	-19,3
Q3	42,25	39,95	40,35	39,925	38,1	-9,8
Max	66,7	63,1	68,6	64,2	65,8	-1,3
AT	52,1	48,5	57,5	56,8	57,8	10,9
Média	34,7	31,9	32,7	30	29,3	-15,6

Legenda: Min – Mínimo; Q1 – Primeiro Quartil; Q2 – Segundo Quartil; Q3 – Terceiro Quartil; Max – Máximo; e AT – Amplitude Total.

Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo Global Innovation Index.

o Brasil pertencia a Classe II e, a partir de 2016, o Brasil passou a integrar a Classe III). A amplitude da Classe II variou de 8,3 em 2013 para 7,1 em 2017, uma retração de 14,5%. A amplitude da Classe III variou de 10,85 em 2013 para 10,7 em 2017, uma redução de aproximadamente 1,4%.

Nessas condições, pequenas variações relativas entre os países que pertencem a essas classes podem implicar em grandes mudanças de classificação, fato que efetivamente aconteceu com o Brasil que avançou 7 (sete) posições no *ranking* internacional dos Insumos de Inovação, por conta de um aumento de apenas 6,6% em seu indicador frente a um avanço na média da Classe II de 3,5%, ou seja, uma pequena vantagem do Brasil quando comparado com o comportamento médio da classe, permitiu uma substantiva melhoria da classificação no *ranking* internacional.

Por fim, a amplitude da Classe IV passou de 19,15 para 18,4 em 2017, uma redução de 4%. Apesar dessa redução, essa ainda é a classe de maior intervalo, ou seja, nela há uma maior separação ou dispersão entre os indicadores dos países. Portanto, é

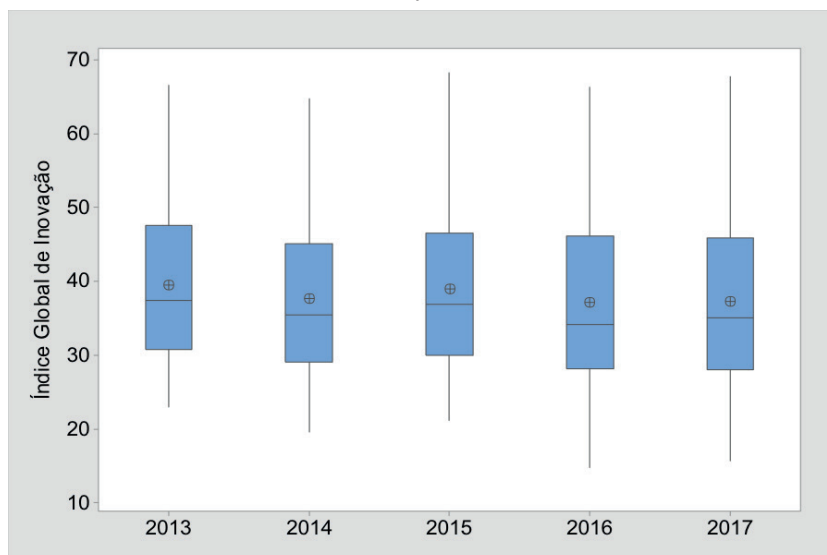
nela que há uma maior tendência de estabilidade nas classificações dos países.

A Figura 5 mostra o efeito da redução dos Produtos de Inovação ao longo dos últimos cinco anos, mediante nítido deslocamento das caixas para baixo com o passar dos anos. Entretanto, outros aspectos vem à tona ao se analisar parâmetros estatísticos nela representados.

Houve uma grande redução do valor mínimo (45%) ao longo dos últimos cinco anos, mas o valor máximo dos Produtos de Inovação praticamente não se alterou, refletindo um aumento significativo da AT (Amplitude Total)<sup>7</sup> no período. Isso é uma clara evidência objetiva do aumento das desigualdades entre os países no campo da inovação. Essa desigualdade é reforçada ainda pelo fato de que as quedas percentuais de Q1, mediana (Q2) e Q3 são sucessivamente menores. Houve assim uma

<sup>7</sup> Define-se Amplitude Total de um conjunto de dados como a diferença entre o dado de maior valor pelo de menor deste conjunto (AT = máximo – mínimo) (FONSECA, 2010).

Figura 6 – Evolução do Diagrama de Caixas do Índice Global de Inovação ao longo de 2013 até 2017 e seus parâmetros estatísticos principais.



Parâmetro	ANO					%
	2013	2014	2015	2016	2017	
Min	22,9	19,5	21	14,6	15,6	-32,9
Q1	30,75	29	29,95	28,12	28	-8,9
Q2	37,4	35,35	36,8	34,05	35	-6,4
Q3	47,55	45	46,5	46,07	45,8	-3,7
Max	66,6	64,8	68,3	66,3	65,8	-1,2
AT	43,7	45,3	47,3	51,7	50,2	14,9
Média	39,5	37,7	38,9	37,1	37,3	-5,6

Legenda: Min – Mínimo; Q1 – Primeiro Quartil; Q2 – Segundo Quartil; Q3 – Terceiro Quartil; Max – Máximo; e AT – Amplitude Total.

Fonte: O autor, a partir de dados disponibilizados pelo Global Innovation Index.

ampliação das amplitudes de todas as classes, exceto a da Classe I, cuja Amplitude retraiu de 9,4% (passou de 12,7 em 2013 para 11,5 em 2017). A Classe II, aquela em que o Brasil está inserido, foi a que teve maior aumento da Amplitude de Classe<sup>8</sup>, passando de 5,3 em 2013 para 6,8 em 2017, um aumento de 28,3%. A Amplitude da Classe III passou de 9,65 em 2013 para 11,8 em 2017, um aumento de 22,3%. A Amplitude da Classe IV passou de 24,45 em 2013 para 27,7 em 2017, um aumento de 13,3%.

Vale mencionar que apesar das variações supramencionadas, a Classe II ainda é aquela que apresenta o menor Intervalo de Classe. Portanto, é nela que pequenas alterações dos indicadores dos países podem refletir em mudanças significativas de classificações no ranking internacional, devido ao maior adensamento relativo. Isso efetivamente ocorreu com o Brasil, que malgrado não apresentar

um desempenho muito pior do que o comportamento médio dos países da Classe II (degradação nacional de 28,6% versus degradação da Classe II igual a 23,5%), amargou a queda de 12 posições no ranking internacional.

A Figura 6 apresenta a evolução do Diagrama de Caixas do Índice Global de Inovação ao longo dos últimos cinco anos. Como a média é maior do que a mediana, os países desenvolvidos apresentam indicadores mais espalhados. Além disso, verifica-se que esses parâmetros estatísticos retraíram, porém a degradação da mediana foi, percentualmente, um pouco maior.

Observa-se, graficamente, uma grande redução do valor mínimo do IGI, e na tabela verifica-se que essa redução foi de quase 33% ao longo dos últimos cinco anos. Em suma, as reduções do valor mínimo, do Q1 e da Mediana indicam uma grande piora no desempenho dos países mais mal avaliados (50%, cerca de 64 países piores classificados no IGI).

Por outro lado, verifica-se que o valor máximo da amostra praticamente não se alterou ao longo

<sup>8</sup> Define-se Amplitude de Classe como a diferença entre os limites superior e inferior da classe. No caso concreto, a amplitude da Classe I é dada por Q1-Min; a amplitude da Classe II é dada por Q2-Q1 etc. (FONSECA, 2010).

dos últimos cinco anos, houve apenas uma pequena redução do valor máximo (1,2%). Esses dados indicam que o mundo está ficando cada vez mais desigual no que tange ao Índice Global de Inovação e que o Brasil está no conjunto daqueles que estão ficando para trás.

A Amplitude da Classe I variou de 7,55 em 2013 para 12,4 em 2017, um aumento de aproximadamente 64%, em decorrência de grande redução do valor mínimo dos dados. Configurando assim, uma maior dispersão ou espalhamento dos indicadores dos países que se encontram na Classe I, bem como um aprofundamento do hiato entre esses países e os mais desenvolvidos.

A Amplitude da Classe II variou de 6,65 em 2013 para 7, um pequeno aumento de aproximadamente 5%. A Amplitude da Classe III variou de 10,15 em 2013 para 10,8, um modesto aumento de aproximadamente 6%. Por fim, a Amplitude da Classe IV variou de 24,45 em 2013 para 27,7 em 2017, um aumento de aproximadamente 13%.

O aumento das amplitudes de todas as classes é outro indício forte e incontestável de que o mundo está ficando muito mais desigual no tocante ao Índice Global de Inovação.

Por fim, cabe destacar que o Brasil pertence a Classe II, cuja Amplitude é a menor dentre todas as classes. Portanto, nela há um grande adensamento dos indicadores e, por conta disso, pequenas variações nos valores absolutos podem implicar em mudanças significativas nas classificações dos países. Isso de fato ocorreu com o Brasil, pois a sua degradação nos últimos cinco anos (8,8%) foi apenas um pouco pior do que a degradação da média da classe (7,8%), mesmo assim o Brasil perdeu cinco posições no *ranking* internacional.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, analisou-se a evolução dos principais indicadores do *Global Innovation Index* de 2013 até 2017, particularmente, o Índice Global de Inovação e a Taxa de Eficiência de Inovação, para concluir sobre tendências mundiais e brasileiras do Sistema Nacional de Inovação. Diferentemente de outros trabalhos que agrupam os países conforme critérios geopolíticos, geográficos ou blocos econômicos, neste trabalho os países foram agrupados em classes com características de desempenho similares, isso permitiu evidenciar as disparidades entre grupos de países e ressaltar tendências.

Constatou-se que retração e aumento das desigualdades caracterizaram a dinâmica mundial dos últimos cinco anos. Observaram-se severas retrações nos Produtos de Inovação e no Índice Global de Inovação, mas elas foram muito mais intensas nos países mais atrasados.

No contexto nacional, verificou-se que as variações nas classificações dos indicadores são

influenciadas não apenas pelas dinâmicas nacional e mundial, mas, principalmente, pelo comportamento da classe em que se encontra o Brasil, pois é nela em que estão os seus principais concorrentes. Nesse sentido, o grau de dispersão ou de espalhamento da classe em comento é fundamental para explicar as eventuais variações na classificação do Brasil.

Verificou-se que os Insumos de Inovação, formados pelos pilares Instituições, Recursos Humanos e Pesquisa, Infraestrutura, Sofisticação de Mercado e Sofisticação Empresarial, vêm melhorando de forma consistente, porém modesta, nos últimos cinco anos. Por outro lado, verificou-se que os Produtos de Inovação, formados pelos pilares Produtos de Conhecimento e Tecnologia e Produtos Criativos, vêm piorando, também de forma consistente, no mesmo período. Isso é um contrassenso, visto que os insumos facilitam e ajudam a desencadear os processos de inovação que são consubstanciados em seus produtos.

A péssima classificação do Brasil no tocante à Taxa de Eficiência de Inovação e a acentuada queda de desempenho nesse indicador nos últimos cinco anos (30 posições), provocada pelos comportamentos díspares das variações dos indicadores dos Insumos de Inovação e dos Produtos de Inovação, refletem a ineficiência nacional em converter seus insumos em inovação. Como consequência disso, atualmente, o Brasil ocupa a 99ª posição no *ranking* internacional da TEI, segundo o GII.

Melhoria na educação, em todos os níveis, incremento de investimentos em P&D e fortalecimento dos vínculos entre academia, indústria e governo são algumas das principais medidas constantemente apontadas para aprimorar as características de desempenho do Sistema Nacional de Inovação do Brasil. Assim, ganha em importância as ações recentes do Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército Brasileiro no sentido de transformar suas Instituições de Ciência e Tecnologia e as criações do SisDIA e da AGITEC, tendo como referencial teórico o paradigma de Hélice Tríplice e como diretrizes basilares o processo de Transformação do Exército. Caso bem-sucedidas, tais iniciativas poderão trazer benefícios às estratégias de Defesa e Desenvolvimento, bem como promover maior sinergia entre setores militares e civis da sociedade brasileira, em conformidade com o preconizado em documentos nacionais dos níveis político e estratégico voltado para a área de Defesa.

Na continuação deste trabalho, pretende-se analisar em maior profundidade a evolução dos pilares e subpilares que compõem os Insumos de Inovação e os Produtos de Inovação.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. M. Sistema Nacional de Inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 56-72, jun./set. 1996.
- AMARANTE, J. C. **O voo da humanidade e 101 tecnologias que mudaram a face da Terra**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2009.
- AMBROS, C. C. **Base industrial de defesa e arranjos institucionais: África do Sul, Austrália e Brasil em perspectiva comparada**. 2017. 454 f. Tese (Doutorado em Ciência Política) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.
- BONELLI, R.; VELOSO, F.; PINHEIRO, A. C. (Org.). **Anatomia da produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier; FGV; Ibre, 2017.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2016. Versão sob apreciação do Congresso Nacional. Lei Complementar n. 97/1999, art. 9º, § 3º. Disponível em: <[http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd\\_end.pdf](http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- CASTELLO BRANCO, M. G. et al. Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa: visão geral das primeiras contribuições do CPqD. **Cadernos CPqD de Tecnologia**, Campinas, v. 10, p. 9-16, nov. 2014. Suplemento.
- CHESBROUGH, H. **Inovação aberta: como criar e lucrar com a tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CIMOLI, M. National System of Innovation: a note on technological asymmetries and catching-up perspectives. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 5-30, 2014.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desempenho do Brasil no Índice Global de Inovação 2011-2016**. Brasília, DF: CNI, 2016.
- DUTTA, S.; LANVIN, B. (Ed.). **The Global Innovation Index 2013: the local dynamics of innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2013. Disponível em: <[http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/economics/gii/gii\\_2013.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/economics/gii/gii_2013.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2017.
- DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (Ed.). **The Global Innovation Index 2014: the human factor in innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2014. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2014-v5.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2017.
- \_\_\_\_\_. **The Global Innovation Index 2015: effective innovation policies for development**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2015. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2015-v5.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2017.
- \_\_\_\_\_. **The Global Innovation Index 2016: winning with global innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2016. Disponível em: <[www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2016.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2016.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2017.
- \_\_\_\_\_. **The Global Innovation Index 2017: innovation feeding the world**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2017. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/gii-2017-report>>. Acesso em: 28 set. 2017.
- ETZKOWITZ, H. Reconstrução criativa: hélice tripla e inovação regional. Rio de Janeiro: **Inteligência Empresarial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 1-44, 2005.
- FERREIRA, F. V. et al. Criação da Agência de Inovação do Exército Brasileiro: breve histórico, seus processos e perspectivas. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 60-68, 2017.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- FITZGERALD, B.; SANDER, A.; PARZIALE, J. **Future foundry: a new strategic approach to military-technical advantage**. Washington, DC: Center for New American Security, 2016.
- FONSECA, J. S. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- FREEMAN, C. The National Innovation Systems in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, UK, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.
- GODIN, B. National Innovation System: the system approach in historical perspective. **Science, Technology, & Human Values**, Thousand Oaks, v. 34, n. 4, p. 476-501, jul. 2009.
- LESKE, A. D. C. A review of defense innovation: from spin-off to spin-in. **Brazilian Journal of Political Economy**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 377-391, apr./jun. 2018.
- LONGO, W. P. **Tecnologia e soberania nacional**. São Paulo: Nobel; Promocet, 1984.

## SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DO BRASIL: UMA ANÁLISE BASEADA NO ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO

LUNDEVALL, B.-Å. (Ed.). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

\_\_\_\_\_. National Innovation Systems: analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, London, v. 14, n. 1, p. 95-119, feb. 2007.

MORGADO, E. M. O Brasil no Global Innovation Index 2012: aprofundando o entendimento dos resultados. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática**, Winter Garden, v. 10, n. 2, p. 33-37, 2013.

NEGRI, F. Por uma nova geração de políticas de inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília, DF: Ipea, 2017. p. 25-46.

PASSOS, A. C.; MAGNO NETO, W. B.; DIAS, M. H. C. O processo de transformação do Instituto Militar de Engenharia no contexto do sistema defesa, indústria e academia. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 20-27, 2017.

PELLANDA, P. C. A nova estrutura do sistema de ciência e tecnologia do exército e a produção de conhecimentos e inovações tecnológicas para a área de defesa. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 30, p. 183-199, set./dez. 2013.

PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F.; MOURA, D. F. C. Pesquisa e desenvolvimento de produtos de defesa: reflexões e fatos sobre o projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do modelo de inovação em tríplex hélice. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 6-19, 2017.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, P. F. O SISDIA no quadro do debate sobre reforma do sistema brasileiro de aquisições de defesa. **Análise Estratégica**, Brasília, DF, v. 5, n. 3, p. 14-20, jun./ago. 2017.