

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia do Campus Sorocaba
Programa de Pós-Graduação em Economia

Graciely Aquino de Oliveira

Upgrade tecnológico em economias emergentes:

Uma abordagem comparativa para Brasil e China (2001-2020)

Sorocaba

2024

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia do Campus Sorocaba
Programa de Pós-Graduação em Economia

Graciely Aquino de Oliveira

***Upgrade tecnológico em economias emergentes:
Uma abordagem comparativa para Brasil e China (2001-2020)***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de São Carlos como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Roselino

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Diegues

Sorocaba

Junho / 2024

RESUMO

Brasil e China são considerados referências importantes de industrialização em economias em desenvolvimento, porém, que seguiram diferentes estratégias de política industrial e contextos macroeconômicos nas últimas décadas, o que fez com que essas economias trilhassem caminhos diferentes. O objetivo do trabalho é elaborar e analisar indicadores comparativos de *upgrade* tecnológico para Brasil e China durante o período 2001 a 2020, oferecendo uma perspectiva mais acurada e qualitativa para o entendimento dessas duas configurações nacionais. Para isso, foi realizada uma análise comparada de indicadores de *upgrade* tecnológico entre Brasil e China, baseados nos pressupostos teóricos e indicadores sugeridos em Radosevic e Yoruk (2015, 2017): intensidade do *upgrade* tecnológico, abrangência do *upgrade* tecnológico e interação com a tecnologia global, foi utilizado um cálculo baseado na distância Euclidiana (DE) para se chegar ao valor do *upgrade* tecnológico e de seus índices componentes. Como resultado, foi possível observar que as duas economias iniciaram o período com indicadores semelhantes, mas que a China apresentou desempenho superior em grande parte dos componentes ao longo do período.

Palavras-chave: Upgrade Tecnológico; Desenvolvimento Econômico; Brasil; China.

ABSTRACT

Brazil and China are considered important references for industrialization in developing economies, however, they have followed different industrial policy strategies and macroeconomic contexts in recent decades, which has led these economies to follow different paths. The objective of this paper is to develop and analyze comparative indicators of technological upgrading for Brazil and China during the period from 2001 to 2020, offering a more accurate and qualitative perspective for understanding these two national configurations. To achieve this, a comparative analysis of technological upgrading indicators between Brazil and China was conducted, based on the theoretical assumptions and indicators suggested by Radosevic and Yoruk (2015, 2017): intensity of technological upgrading, scope of technological upgrading, and interaction with global technology. A calculation based on the Euclidean distance (ED) was used to arrive at the value of technological upgrading and its component indices. As a result it was observed that both economies started the period with similar indicators, but that China showed superior performance in most components throughout the period.

Keywords: Technological Upgrade; Economic Development; Brazil; China.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Gastos Totais em P&D e Gastos Percentuais de P&D em Relação ao PIB da China (2001-2020, em 100 Milhões de Yuans) | 20 |
| Figura 2 – Gastos Totais em P&D e sua Proporção entre Pesquisa Básica, Aplicada e Experimental (2001-2020, em 100 Milhões de Yuans)..... | 21 |
| Figura 3 – Número Total de Pesquisadores dedicados às atividades em P&D em dedicação exclusiva e sua proporção entre Pesquisa Básica, Aplicada e Experimental | 22 |
| Figura 4 – Número de Patentes Concedidas pelo escritório nacional da China 2001-2020 | 23 |
| Figura 5 – Gastos Totais em P&D e Gastos Percentuais de P&D em Relação ao PIB do Brasil (2001-2020, em Milhões de Reais)..... | 26 |
| Figura 6 – Total de pessoas envolvidas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (pesquisadores + pessoal de apoio, em número de pessoas, por setor institucional, 2000-2014) | 27 |
| Figura 7 – Número de Patentes Concedidas pelo escritório Nacional do Brasil 2001-2020 | 28 |
| Figura 8 – Índice de capacidade tecnológica | 37 |
| Figura 9 – Índice de P&D e Intensidade de Conhecimento..... | 38 |
| Figura 10 – Índice de infraestrutura: capital humano, físico e operacional..... | 39 |
| Figura 11 – Índice de mudanças estruturais..... | 41 |
| Figura 12 – Tecnologia e Intercâmbio de Conhecimento | 42 |
| Figura 13 – Evolução do upgrade tecnológico para Brasil e China (2001–2020) | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Proposta de indicadores para o cálculo de upgrade tecnológico ... | 32 |
| Tabela 2 – Componentes do upgrade tecnológico para Brasil e China, 2001–2020 | 43 |
| Tabela 3 – Índice de upgrade tecnológico (TU) para Brasil e China, 2001–2020 | 44 |
| | |
| Tabela A 1 – Índice de Capacidade Tecnológica, 2001 – 2020 | 53 |
| Tabela A 2 – Índice de P&D e Intensidade de Conhecimento, 2001 – 2020 | 54 |
| Tabela A 3 – Índice de Infraestrutura: capital humano, físico e operacional, 2001 – 2020 | 55 |
| Tabela A 4 – Índice de Mudanças Estruturais, 2001 – 2020 | 56 |
| Tabela A 5 – Índice de interação com a economia global, 2001 – 2020 | 57 |
| | |
| Tabela B 1 – Classificação de patentes, WIPO | 58 |
| | |
| Tabela C 1 – Indicadores base de upgrade tecnológico | 59 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 3 |
| 2. Sistemas de Inovação e <i>catch-up</i> sob perspectiva neoschumpeteriana e mensuração do <i>upgrade</i> tecnológico | 5 |
| 2.1. Sistemas de Inovação e <i>catch-up</i> | 5 |
| 2.2. Abordagem para mensuração <i>Upgrade</i> Tecnológico | 8 |
| 2.3. Considerações parciais | 11 |
| 3. Principais iniciativas voltadas ao desenvolvimento tecnológico e produtivo da China e do Brasil no período recente | 12 |
| 3.1. Principais políticas de <i>upgrade</i> tecnológico recentes na China..... | 12 |
| 3.2. Evolução da China em aspectos da Ciência e Tecnologia..... | 20 |
| 3.3. Principais políticas recentes de <i>upgrade</i> tecnológico no Brasil | 23 |
| 3.4. Evolução do Brasil em aspectos da Ciência e Tecnologia | 26 |
| 3.5. Considerações parciais | 28 |
| 4. A mensuração do <i>upgrade</i> tecnológico de China e Brasil no período 2001-2020 | 30 |
| 4.1. Aspectos Metodológicos..... | 30 |
| 4.2. Resultados encontrados: indicadores de <i>upgrade</i> tecnológico para China e Brasil (2001 – 2020)..... | 36 |
| 4.2.1. Intensidade de <i>upgrade</i> tecnológico..... | 36 |
| 4.2.2. Abrangência de <i>upgrade</i> tecnológico: características estruturais | 39 |
| 4.2.3. Interação com a economia global..... | 41 |
| 4.2.4. Índice de <i>upgrade</i> tecnológico..... | 43 |
| 4.2.5. Considerações parciais | 46 |
| 5. Conclusão | 47 |
| Referências Bibliográficas | 49 |
| Apêndice A – Indicadores componentes de <i>upgrade</i> tecnológico | 53 |
| Apêndice B – Classificação de patentes para diferentes campos tecnológicos, WIPO | 58 |
| Apêndice C – Indicadores de <i>upgrade</i> tecnológico propostos por Radosevic e Yoruk (2017) | 59 |

1. Introdução

Teorias de desenvolvimento econômico vêm sendo discutidas de maneira distinta por diversos autores desde os primórdios da ciência econômica. Entretanto, muitas vezes buscam-se fatores universais que possam ser aplicados em diversos países, sem levar em conta características individuais que tornam cada trajetória única. Segundo Radosevic e Yoruk (2015a), o desafio é descobrir quais fatores são comuns e quais são específicos à cada país, já que diferem ao longo do desenvolvimento e, portanto, podem ser bastante diferentes para as economias de baixa, média e alta renda.

Upgrade tecnológico, na perspectiva desses autores, é composto por três processos dimensionais formados por diferentes tipos e intensidades, por meio de diferentes tipos de atividades de inovação e tecnologia. A ampliação do *upgrade* tecnológico acontece através de diferentes formas de diversificação de tecnologia e conhecimento, e da interação com a economia global através da importação, adoção e troca de conhecimento, deste modo, não é um substituto do crescimento econômico, mas um de seus principais determinantes. O conceito de *upgrade* tecnológico surge como resultado da interação entre as três dimensões, sendo (i) a intensificação de diferentes tipos de atividades tecnológicas; (ii) fatores estruturais e mudanças nesse processo; e (iii) interação com a economia global (RADOSEVIC; YORUK, 2017).

A formulação do cálculo do *upgrade* tecnológico proposta por esses autores surgiu como uma alternativa ao modo com o qual o crescimento econômico, o desenvolvimento e o avanço tecnológico vêm sendo abordados na teoria. A tecnologia é um dos principais impulsionadores do crescimento a longo prazo, não podendo ser reduzida a uma única variável.

Não há caminho fácil ou atalhos capazes de levar os países ao desenvolvimento. Arbix (2017) aponta que desde a Segunda Guerra Mundial, apenas Coreia do Sul, Taiwan e Singapura deixaram o atraso para trás. Muitos países de renda média, predominantes na América Latina, cresceram aceleradamente nos anos 2000 e vários conseguiram reverter longas trajetórias de desigualdade de renda e recuperaram-se rapidamente da crise global iniciada em 2007. Rapidamente, porém, a maioria retornou o padrão predominante desde

os anos 1970, de crescimento descontínuo. As razões que sustentaram o crescimento foram postas por muitos analistas: alta no preço das *commodities*, expansão do crédito para consumo, ampliação do mercado de trabalho e acesso a capitais externos.

Apesar do Brasil posicionar-se como um dos mais avançados da América Latina em relação à inovação, a trajetória oscilante do investimento público, a insegurança regulatória, os altos custos de produção, a frágil infraestrutura e a baixa qualidade da alocação de recursos somaram-se ao atraso histórico e à dependência tecnológica do setor produtivo para dar forma a um ambiente incapaz de induzir ao aumento da produtividade da economia.

A China possui características únicas, e reduzir o desenvolvimento chinês aos mesmos fatores gerais da industrialização de países em desenvolvimento pode comprometer o entendimento da estratégia de desenvolvimento utilizada, e dos fatores que levaram ao seu sucesso e suas contradições (MEDEIROS, 1999). As mudanças que permitiram o *upgrade* tecnológico da China ocorreram com mais intensidade no país desde 1978, e essas mudanças fizeram parte de um fenômeno que nunca foi observado em nenhuma outra experiência de desenvolvimento econômico. O progresso tecnológico foi observado como sendo um fator essencial para o processo de modernização e manutenção de taxas elevadas de crescimento, necessária para a proteção do Estado, progresso socioeconômico e estabilidade política da China (DENG, 2019).

As experiências de Brasil e China se destacam como casos expressivos de industrialização e desenvolvimento em economias periféricas, mas exibem desempenhos substancialmente distintos nas últimas décadas. Diferentemente do caso chinês – em que se observou um aumento da participação no PIB mundial de 2,2% para cerca de 14% entre 1980 e 2024 –, a economia brasileira teve sua participação no PIB mundial reduzida de 3,97% em 1980 para menos de 2,5% a partir de meados da década de 2010.

Ou seja, enquanto o processo de desenvolvimento econômico chinês ganhou vigor crescente desde os anos 1980 e avançou nos marcos do aprofundamento da globalização durante as duas primeiras décadas do Séc. XXI, o Brasil experimentou no mesmo período o arrefecimento do crescimento

econômico e até mesmo retrocessos estruturais identificados com o desadensamento do tecido industrial e desindustrialização.

Com o objetivo de elaborar diagnósticos mais precisos destas distintas trajetórias, o objetivo do trabalho é elaborar e analisar indicadores comparativos de *upgrade* tecnológico para Brasil e China durante o período 2001 a 2020, oferecendo uma perspectiva mais acurada e qualitativa para o entendimento dessas duas configurações nacionais.

O período a ser analisado será de 2001 a 2020, período que abrange momentos importantes nas políticas recentes de desenvolvimento de ambos os países, onde no Brasil há a implementação de uma série de medidas destinadas a reforçar a capacidade de inovação do país a partir de 2004, enquanto a China ingressou na Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2001, e a partir daí, iniciou um processo de internacionalização como estratégia de desenvolvimento tecnológico.

Assim, esse trabalho visa contribuir para a literatura ao aprofundar a análise da abordagem apresentada e apresentar dados inéditos sobre diferentes dimensões dos processos de *upgrade* tecnológico em ambos os países com base na construção de indicadores fundamentados nos trabalhos seminais de Radosevic e Yoruk (2015a, 2017).

2. Sistemas de Inovação e *catch-up* sob perspectiva neoschumpeteriana e mensuração do *upgrade* tecnológico

2.1. Sistemas de Inovação e *catch-up*

Segundo Cassiolato *et al* (2021), o desenvolvimento é caracterizado por mudanças estruturais de longo prazo que são impulsionadas por transformações estruturais profundas, impulsionadas principalmente por avanços tecnológicos e rupturas com os modelos estabelecidos. Essas mudanças são influenciadas pela maneira como a produção, a sociedade, a política e as instituições estão organizadas em cada país, cada um com suas particularidades. O processo de desenvolvimento não segue uma trajetória linear ou previsível e é moldado por diferentes fatores locais, como política, economia, história e cultura. Cada país

tem um caminho único de desenvolvimento, e políticas eficazes para promovê-lo devem levar em conta suas características sociais, políticas, produtivas e institucionais.

O desenvolvimento do debate sobre inovação na literatura econômica resultou em diversas visões sobre sua natureza, entendendo-a como um processo complexo e não linear que envolve uma rede de interações complexas entre indivíduos, empresas, e outras organizações, em escala local, nacional e global, todos em busca de novos conhecimentos.

O conceito de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) começou ser conhecido a partir de Freeman (1987), Lundvall (1992) e Nelson (1993). Cassiolato *et al.* (2021) aponta que segundo esses autores, os principais elementos incorporados na abordagem do sistema de inovação estavam presentes na obra de Friedrich List intitulada Sistema Nacional de Economia Política (1841), na qual sua principal preocupação residia na importância de proteger a indústria emergente e implementar um amplo conjunto de políticas públicas destinadas a impulsionar ou viabilizar a industrialização e o crescimento econômico.

Freeman (1995) traz que List também reconheceu a interdependência da importação de tecnologia estrangeira e do desenvolvimento técnico nacional, indicando que os países não deveriam apenas adquirir as conquistas de outras nações mais avançadas, mas também fomentá-las pelos seus próprios esforços. Segundo o autor, List não apenas examinou diversas características do sistema nacional de inovação que são fundamentais nos estudos atuais (instituições de educação e formação, ciência, institutos técnicos, acumulação de conhecimento, adaptação de tecnologia importada, promoção de indústrias estratégicas etc.), mas também destacou fortemente a importância do papel do Estado na coordenação e implementação de políticas de longo prazo para o desenvolvimento industrial e econômico.

Cassiolato *et al.* (2021) apontam que a abordagem de SNI representa um avanço significativo no entendimento do processo de inovação, que passa a ser caracterizado como um aprendizado não linear, resultante de complexas interações nos níveis local, nacional e global entre indivíduos, empresas e outras organizações em busca de novos conhecimentos. A inovação ocorre de forma gradual e envolve elementos cumulativos, dependendo, assim, das inovações ocorridas no passado. Ela surge da combinação de possibilidades e

componentes já existentes, refletindo conhecimentos combinados de novas maneiras, o que a torna um fenômeno *path dependent*. Além disso, o desempenho inovativo não se baseia apenas no desempenho individual de empresas e instituições de ensino e pesquisa, mas também na forma como elas interagem entre si e com diversos outros participantes, e como as instituições, incluindo as políticas, impactam o desenvolvimento dos sistemas.

Outro avanço crucial estabelecido na abordagem de Sistemas de Inovação é a compreensão de que inovação não se limita a mudanças drásticas na tecnologia lideradas por grandes empresas através de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Reconhece-se que inovação inclui não apenas atividades formais de P&D, mas também novas maneiras de produzir bens e serviços, independentemente de serem novos para os concorrentes. Esta perspectiva ampliada incentiva formuladores de políticas a considerar o potencial de aprendizado e inovação em pequenas e médias empresas (PMEs) e em indústrias tradicionais, evitando distorções. As implicações dessas políticas são particularmente relevantes para países em desenvolvimento (CASSIOLATO; LATRES, 2007)

Cassiolato *et al* (2021) destaca que em regiões menos desenvolvidas, os esforços de aprendizagem e de inovação em todos os tipos de organizações, mesmo as distantes da fronteira tecnológica, são muito importantes. Especialmente, considerando os países com pouco dinamismo econômico, focados em atividades tradicionais, até mesmo pequenas mudanças nos processos de produção, na organização, na diversificação de produtos ou na expansão para novos mercados podem gerar impactos significativos.

Assim, o subdesenvolvimento não representa uma etapa no processo de desenvolvimento de um país, mas sim uma consequência de fatores estruturais e históricos dentro de um contexto global, nessa lógica, complementa a existência de países desenvolvidos, dado que não há nenhum caminho linear de *catch-up* a ser seguido.

O termo “*catch-up*” é definido como uma redução da disparidade de produtividade e rendimento de um país em relação a um país líder, e a convergência como uma tendência para a redução das diferenças na produtividade e no rendimento no mundo como um todo. É um processo pelo qual um país em desenvolvimento tardio reduz a sua disparidade em termos de rendimento e de capacidade tecnológica vis-à-vis um país líder e pode ser

medida por vários indicadores, tais como rendimento, produtividade e capacidade tecnológica (KEUN LEE, 2013).

Cassiolato *et al.* (2021) aborda que é importante reconhecer a necessidade de promover a convergência e interação entre diversos atores, cada um com seus próprios interesses, poderes e recursos, para enfrentar os desafios do desenvolvimento. Ao adotar uma abordagem ampla para os desafios do desenvolvimento como uma prioridade nas políticas de ciência, tecnologia e inovação, são necessárias escolhas políticas. Estas escolhas podem incluir prioridades em relação a determinados campos tecnológicos ou áreas de conhecimento, bem como tipos de estruturas institucionais. Além disso, é uma escolha política decidir entre priorizar a criação de nichos ou empresas de renome global e distribuir os impactos econômicos de forma mais equitativa.

2.2. Abordagem para mensuração *Upgrade* Tecnológico

Radosevic e Yoruk (2017) apresentam uma proposta de mensuração *upgrade* tecnológico como um índice global composto por três processos dimensionais formados por diferentes tipos e intensidades, por meio de vários tipos de atividades de inovação e tecnologia. A ampliação do *upgrade* tecnológico acontece por meio de diferentes formas de diversificação de tecnologia e conhecimento, e interação com a economia global através da importação, adoção e troca de conhecimento; não é um substituto do crescimento econômico, mas um de seus determinantes.

O conceito de *upgrade* tecnológico surge como resultado da interação entre três dimensões, sendo

- (i) a intensificação de diferentes tipos de atividades tecnológicas;
- (ii) fatores estruturais e mudanças nesse processo; e
- (iii) medida pela maneira como a economia interage dentro desse processo com a economia global, sendo uma dimensão complementar, já que amplia e reduz os efeitos do *upgrade* tecnológico dependendo de como essa interação é feita (RADOSEVIC; YORUK, 2017).

As teorias vigentes, que explicam o crescimento econômico, consideram frequentemente variáveis individuais, e por isso esbarram em desafios empíricos e metodológicos. A suposição clássica era de que o crescimento era impulsionado pelo aumento da força de trabalho e pela acumulação de capital. Os trabalhos empíricos de Fabricant (1954), Abramovitz (1958) e Schmookler (1962) levaram a descoberta que, população, poupança e acumulação de capital, representavam apenas uma pequena fração do crescimento da economia dos EUA, o restante era um resíduo inexplicado, que foi denominado "progresso técnico" (AYRES, 1998).

Nelson e Winter (2005) fazem uma crítica ao intenso foco que a teoria microeconômica dá ao comportamento das firmas que operam com tecnologias "dadas", apontando que por muito tempo a teoria deixou de se preocupar com mudanças a longo prazo, já que era mais fácil apresentar um modelo matemático satisfatório de uma teoria estática do que dinâmica.

O impulso para a compreensão do *upgrade* tecnológico vem da exploração de melhorias que ocorrem através das cadeias globais de valor. Mudanças substanciais na base de conhecimento e na especialização de um país podem aumentar a sua capacidade de gerar valor, de deslocar uma empresa ou economia para nichos econômicos mais intensivos e tecnologicamente mais sofisticados. Essa atualização é um processo de mudança gradual de atividades de baixo valor para atividades de alto valor agregado (RADOSEVIC; YORUK, 2015a).

Radosevic e Yoruk (2017) apresentam um método de mensuração de *upgrade* tecnológico das economias por meio da aplicação de um arcabouço conceitual e estatístico de nível médio teoricamente relevante e empiricamente fundamentado, baseado em três dimensões. Com isso, foi construído um indicador composto de três níveis de *upgrade* tecnológico com base em 35 indicadores que refletem diferentes vetores e padrões de *upgrade* tecnológico de países com diferentes níveis de renda.

A primeira dimensão de *upgrade* tecnológico é a intensidade, que se refere à aquisição de diferentes tipos de capacidades tecnológicas, refletindo os níveis tecnológicos das economias. As economias que operam por trás da fronteira tecnológica têm maior probabilidade de crescer com base na capacidade de produção, não na capacidade tecnológica, enquanto as

economias de alta renda tendem a crescer com base nas atividades de fronteira tecnológica (capacidade tecnológica e P&D).

A segunda dimensão, a abrangência do *upgrade* tecnológico, trata da diversidade de conhecimentos, tipos de infraestruturas de apoio e capacidades organizacionais das empresas. A acumulação de capacidade tecnológica nas empresas deve ser acompanhada por uma infraestrutura organizacional e institucional que suporte a aquisição de tais capacidades.

A terceira dimensão apresentada é o intercâmbio de tecnologia e conhecimento, caracterizada pela entrada e saída de conhecimento dentro e fora da economia, através de diversas formas, como comércio, investimento estrangeiro direto (IED) e fluxos de conhecimento. Um *upgrade* tecnológico bem-sucedido nunca é um processo totalmente independente, mas está sempre ligado ao fluxo de conhecimentos estrangeiros, que são combinados com esforços intensivos de tecnologia doméstica (RADOSEVIC; YORUK, 2017).

O trabalho de Radosevic e Yoruk (2015a) discute a questão do *upgrade* tecnológico a partir de uma literatura ampla sobre o assunto, além de introduzirem sua estrutura conceitual e pressupostos que propõem como um caminho a seguir na teorização e mensuração do *upgrade* tecnológico.

Radosevic e Yoruk, (2017) exploram questões de mensuração para *upgrade* tecnológico das economias que passam do status de renda média para alta, ao comparar os níveis de *upgrade* tecnológico das regiões da União Europeia (UE) com alguns países de renda média, mostram que *upgrade* tecnológico das economias de renda média é distintamente diferente daquela das economias de baixa e alta renda.

Lacasa *et al.* (2018) desenvolvem uma estrutura estatística baseada em indicadores de patentes para mensurar o *upgrade* tecnológico e aplicá-la às economias do BRICS no período 1980–2015 e sugerem que a interação entre as três dimensões propostas de *upgrade* tecnológico leva a caminhos e perfis de *upgrade* tecnológico nacionalmente específicos.

Radosevic e Yoruk (2015b), mensuram o *upgrade* tecnológico de países do centro e leste europeu, e levantam o argumento que a relação entre o índice de *upgrade* tecnológico e subgrupos de renda é positiva apenas em grupos de

alta renda e não parece haver qualquer relação com grupos de renda média, já que os impulsionadores do crescimento estão mais relacionados à capacidade tecnológica, quanto maior o nível de renda dos países, enquanto as economias de renda média crescem com base em fatores relacionados à capacidade de produção, disponibilidade de mão de obra e baixos custos trabalhistas.

Observa-se, portanto, como as diferenças estruturais e a trajetória de cada país, afetam no cálculo do *upgrade* tecnológico e diferenciam os níveis de intensidade de cada dimensão. Para Radosevic e Yoruk (2017) a teoria do crescimento mostra que a tecnologia é um importante fator, mas não pode ser reduzida a uma variável única definida de forma estreita, e que a tecnologia como impulsionadora do crescimento é um fenômeno multidimensional.

2.3. Considerações parciais

O desenvolvimento é um processo complexo e não linear, caracterizado por mudanças estruturais profundas impulsionadas por avanços tecnológicos e pela reorganização das instituições, políticas e sociedade em cada país. Cada nação possui um caminho único de desenvolvimento, moldado por suas particularidades políticas, econômicas, históricas e culturais, portanto, políticas eficazes devem ser adaptadas às características sociais e institucionais de cada país. O debate sobre inovação na literatura econômica evoluiu para diversas visões sobre sua natureza, considerando-a como um processo complexo e não linear. Esse processo envolve uma rede de interações entre indivíduos, empresas e organizações em níveis local, nacional e global, todos buscando novos conhecimentos.

A abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) avança na compreensão sobre o processo de inovação, ao trazer a importância das interações complexas entre diversos atores em níveis local, nacional e global. A inovação é vista como um processo gradual e cumulativo, dependente das inovações passadas e das interações entre empresas, instituições de ensino e pesquisa e outros participantes. As políticas de ciência, tecnologia e inovação devem adotar uma abordagem ampla, envolvendo escolhas políticas sobre prioridades tecnológicas, áreas de conhecimento e estruturas institucionais. Além disso, é necessário decidir entre criar nichos ou empresas globais de destaque e distribuir os impactos econômicos de forma mais equitativa.

A proposta de mensuração do *upgrade* tecnológico de Radosevic e Yoruk (2017) consiste em um índice global, composto por três dimensões principais: a intensidade de diferentes tipos de atividades tecnológicas, amplitude do *upgrade* tecnológico e a terceira é o intercâmbio de tecnologia e conhecimento. A abordagem dos autores destaca a importância das interações entre diferentes atores e a necessidade de uma infraestrutura organizacional robusta para apoiar o desenvolvimento tecnológico. Além disso, a troca de conhecimento e tecnologia, tanto doméstica quanto estrangeira, é vital para o sucesso do *upgrade* tecnológico, mostrando que o desenvolvimento econômico é um fenômeno multidimensional e depende de várias formas de acumulação e aplicação de capacidades tecnológicas.

3. Principais iniciativas voltadas ao desenvolvimento tecnológico e produtivo da China e do Brasil no período recente

3.1. Principais políticas de *upgrade* tecnológico recentes na China

Segundo Masiero e Coelho (2014), as transformações verificadas na estrutura industrial chinesa apontam que a política industrial do país foi um dos fatores determinantes de sua estratégia de inserção internacional *going global*. Naughton (2021) ressalta que, durante os primeiros anos do século 21, a transição de mercado foi o foco principal dos formuladores de políticas chineses, essa mudança acelerou o crescimento do país levando uma rápida atualização estrutural e tecnológica.

A intervenção direta do governo na política de desenvolvimento setorial diminuiu de forma constante após a década de 1980, e atingiu um mínimo durante o período em que Zhu Rongji (1998–2003) foi primeiro-ministro e a presidência esteve sob Jiang Zeming (1993 – 2003). Durante a administração de Zhu, o governo central reorientou a política industrial, que se concentrava anteriormente em projetos industriais de grande escala financiados pelo setor público, destinados a absorver tecnologia avançada e a remodelar as trajetórias tecnológicas setoriais. O desenvolvimento industrial na administração de Zhu focou, essencialmente, na reforma econômica orientada para o mercado, fechando empresas estatais com baixo desempenho e abrindo ainda mais a

economia da China, culminando com a entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC), em 2001 (LINGA e NAUGHTON, 2016).

De acordo com Linga e Naughton (2006), a trajetória rumo a uma menor intervenção governamental direta na virada do século é evidente em três setores representativos de alta tecnologia: fabricação de circuitos integrados (CI); tecnologia de energia nuclear e aeronaves civis. O principal apoio da política industrial para CIs e softwares foi o Documento nº 18 de 2000, que abriu o setor ao investimento privado e estrangeiro, e que forneceu incentivos fiscais aos produtores. Nenhum outro setor recebeu tanta atenção quanto CIs e às telecomunicações. Assim, no final da administração Zhu Rongji, em 2003, o governo tinha reduzido o investimento governamental à moda em projetos tecnoindustriais estatais e tinha se comprometido com um novo processo orientado para o mercado.

A partir do ingresso da China na Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2001, por meio de políticas de *upgrade* tecnológico, iniciou-se um processo de *catch-up* em diversos segmentos de alta tecnologia, ascendendo nas cadeias produtivas globais (DENG, 2019). Masiero e Coelho (2014) apontam que a partir de 2002 a China passou a fornecer incentivos para a promoção da internacionalização de suas empresas, que iam desde mecanismos de financiamento até a facilitação do processo para a realização de investimento diretos no exterior.

Essa internacionalização se originou a partir programa governamental “*Going Global*”, estabelecido pelo 16º Congresso do Partido Comunista em 1999, que focava em quatro principais objetivos: : i) aumentar o investimento direto chinês no exterior por meio da descentralização e relaxamento das autorizações para saída das corporações; ii) melhorar o nível e a qualidade dos projetos; iii) reduzir os controles de capital e criar novos canais de financiamento; e, iv) integrar a política de internacionalização das companhias chinesas com outras políticas existentes para o setor externo, buscando promover o reconhecimento das marcas dessas. (MASIERO E COELHO, 2014, apud ACIEOLY, PINTO E CINTRA, 2011; DENG, 2013)

Após 2003, a política de inovação chinesa mudou em aspectos importantes, houve um aumento substancial na intervenção governamental

direta que inverteu a tendência que prevalecia até então. No contexto de um maior esforço tecnológico global, as despesas mudaram drasticamente para a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e se distanciaram da importação de tecnologia. As despesas diretas do governo em projetos industriais aumentaram e o número de políticas industriais que visavam setores, empresas ou tecnologias específicas para apoio aumentaram dramaticamente (LINGA e NAUGHTON, 2016).

A partir da aprovação do Programa de Ciência e Tecnologia de Médio e Longo Prazo (MLP), iniciou-se uma nova política industrial do governo, um programa de quinze anos (2006-2020), que pela primeira vez, enfatizou a “inovação endógena” e financiou dezesseis Megaprojetos. Nesse programa, os formuladores de políticas buscaram uma abordagem “*top and bottom*”, onde produziram uma ampla estrutura de política de inovação (*top*) e uma lista de projetos a serem financiados pelo governo (*bottom*). A estrutura da política de inovação era ampla e bastante difusa e, em geral, parecia ser consistente com uma abordagem “horizontal”, na qual a ênfase era colocada no fortalecimento do ambiente geral de inovação, ao invés de um setor específico (NAUGHTON, 2021).

O MLP foi formalmente aprovado no final de 2005 e publicado em fevereiro de 2006. Dois grandes temas permearam o plano: a “inovação endógena”, que implica uma orientação nacionalista e é fortemente consistente com as partes do plano que enfatizam a ação governamental; e a empresa como ator principal, o que era consistente com as partes do plano que enfatizavam a necessidade de trabalhar por meio do mercado e de quebrar barreiras entre as diferentes partes do sistema nacional de inovação. A maior parte do documento (22 das 39 páginas) apresenta três listas de tecnologias separadas, mas sobrepostas, categorizadas em 68 setores prioritários, 27 campos fronteiriços e 18 áreas de pesquisa básica. A reforma do sistema científico e tecnológico e a construção do sistema nacional de inovação da China são descritas em apenas quatro páginas; políticas e medidas governamentais em seis; e recursos humanos em dois. Os Megaprojetos ocupam apenas uma página (LINGA E NAUGHTON, 2016).

Segundo Naughton (2021), os Megaprojetos foram financiados pelo Estado, e tinham como objetivo quebrar estrangulamentos e contribuir para o

desenvolvimento de uma indústria competitiva, construindo capacidades inovativas em setores com grande impacto no desenvolvimento econômico e social. Os megaprojetos incluíam o desenvolvimento de tecnologias associadas à fabricação de CIs, reatores nucleares e grandes projetos de aviões civis; cada uma das três áreas encerradas pela administração Zhu Rongji foi trazida de volta à vida, maior e com mais recursos. Em sua maioria, os megaprojetos do MLP são projetos de grande escala orientados por objetivos, com foco no avanço da engenharia, e não nas capacidades científicas básicas. São influenciados por considerações de “política industrial”, contudo, não são políticas diretamente industriais, uma vez que não contribuem para direcionar recursos para setores industriais específicos.

Os Megaprojetos foram montados de forma criteriosa, com “duplo sistema de liderança”. Um Megaprojeto padrão tem um grupo líder com um vice-ministro como chefe e um escritório de trabalho localizado em um de seus ministérios supervisores. A parte de pesquisa é então organizada com um engenheiro-chefe ou projetista e vários engenheiros-chefes adjuntos. Eles desempenham a função principal de planejar e supervisionar as atividades de P&D. Além deste “modelo padrão”, no entanto, dois Megaprojetos foram organizados como corporações e receberam uma perspectiva mais orientada para o mercado (NAUGHTON, 2021).

Os Megaprojetos foram todos criados em 2007 e 2008, mas os gastos começaram em 2008. Quando a crise financeira global eclodiu no final de 2008, o governo chinês respondeu com um enorme esforço de impulso. Como parte dessa resposta, a implementação dos megaprojetos foi acelerada e foi feita uma tentativa de agilizar a implementação de todos os projetos até ao final de 2009 (Naughton, 2021, apud Chen, 2010).

Segundo Naughton (2021), a partir de 2008, com os impactos da Crise Financeira Global, surgiu rapidamente o programa das indústrias emergentes estratégicas (SEI) que constituiu uma segunda onda da política industrial. Sua principal diferença em relação aos Megaprojetos, era que não foi totalmente financiado pelo governo, e sim utilizado como uma maneira de criar condições favoráveis para que as empresas se desenvolverem e crescerem, com um foco mais acentuado em setores específicos, o que estabelece uma continuidade substancial dos Megaprojetos. Existe uma sobreposição setorial significativa:

algumas iniciativas de SEI são continuações diretas de Megaprojetos individuais, e a maioria dos Megaprojetos tem alguma relação com um SEI subsequente.

O programa SEI surgiu na sequência da Crise Financeira Global, cuja onda de choque atingiu a China no final de 2008. A resposta da China à Crise foi ampla, rápida e decisiva: um estímulo fiscal foi seguido por um aumento de crédito bancário, a resposta inicial baseou-se principalmente em políticas fiscais e monetárias “horizontais” para estimular a procura interna e compensar o impacto da queda rápida das exportações. As políticas de revitalização industrial foram implementadas em fevereiro de 2009, abrangendo dez indústrias majoritariamente tradicionais (siderúrgica, automóvel etc.), que eram potencialmente afetadas pela crise a curto prazo. O apoio do governo central expandiu-se rapidamente para indústrias de alta tecnologia enquanto os governos locais começaram a converter os ganhos financeiros inesperados do estímulo em programas de desenvolvimento industrial de longo prazo (LINGA E NAUGHTON, 2016).

Naughton (2021) aponta que em novembro de 2009, Wen Jiabao anunciou formalmente uma iniciativa Estratégica de Indústrias Emergentes e selecionou sete amplos setores industriais para inclusão. O ponto principal do processo de formulação de políticas foi lançado no início do ano seguinte, quando foi constituído um Grupo de Coordenação Interministerial para Acelerar o Desenvolvimento das SEIs. O seu objetivo era redigir uma política programática da SEI, que levaria a um Plano Quinquenal da SEI para o 12º Período do Plano (2011-2015).

Segundo Linga e Naughton (2016), após discussões por vezes controversas, os sete grandes setores originais de Wen Jiabao foram aumentados com a adição de “máquinas de precisão e de alta qualidade” como um setor principal, enquanto os “novos medicamentos” e os “organismos geneticamente modificados” foram consolidados numa “indústria biotecnológica”, mantendo sete setores no total. Os “veículos elétricos” foram substituídos por “veículos de novas energias”. Estas mudanças tornaram as SEI muito maiores e mudaram ainda mais a definição de um enfoque tecnológico para um enfoque de política industrial.

O Conselho de Estado aprovou o documento chave da SEI, denominado “Decisão para acelerar o cultivo de indústrias emergentes estratégicas” em 10 de outubro de 2010. Uma semana depois, o 5º Plenário do Comitê Central do Partido Comunista aprovou as “Sugestões do Centro do Partido sobre a elaboração do 12º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento Social e Econômico Nacional”, garantindo o pleno andamento dos processos SEI e dos processos do Plano Quinquenal, se tornando o centro da formulação de políticas econômicas. A fase de especificação de políticas prosseguiu em conjunto para as SEI e o 12º Plano Quinquenal e o documento foi submetido ao Conselho de Estado, e foi aprovado e emitido em 9 de julho de 2012. Assim, completou-se o processo de especificação da política, uma vez que todas as tarefas foram entregues aos órgãos de implementação, e o programa SEI tornou-se uma parte importante do regime político chinês, o que permanece até os dias atuais (NAUGHTON, 2021).

A China lançou em 2015 uma nova onda de políticas industriais, Naughton (2021) afirma que as manobras de abertura desta nova campanha foram os importantes planos autônomos, “*Made in China 2025*” e o “*Programa Internet Plus*” que enfatizam a aplicação de novas tecnologias aos setores industriais existentes. “*Made in China 2025*” assemelha-se à “Indústria 4.0” da Alemanha na sua concepção tecnológica (embora seja muito maior no esforço de recursos), focando na integração da robótica, engenharia de precisão e sensores onipresentes em redes de “fabricação inteligente”. Estas políticas são altamente acionáveis e representam, a oportunidade de introdução de novas tecnologias de uso geral nas indústrias tradicionais, onde tais tecnologias podem não ser bem conhecidas (NAUGHTON, 2021).

Em maio de 2016, o governo aprovou uma nova visão integradora, intitulada “Estratégia de Desenvolvimento Orientada à Inovação” (IDD), ao mesmo tempo reconfigurou o plano já existente das Indústrias Estratégicas Emergentes (SEI), para torná-lo mais operacional, coerente e consistente com os planos atuais. Assim, dentro de alguns anos, a China optou por um portfólio de políticas industriais, vinculadas a uma declaração de visão. Essa nova onda de política industrial foi um novo ponto de partida, porque estava focada em uma revolução tecnológica emergente (NAUGHTON, 2021).

Naughton (2021) também afirma que em novembro de 2016, foi emitido o Plano Estratégico das Indústrias Emergentes (SEI) para o período do 13º FYP (2016-2020) que abrangia metas amplas para os setores industriais e tarefas de implementação desagregadas para diversas agências governamentais. O novo plano SEI, também exigia uma coordenação estreita com os planos ligeiramente anteriores “*Made in China 2025*” e “*Internet Plus*”, bem como com o Plano de Fusão da Indústria Civil Militar que se seguiu logo depois.

Entre 2015 e 2017, portanto, os tomadores de decisões políticas procuraram integrar as iniciativas existentes e produziram um conjunto de planos interligados. O IDD estava no ápice, com pelo menos cinco grandes programas sob seu amplo guarda-chuva. Quatro deles eram planos setoriais específicos e o quinto, abrangia uma série de setores de produção (NAUGHTON, 2021).

Segundo Naughton (2021) esta nova onda de política industrial foi um novo ponto de partida, já que estava focada numa possível revolução tecnológica emergente. Foi também uma aceleração das políticas industriais existentes, intensificando substancialmente o esforço global de recursos. O compromisso político de alto nível com a nova estratégia foi acompanhado pelo lançamento de um novo dispositivo de financiamento, os fundos governamentais de orientação industrial.

Linga e Naughton (2016) afirmam que a implementação da política SEI é um trabalho em andamento. Desde 2009, as políticas têm sido adaptadas às novas circunstâncias em diversos setores, instrumentos múltiplos e sobrepostos são utilizados na implementação de SEI, as agências governamentais locais e centrais cooperam e competem na promoção de SEI e no apoio a empresas específicas. Naughton (2021) complementa que desde os IDD, em 2016, houve uma reorientação estratégica generalizada, o que levou outros setores a repensarem as suas abordagens. A partir de 2018, portanto, houve planos de ações urgentes de 3 anos a fim de levar a orientação estratégica até ao final do Plano Quinquenal em 2020.

A estratégia chinesa diante desta nova revolução tecnológica é investir em aplicações *upstream* e *downstream*, onde desde o início tinha como objetivo aumentar a capacidade nacional para cada uma das fases da cadeia de valor industrial. Um grande fluxo de recursos foi investido nas fases da cadeia de valor, como por exemplo, na concepção e produção de semicondutores, a fim de

aumentar a capacidade e desenvolver a oferta interna e, ao mesmo tempo, expandir a demanda (NAUGHTON, 2021).

Segundo Naughton (2021), o programa SEI atualmente foca em cinco grandes setores industriais: indústria de TI, maquinaria industrial, bio e farmacêutico, novos veículos energéticos e energia limpa, e mídias digitais. A onda de novas tecnologias de uso geral interage fortemente com o fornecimento de novos tipos de infraestrutura, a China tem investido massivamente na construção de infraestruturas há mais de vinte anos, e após a crise econômica global causada pela pandemia do coronavírus surgiu novas oportunidades e novos desafios.

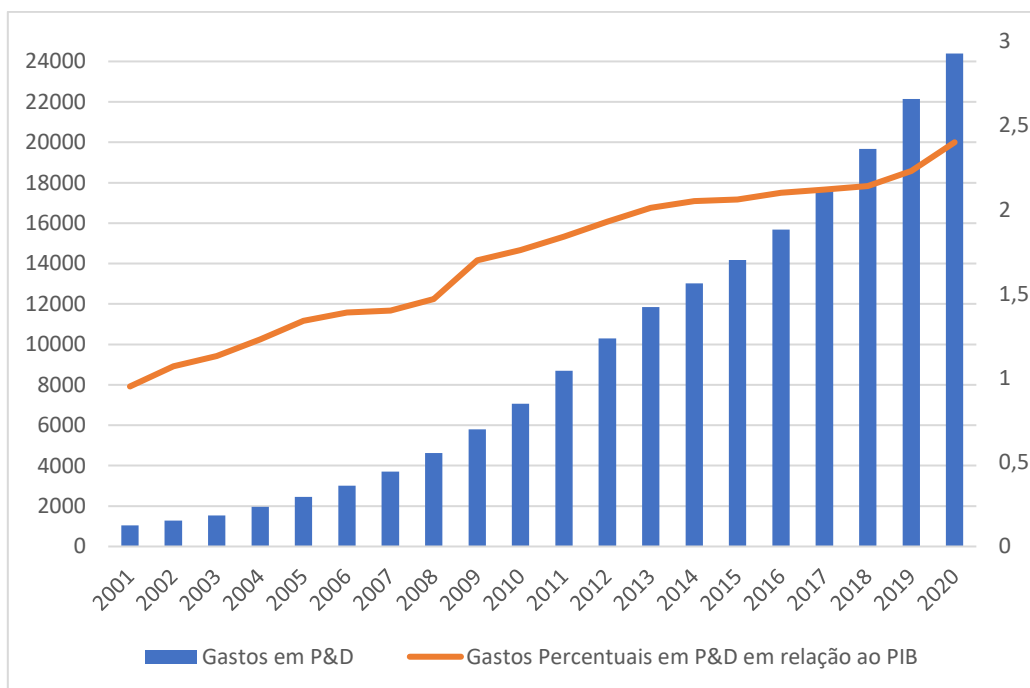
A recessão econômica global em 2020, na sequência da crise econômica do coronavírus, causou uma mudança no cálculo de custo-benefício no que diz respeito à política de infraestruturas chinesa. À medida que países de todo o mundo respondiam à crise do coronavírus com vários tipos de estímulo, não foi surpreendente que a China também contemplasse um programa de estímulo, mas construído em torno do fornecimento de “novas infraestruturas”. A partir daí surgiu o conceito de “infraestruturas de novo estilo” que considera: A infraestrutura de informação que consiste em rede de comunicações, Internet das coisas, Internet industrial e comunicações por satélite, nova infraestrutura tecnológica, incluindo IA, computação e Blockchain, e infraestrutura de computação, incluindo data centers e centros de processamento; a infraestrutura integrada, que significa atualizar a infraestrutura tradicional com a adição de internet, big data e IA e; a infraestrutura de inovação que engloba ciência, tecnologia, desenvolvimento, e instalações de pesquisa (NAUGHTON, 2021).

Naughton (2021) traz a discussão de que atualmente, é perceptível um maior interesse do processo de política industrial chinês, no que diz respeito à atitude dos tomadores de decisão política em relação às empresas privadas. Os decisores políticos não têm problemas em apoiar as empresas privadas como parte das políticas industriais, já que a realidade básica é de que grande parte da experiência na inteligência artificial e na operação de redes inteligentes reside no setor privado.

3.2. Evolução da China em aspectos da Ciência e Tecnologia

A presente seção tem como objetivo apresentar alguns resultados em relação a aspectos importantes para o campo de Ciência e Tecnologia.

Figura 1 – Gastos Totais em P&D e Gastos Percentuais de P&D em Relação ao PIB da China (2001-2020, em 100 Milhões de Yuans)

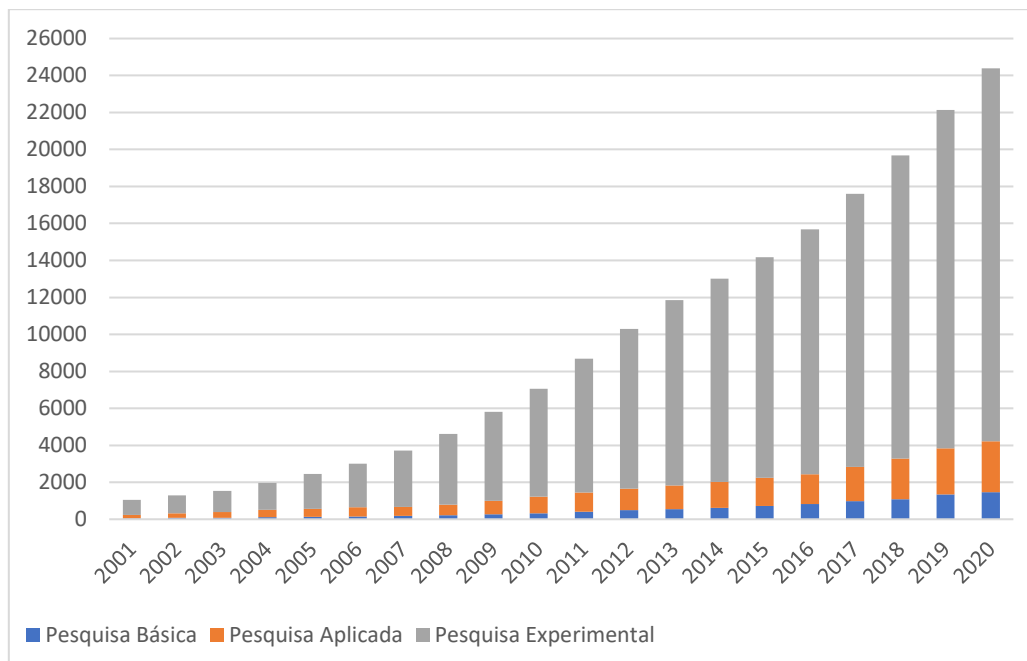


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do National Bureau of Statistics of China.

A figura 1 apresenta o total de gastos em P&D da China e a proporção destes gastos em relação ao PIB, para o período de 2001 a 2020. Como é possível observar, no início do período analisado, os gastos em P&D da China representavam cerca de 0,95% do PIB, em 2001. Em 2002, os gastos ultrapassaram 1% e permaneceram em constante crescimento durante todo o período, entretanto, é possível perceber que a variação dos gastos percentuais, não chegou a aumentar 0,1 pontos percentuais a cada ano até 2007. A partir de 2009, a variação do percentual de gastos aumenta em 0,23 pontos percentuais em relação a 2008, o que pode indicar o esforço de impulso do governo chinês em relação a implementação dos megaprojetos, além da rápida resposta à crise de 2008, com políticas fiscais e monetárias “horizontais” para estimular a procura interna e compensar o impacto da queda rápida das exportações. A partir desse

período, a tendência continua crescente, mas retorna aos níveis anteriores, voltando a variar acima de 0,1 pontos percentuais apenas entre 2019 e 2020.

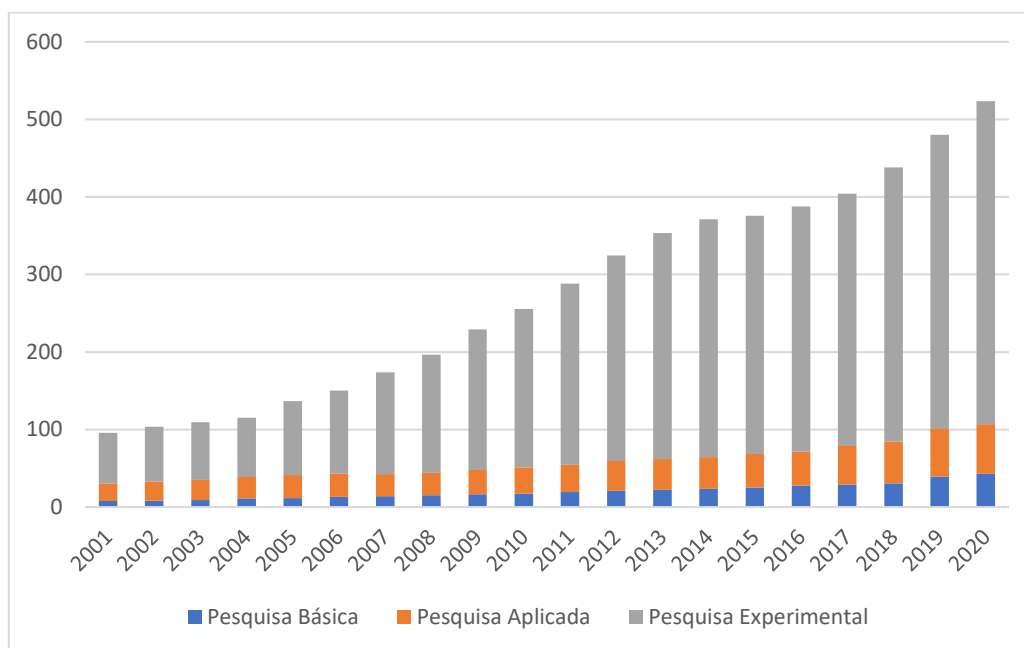
Figura 2 – Gastos Totais em P&D e sua Proporção entre Pesquisa Básica, Aplicada e Experimental (2001-2020, em 100 Milhões de Yuans)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do National Bureau of Statistics of China.

A partir da figura 2, é possível observar que a variação do gasto em P&D é crescente durante todo o período e conseqüentemente houve um aumento crescente em todos os tipos de pesquisa. Em 2012, o gasto com P&D ultrapassou a marca de 1 trilhão de yuans, nos quais a maior proporção pertence à Pesquisa Experimental, seguida por Pesquisa Aplicada e Pesquisa Básica, respectivamente. Durante todo o período, a proporção dos gastos totais é muito mais significativa para Pesquisa Experimental, tendo também aumentado em uma proporção muito maior em relação às demais, entre o período analisado este gasto passou de cerca de 81 bilhões de yuans em 2001 para 2 trilhões de yuans em 2020. Em relação à Pesquisa Aplicada o gasto aumentou de cerca de 17,5 bilhões em 2001 para 275 bilhões em 2020 e Pesquisa Básica o valor variou de 5 bilhões em 2001 para 146,7 bilhões em 2020.

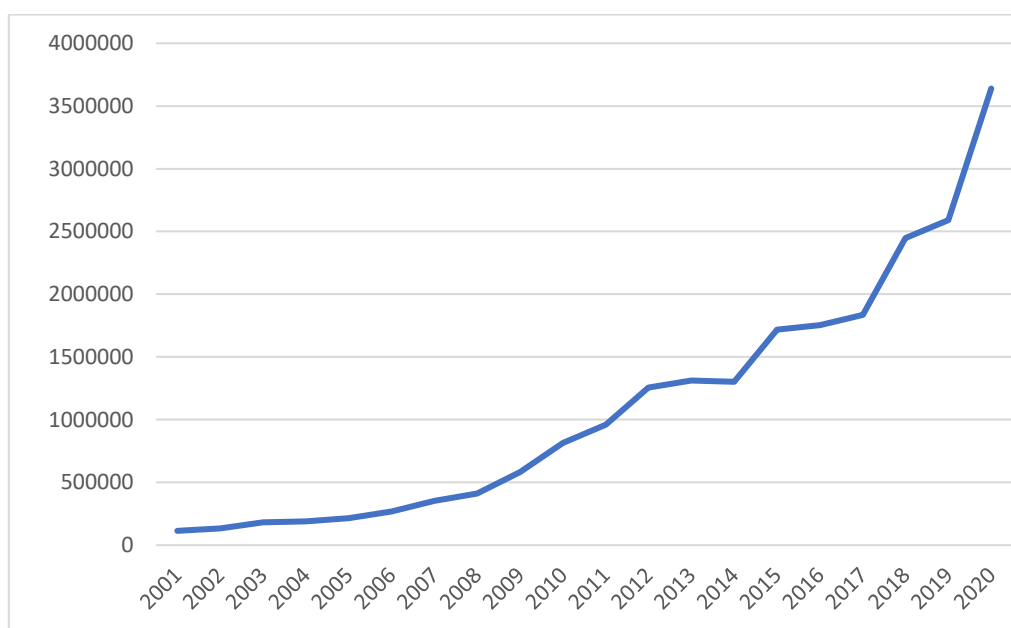
Figura 3 – Número Total de Pesquisadores dedicados às atividades em P&D em dedicação exclusiva e sua proporção entre Pesquisa Básica, Aplicada e Experimental



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do National Bureau of Statistics of China.

Consequente ao aumento dos gastos em P&D, é possível observar na figura 3, que o número de pesquisadores dedicados exclusivamente a atividades em P&D também foi crescente durante todo o período. A proporção entre os tipos de pesquisa também permanece a mesma, com mais pesquisadores dedicados à Pesquisa Experimental, seguido por Pesquisa Aplicada e Experimental, respectivamente.

Figura 4 – Número de Patentes Concedidas pelo escritório nacional da China 2001-2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do National Bureau of Statistics of China.

A figura 4 apresenta o número total de patentes concedidas pelo escritório nacional na China, em que é possível observar o aumento expressivo da concessão de patentes, evidenciando os esforços direcionados a inovação. O número de patentes concedidas passou de cerca de 114 mil em 2001 para 3,6 milhões em 2020, com aumento expressivo a partir de 2008, evidenciando, como já citado anteriormente, os esforços do governo chinês em impulsionar a implementação dos megaprojetos.

3.3. Principais políticas recentes de upgrade tecnológico no Brasil

O início dos anos 2000 marcou o renascimento da política industrial no Brasil (SUZIGAN; GARCIA; ASSIS FEITOSA, 2020). Segundo De Negri (2017), ao longo dos últimos anos, o Brasil implementou uma série de medidas destinadas a reforçar a capacidade de inovação do país, que parte de incentivos de apoio financeiro direto, de crédito e fiscais até medidas regulatórias. Em 2003 foi lançado o programa de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), cujo objetivo era coordenar ações estratégicas do governo e dos agentes privados, a fim de desenvolver capacitações relacionadas à mudança tecnológica (SUZIGAN; GARCIA; ASSIS FEITOSA; 2020)

De acordo com De Negri (2017), nesse mesmo período, foram lançados outros instrumentos de políticas industriais como a Lei de Inovação (Lei no 10.973, de dezembro de 2004) que apresentou regras para a participação de pesquisadores de instituições públicas em projetos de pesquisa em parceria com empresas e para a comercialização da propriedade intelectual resultante dessa parceria, isso criou a possibilidade de o Estado subsidiar investimentos em pesquisa e inovação em empresas privadas. A Lei do Bem (Lei no 11.196, de novembro de 2005), ampliou a abrangência e facilitou a utilização de incentivos fiscais para a realização de investimentos privados em P&D.

Arbix (2017) aponta que no período a partir de 2003, o Brasil deu passos rápidos para a articulação de um sistema mais integrado e coerente para a indução da inovação nas empresas nacionais, com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), anunciada em 2004. No mesmo ano o governo brasileiro também criou instituições organizacionais, como a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), que visavam coordenar as iniciativas de política industrial e proporcionar sua interação com outras instituições, o que desempenhou um papel crítico na redução da lacuna informacional e redução da incerteza para os agentes privados (SUZIGAN; GARCIA; ASSIS FEITOSA; 2020).

Em 2008, uma nova política industrial foi anunciada, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), com foco principal no aumento do investimento agregado. Essa política abrangia metas macroeconômicas e metas setoriais para quase todos os setores industriais brasileiros. O estabelecimento de metas foi uma tentativa de nortear novas convenções, melhorando a coordenação com os agentes privados, reduzindo as lacunas e incertezas de informação, além de garantir a legitimidade da política privados, entretanto o governo escolheu uma gama muito ampla de 25 setores setoriais prioritários, o que contribuiu para uma maior percepção de incerteza sobre a direção das políticas (SUZIGAN; GARCIA; ASSIS FEITOSA; 2020).

Posteriormente em 2009, nasceria o Programa de Sustentação do Investimento (PSI), que foi essencial para combater os efeitos da crise econômica global de 2008, e tinha o objetivo de interromper a curva declinante do investimento, o programa oferecia uma redução temporária das taxas de juros

para investimento de médio e longo prazos. Apesar de ter sido estruturado com outro objetivo, o PSI terminou por criar uma linha voltada para a inovação, pequena em relação ao volume total do programa, mas que se mostrou importante para impulsionar o investimento empresarial em inovação durante os anos de 2011 a 2014 (ARBIX, 2017).

No ano de 2011, o governo brasileiro criou o Plano Brasil Maior (PBM), a fim de reafirmar o papel do Estado como indutor, guia, regulador e fomentador do crescimento econômico e do *catch-up* tecnológico. Esse programa apresentou metas mais ousadas e mais amplas, em comparação aos planos anteriores e proporcionou melhorias em alguns instrumentos de política existentes, como: a política de compras públicas, especialmente para setores como equipamentos para a indústria do petróleo e para a indústria farmacêutica. Além disso, o plano propunha uma redução de impostos sobre o emprego na indústria, expansão das salvaguardas comerciais, criação de novos programas do BNDES de investimentos e inovação, aumento do orçamento para inovação da Finep (Agência Brasileira de Inovação), melhorias no quadro jurídico para a promoção da inovação e a criação de uma nova organização de pesquisa aplicada à indústria, denominada Agência Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) (SUZIGAN; GARCIA; ASSIS FEITOSA; 2020).

Segundo Sarti e Hiratuka (2017), após a crise de 2008, a recuperação das exportações e do investimento foi imediata, atingindo o patamar pré-crise ainda em 2010. A trajetória de recuperação permaneceu até meados de 2011, quando se observou uma relativa estagnação das exportações e dos investimentos. Os investimentos ainda voltariam a crescer entre 2012 e 2013 para depois permanecerem decrescentes até 2016.

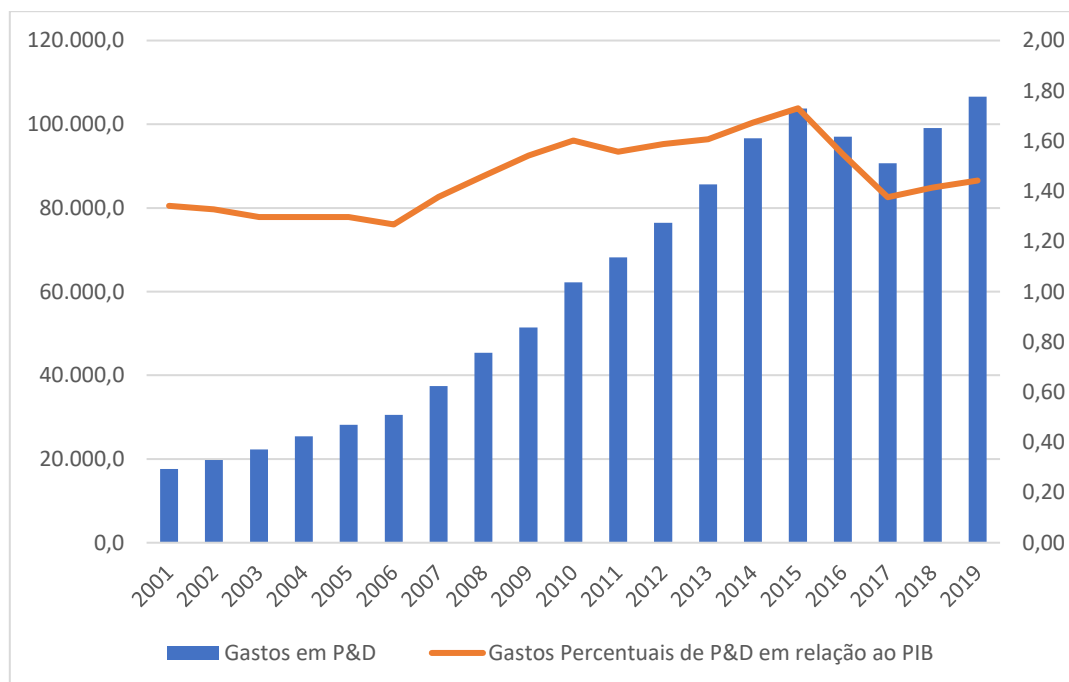
Tigre (2002) mostra que o sistema de Ciência e Tecnologia (C&T) adotado pelo Brasil, foi, em grande parte, baseado em incentivos fiscais não direcionados, ou seja, sem um foco para a promoção da competitividade nacional. Ao mesmo tempo, o setor produtivo brasileiro continuou concentrando suas exportações em produtos de pouco valor agregado. Em uma economia globalizada, a busca por novos mercados, assim como sua manutenção, depende diretamente da capacidade das empresas em acompanharem os avanços científicos e tecnológicos, inovando tanto no produto quanto no processo de fabricação.

Arbix (2017) ressalta que apesar das diferenças de políticas e regimes econômicos ao longo do tempo, a tecnologia e a inovação foram concebidas muito mais como coadjuvantes do que como componentes-chave para impulsionar e sustentar o crescimento econômico. Políticas de incentivo a educação e C&T exigem tempo e estabilidade para sua maturação, os autores apontam que em tempos de crise, é preciso aumentar o foco e o investimento em educação e CT&I, já que as nações que avançaram ao longo do tempo deram especial atenção às pessoas, à sua educação e à ciência e tecnologia, mesmo em momentos de crise.

3.4. Evolução do Brasil em aspectos da Ciência e Tecnologia

Essa seção irá apresentar alguns resultados do Brasil em relação a aspectos importantes para o campo de Ciência e Tecnologia.

Figura 5 – Gastos Totais em P&D e Gastos Percentuais de P&D em Relação ao PIB do Brasil (2001-2020, em Milhões de Reais)

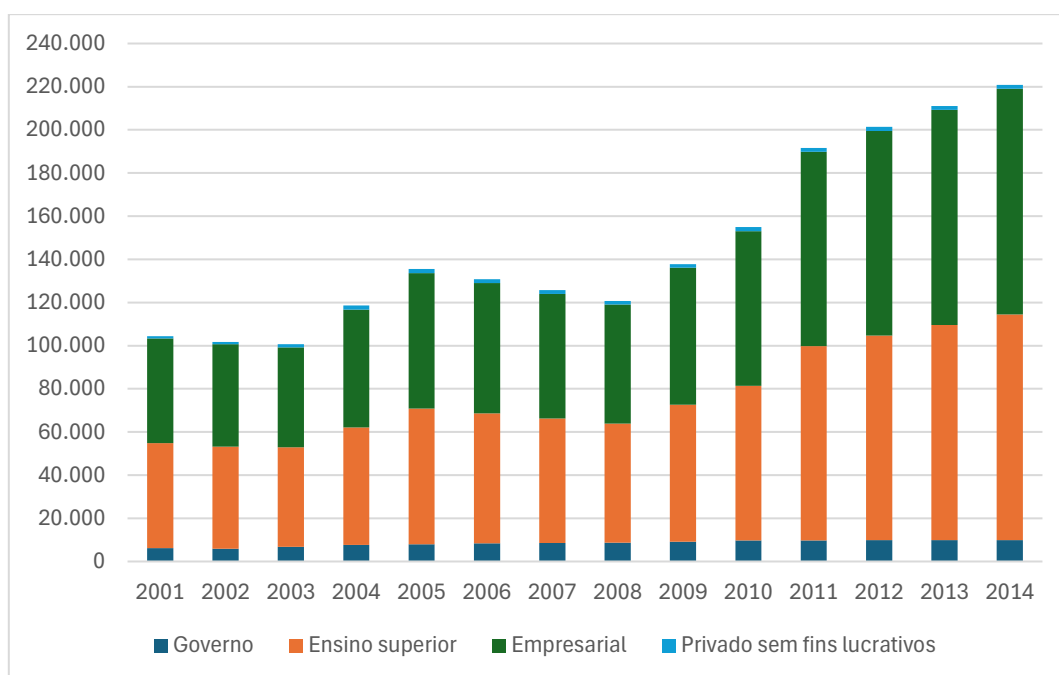


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

A figura 5 apresenta o total de gastos em P&D do Brasil e a proporção destes gastos em relação ao PIB, para o período de 2001 a 2020. É possível

observar que a proporção dos gastos em P&D em relação ao PIB é em geral bem pequena, sendo o seu pico em 2015 com 1,7%. Os gastos com P&D permaneceram crescentes até 2015, período em que ocorreu uma crise econômica e política no Brasil, seguido de um período decrescente entre 2015 e 2017 e voltando a crescer em 2018, em 2019, os gastos chegaram a ultrapassar o nível de 2015. Os percentuais de gastos de P&D em Relação ao PIB, permaneceram crescentes até 2010 com valores que variavam de 1,3% a 1,6%, em 2011 houve uma queda dessa proporção, voltando a crescer até 2015, com uma proporção de 1,7%. A partir de 2015, houve uma queda brusca, com o valor chegando a 1,4%, equivalente ao período de 2007, em 2017 a proporção voltou a crescer, mas não conseguiu alcançar os valores de 2015.

Figura 6 – Total de pessoas envolvidas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (pesquisadores + pessoal de apoio, em número de pessoas, por setor institucional, 2000-2014)

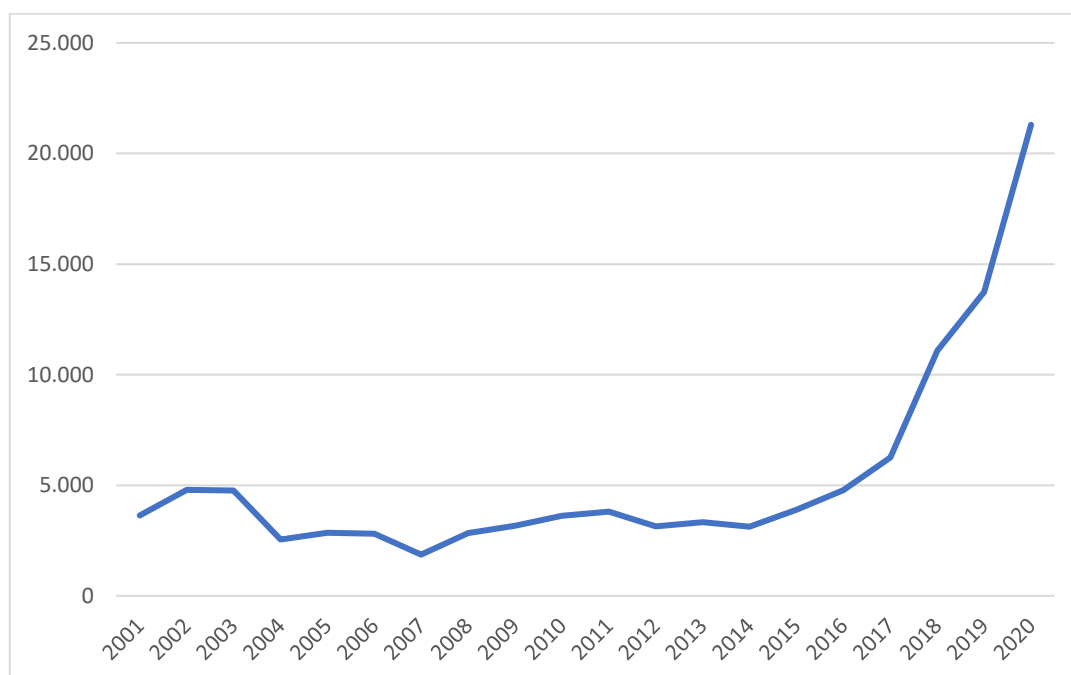


Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

A partir da figura 6 é possível observar que o número total de pessoas envolvidas em P&D não possui uma tendência constante, entretanto, a diferença na proporção dos setores responsáveis pelas atividades permanece, sendo o maior o número de pessoas envolvidas por meio do ensino superior, seguido

pelo setor empresarial, governo e pelo privado sem fins lucrativos, respectivamente. Em relação ao número total, em 2002 havia cerca de 174 mil pessoas envolvidas em P&D, já em 2014, esse número aumentou para 591 mil pessoas, dentre estas, 9,9 mil do governo, 475 mil do ensino superior, 104,5 mil do setor empresarial e 1,8 mil do setor privado sem fins lucrativos.

Figura 7 – Número de Patentes Concedidas pelo escritório Nacional do Brasil 2001-2020



Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

A figura 7 apresenta o número total de patentes concedidas pelo escritório nacional do Brasil, onde é possível observar que em geral o número total não é muito expressivo e não possuía tendência constante até o ano de 2014. A partir desse ano, o número de patentes permaneceu com tendência crescente, aumentando de 3 mil em 2014, para 21 mil em 2020, evidenciando um esforço maior das instituições direcionado a inovação.

3.5. Considerações parciais

A trajetória de política industrial chinesa, desde a reorientação de mercado no início do século 21 até a implementação dos megaprojetos,

demonstra uma abordagem estratégica para o desenvolvimento econômico e tecnológico. As reformas iniciais focadas na liberalização e na entrada na OMC pavimentaram o caminho para a China se tornar uma potência industrial global. A política de "*Going Global*" e os incentivos à internacionalização permitiram que as empresas chinesas se expandissem e se integrassem nas cadeias de valor globais. A partir de 2006, com o Programa de Ciência e Tecnologia de Médio e Longo Prazo, a China adotou uma política mais abrangente, promovendo megaprojetos que impulsionaram setores estratégicos. Nos últimos anos, a política industrial chinesa se intensificou com o lançamento de iniciativas como "Made in China 2025" e "Internet Plus," que visam modernizar e integrar novas tecnologias às indústrias existentes. A crise financeira global de 2008 e a pandemia de coronavírus em 2020 direcionaram a novas políticas focadas em infraestrutura inovadora e tecnologias emergentes.

A trajetória da política industrial no Brasil durante os anos 2000 foi marcada por uma série de iniciativas destinadas a fortalecer a inovação e a capacidade produtiva do país. Programas como o PITCE, a Lei de Inovação e a Lei do Bem, lançados entre 2003 e 2005, estabeleceram uma base para a colaboração entre governo, empresas e instituições de pesquisa, incentivando o desenvolvimento tecnológico e a pesquisa. A continuidade dessas políticas com a PDP em 2008 e o PSI em 2009, demonstrou o compromisso do governo com o crescimento econômico, mesmo diante de crises globais. O Plano Brasil Maior, lançado em 2011, expandiu essas iniciativas, propondo metas mais ambiciosas e melhorias em instrumentos de política existentes, focando na inovação e no desenvolvimento tecnológico.

Em relação à evolução do Brasil e da China em relação à aspectos da Ciência e Tecnologia, foi possível observar que ambos os países possuem uma tendência crescente na maior parte dos aspectos, com exceção do Brasil em Gastos Percentuais de P&D em Relação ao PIB, que caiu a partir de 2015. Entretanto, é perceptível que a China tende a dar mais importância para os aspectos relacionados à Ciência e Tecnologia, demonstrando um crescimento expressivo, em todos os aspectos analisado, quando comparado o início e o final do período. A China também obteve um aumento significativo dos gastos totais em P&D, além de sempre manter a tendência crescente nos gastos percentuais de P&D em relação ao PIB. Outro aspecto que se destaca é o número de

patentes concedidas pelo escritório nacional, ambos os países obtiveram tendências de crescimento crescentes, mas o crescimento do número de patentes concedidas pela China foi expressivamente maior que o do Brasil durante o período analisado, além do número total ser significativamente maior. Isso demonstra que há um maior empenho da China em criar políticas industriais e um maior esforço em investimentos nessa área, além de reforçar a discussão de que a tecnologia e a inovação, no Brasil, foram concebidas mais como coadjuvantes do que como componentes-chave para impulsionar e sustentar o crescimento econômico.

4. A mensuração do *upgrade* tecnológico de China e Brasil no período 2001-2020

4.1. Aspectos Metodológicos

Este trabalho promoverá uma análise comparada de indicadores de *upgrade* tecnológico entre Brasil e China, baseados nos pressupostos teóricos e indicadores sugeridos em Radosevic e Yoruk (2015, 2017): intensidade do *upgrade* tecnológico, abrangência do *upgrade* tecnológico e interação com a tecnologia global. Segundo Radosevic e Yoruk (2017), índices compostos são amplamente usados nas ciências econômicas como forma de se medir o progresso relativo dos países, para diversos indicadores como: competitividade, globalização e inovação. De acordo com a metodologia proposta pelos autores, o índice composto de *upgrade* tecnológico é formado por três subíndices: intensidade, abrangência e interação com a economia global.

O tipo e a intensidade de *upgrade* tecnológico estão nas capacidades e habilidades de produção e tecnologia das empresas e da população, nos investimentos e resultados na criação e geração de novos conhecimentos e na extensão das atividades de pesquisa e desenvolvimento. Tais instrumentos demonstram-se essenciais para o *upgrade* tecnológico, uma vez que, sem estes as inovações de produto e processo não poderiam ser alcançadas. Assim, o *upgrade* tecnológico e a conseqüente diferença de capacidade tecnológica entre os países de interesse deve ser analisadas através do processo inovativo.

Decorrente a isso, diferenças fundamentais entre as nações refletem diferentes estágios do avanço tecnológico. Dessa forma, com o intuito de melhor identificar as diferenças entre os avanços tecnológicos para as nações de interesse, propõem-se aqui as seguintes dimensões para o *upgrade* tecnológico:

- A. Intensidade de *upgrade* tecnológico: atua para identificar as capacidades e competências de produção e tecnologia das empresas e população, geração de conhecimento e atividades de pesquisa e desenvolvimento, essenciais para o avanço tecnológico e desenvolvimento de processos inovativos.
- B. Abrangência de *upgrade* tecnológico: constitui as características estruturais e as mudanças nas características estruturais, tais quais indicadores de capital humano, capital físico e questões organizacionais.
- C. Interação com a economia global: capta a influência das interações globais dos países em que ocorrem os fluxos de conhecimento e efeitos complementares ao *upgrade* tecnológico.

Os indicadores serão compostos por subíndices que melhor captam os objetivos dos componentes supracitados. Os subíndices propostos a seguir estão fundamentados nos pressupostos teóricos desenvolvidos em Radosevic e Yoruk (2015, 2017), baseando-se na revisão de literatura explicitada anteriormente, na plausibilidade econômica e na disponibilidade e comparabilidade de dados para ambos os países, Brasil e China.

O índice de intensidade de *upgrade* tecnológico consiste em dois componentes: capacidade tecnológica e P&D e intensidade do conhecimento, com base em sete indicadores. O componente de “Capacidade Tecnológica”, é construído a partir da mensuração das capacidades de geração de tecnologia (em especial, patentes), e é composto por quatro indicadores: Pedidos residentes de patentes no escritório nacional *pmi*, pedidos de patentes ao escritório de patentes dos Estados Unidos da América (USPTO) *pmi*, pedidos de patentes ao escritório de patentes da Europa (EPO) *pmi*, e contagem de designs industriais feitas por residentes *pmi*. O segundo componente, “P&D e

Intensidade de Conhecimento”, pretende capturar o conhecimento desenvolvido por investimentos em P&D, bem como a influência das capacidades incorporadas nas pessoas, ou seja, pessoal de P&D, cientistas e os resultados de suas publicações e possui os subsequentes indicadores: Despesas com pesquisa e desenvolvimento do setor empresarial (% do PIB), artigos de revistas científicas e técnicas *pmi*, e citações científicas *pmi*.

O índice de abrangência de *upgrade* tecnológico possui dois componentes: capital humano e infraestrutura física e mudanças estruturais, baseados em seis indicadores. O primeiro componente “Infraestrutura: capital humano, físico e organizacional”, baseia-se na mensuração da influência das capacidades incorporadas nas pessoas por meio da educação, na resposta à demanda de competências, na extensão em que as pessoas exploram as tecnologias de infraestrutura disponíveis e no nível de investimento fixo e possui três indicadores: Anos médios de escolaridade para a população entre 15-60 anos, assinantes fixos de Internet banda larga, e investimento bruto fixo (% do PIB). O componente “Mudanças Estruturais” visa capturar as alterações ao longo do tempo na capacidade tecnológica, na estrutura da demanda e no nível das tecnologias disponíveis, e possui três indicadores, são eles: Índice Herfindahl-Hirschman (IHH, doravante) para o total de pedidos de patentes nacionais, IHH para pedidos de patente ao EPO, IHH para pedidos de patente ao USPTO.

O índice de interação com a economia global abrange dois indicadores que representam a entrada e a saída de conhecimento de um país, e o componente que constitui esse índice é “Tecnologia e intercâmbio de conhecimento”, composto pelos indicadores: investimento direto estrangeiro, saídas líquidas (% do PIB) e investimento direto estrangeiro, entradas líquidas (% do PIB), Encargos pelo uso de propriedade intelectual, receitas (% PIB), e Encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos (% PIB).

Tabela 1 – Proposta de indicadores para o cálculo de *upgrade* tecnológico

| Índice | Componente | Propostas de indicadores quantitativos | Fonte |
|---|------------------------|--|---------------|
| Intensidad e de <i>upgrade</i> tecnológico (Índice A) | Capacidade tecnológica | Pedidos residentes de patentes no escritório nacional <i>pmi</i> | Banco Mundial |
| | | Pedidos de patentes ao USPTO <i>pmi</i> | WIPO |

| | | | |
|--|--|---|---------------|
| | | Pedidos de patentes ao EPO pmi | WIPO |
| | | Contagem de designs industriais feitas por residentes pmi | WIPO |
| | | Despesas com pesquisa e desenvolvimento do setor empresarial (% do PIB) | UNESCO |
| | P&D e Intensidade de conhecimento | Artigos de revistas científicas e técnicas pmi | ThomsonNSI |
| | | Citações científicas pmi | ThomsonNSI |
| Abrangência de <i>upgrade</i> tecnológico (Índice B) | | Anos médios de escolaridade para a população entre 15-60 anos | Barro-Lee |
| | Capital humano e Infraestrutura física | Assinantes fixos de Internet banda larga | Banco Mundial |
| | | Investimento bruto fixo (% do PIB) | Banco Mundial |
| | | Índice Herfindahl-Hirschman para o total de pedidos de patentes nacionais | WIPO |
| | Mudanças estruturais | Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao EPO | WIPO |
| | | Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao USPTO | WIPO |
| Interação com a economia global (Índice C) | | Investimento direto estrangeiro, saídas líquidas (% do PIB) | Banco Mundial |
| | Tecnologia e intercâmbio de conhecimento | Investimento direto estrangeiro, entradas líquidas (% do PIB). | Banco Mundial |
| | | Encargos pelo uso de propriedade intelectual, receitas (% do PIB). | Banco Mundial |
| | | Encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos (% do PIB). | Banco Mundial |

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base em Radosevic e Yoruk (2017). Em que, WIPO representa a Organização Mundial da Propriedade Intelectual; Barro-Lee representa a base de dados de desempenho educacional de 1950 a 2015, disponibilizada por Robert Barro e Jong-Wha Lee.

Os indicadores individuais contidos na Tabela 1 serão construídos a partir da compilação dos dados de fontes tais quais: Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), UNESCO, Banco Mundial, ThomsonNSI,

USPTO e EPO (para o cálculo dos Índices Herfindahl-Hirschman¹), UNComtrade e base de dados de desempenho educacional Barro-Lee.

O período a ser analisado será de 2001 a 2020, período que abrange momentos importantes nas políticas de desenvolvimento recente de ambos os países. No Brasil, houve a implementação de uma série de medidas destinadas a reforçar a capacidade de inovação do país, em particular a partir de 2004, enquanto para a China, ocorreu o ingresso da nação na Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2001, e a partir daí, através de políticas de *upgrade* tecnológico, iniciou-se um processo de internacionalização como estratégia de desenvolvimento tecnológico. Assim, espera-se que o contexto macroeconômico e as estratégias adotadas por cada país a partir desse ponto de virada, possa contribuir para a análise dos resultados encontrados a partir dos índices observados.

Assim, fundamentado na metodologia desenvolvida por Caria (2015), foi utilizado um cálculo baseado na distância Euclidiana (DE) para se chegar ao valor do *upgrade* tecnológico e de seus índices componentes. Fixa-se na DE um ponto de partida teórico, zero, que representa o pior desempenho possível em um indicador, a partir do qual a diferença, ou distância é calculada. A distância total em relação a este zero teórico é calculada a partir da raiz da soma das diferenças quadráticas entre cada um dos indicadores e a base zero, ponderada pela raiz do valor máximo possível para o conjunto de indicadores, estabelecendo-se uma distância relativa. Como o valor máximo teórico de todos os indicadores é um, esse fator de ponderação acaba se traduzindo na raiz do número de indicadores utilizados e que compõem a distância final. Calculando a distância para cada dimensão e seus componentes, pode-se organizar todos os índices componentes na mesma medida, que resulta em um índice multidimensional final de *upgrade* tecnológico. Essa concepção está expressa na equação (1) seguinte:

¹ O índice Herfindahl-Hirschman é calculado da seguinte forma: $H_{ij} = \sum_{k=1}^K s_k^2$, onde s_k é a participação de patentes de um país em um campo tecnológico específico e K o número de diferentes campos tecnológicos. O índice é calculado para os dois países de interesse, com base na classificação de 35 campos tecnológicos disponibilizada por WIPO (ver apêndice B).

$$DE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - X_{ij})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - 1)^2}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Em que, DE representa a distância Euclidiana, X_{ij} denota o valor X do indicador normalizado² i , para o país j , com $j \in \{Brasil, China\}$, e n é o total de indicadores. Assim obtém-se uma distância que pode ser compreendida como o desempenho de cada país em cada “dimensão”, composta por um determinado conjunto de indicadores. Assim, o procedimento normaliza os resultados colocando-os em uma mesma base e teto pré-estabelecidos, obtendo, desse modo, uma evolução contínua, com resultados compreendidos entre 0 e 1, invariáveis ao número de indicadores e com mesma base no tempo.

Como em Caria (2015), a análise dos resultados padronizados não é propriamente relativizada aos países analisados. É possível extrair o país de melhor desempenho, mas dificulta-se inferir qual deles está mais adiante no avanço tecnológico relativamente ao outro. Para tanto, considera-se a equação (2) a seguir:

$$DF = \left(\left(\frac{X_{observado}}{X_{máximo}} \right) - 1 \right) \times (-100) \quad (2)$$

A partir da equação (2) temos uma diferença percentual entre os países com melhor desempenho geral nos indicadores propostos, colocando-os numa hierarquia que os classifica em relação à fronteira tecnológica atual entre os dois países, personalizada na figura do país que mais se distanciou do zero teórico para o período analisado. Então, a dimensão total, ou TU , é calculada usando os resultados combinados de cada um de seus componentes (Intensidade, Abrangência e Interação). A estratificação (indicador – componente – dimensão) é útil pela possibilidade de análise pontual de desempenho dos países em determinados indicadores ou campos agregados (como “Abrangência”).

² Aqui, X_{ij} denota a variável normalizada. Neste trabalho, utilizou-se o método de normalização “min-max” empregado em Radosevic e Yoruk (2017), da seguinte forma: $Y = \frac{y_{ij} - y_{ij}^{\min}}{y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}}$, em que min e max denotam os valores mínimo e máximo de cada indicador entre os países.

Ainda assim, cabe ressaltar as limitações apresentadas pela metodologia proposta. Com o agrupamento das variáveis em diversos componentes, e estes posteriormente agregados em um único índice composto, poderíamos obter uma ponderação desigual dos componentes entre os países (os componentes que agrupam maior número de variáveis exerceriam um maior peso dentro do índice composto), podendo resultar em um desequilíbrio no índice de *upgrade* tecnológico, que deixaria de refletir a importância relativa de determinado componente para a trajetória do avanço tecnológico de cada nação analisada. Portanto, atribui-se a cada componente a ponderação de igual peso dentro do índice de interesse. Por fim, a junção das três dimensões no índice final (TU), traz a uniformidade no tratamento de cada componente a fim de melhor traçar o caminho do *upgrade* tecnológico entre Brasil e China.

4.2. Resultados encontrados: indicadores de upgrade tecnológico para China e Brasil (2001 – 2020)

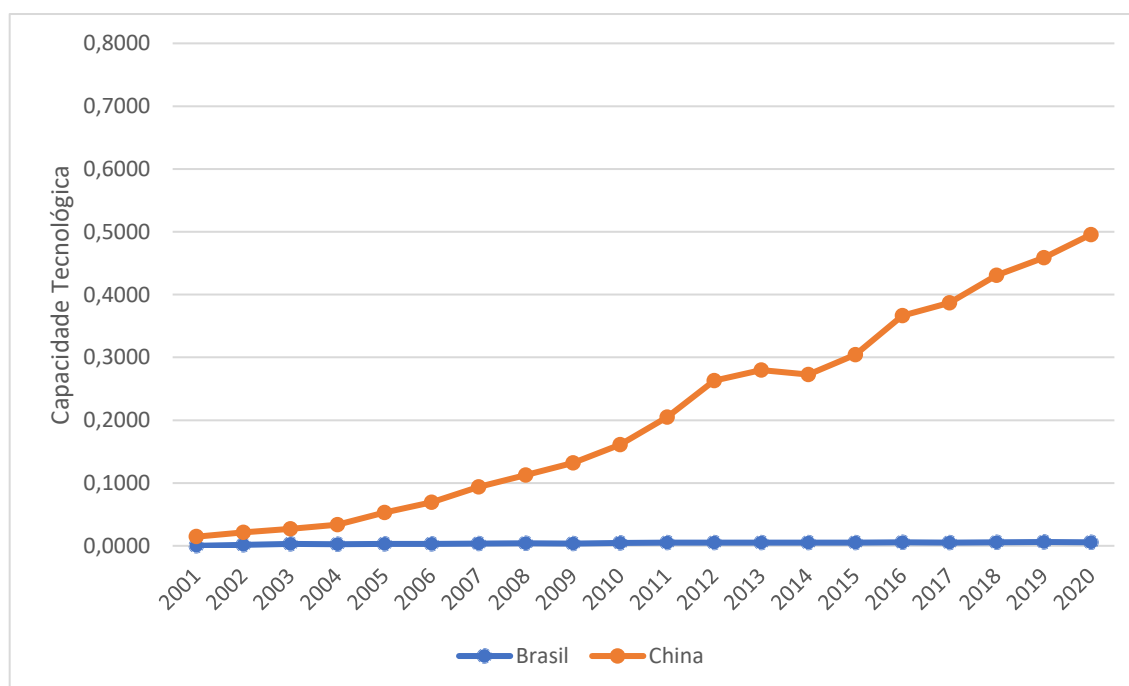
Esta seção apresentará os resultados encontrados para os indicadores relativos a Brasil e China, calculados a partir da aplicação da metodologia apresentada previamente, e realizará uma comparação temporal com a evolução dos indicadores estimados para a economia chinesa, juntamente com uma análise das dimensões de *upgrade* tecnológico.

4.2.1. Intensidade de upgrade tecnológico

O primeiro componente da dimensão de intensidade de upgrade tecnológico é a capacidade tecnológica, que indica a capacidade de alterar produtos e processos de maneira significativa por meio do processo de inovação, refletem os níveis tecnológicos das economias. O Brasil apresentou um índice médio de 0,0041, inferior à média chinesa 0,2090, para o período analisado. E ainda, o indicador brasileiro apresentou um crescimento médio período a período de 10%, contra 21% observado para a China.

A figura 8 ilustra a trajetória do indicador de capacidade tecnológica para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. Por meio da figura, é possível observar que ambos os países iniciaram o período com níveis de capacidade tecnológica semelhantes, entretanto, a partir de 2004, a China tende a crescer de maneira expressivamente maior, mantendo uma tendência crescente por todo o período e no final do período, a distância entre os países aumenta de forma clara, demonstrando um esforço maior da China em crescer via capacidade tecnológica, uma característica que tende a se destacar em países de renda alta que costumam crescer com base nas atividades de fronteira tecnológica.

Figura 8 – Índice de capacidade tecnológica

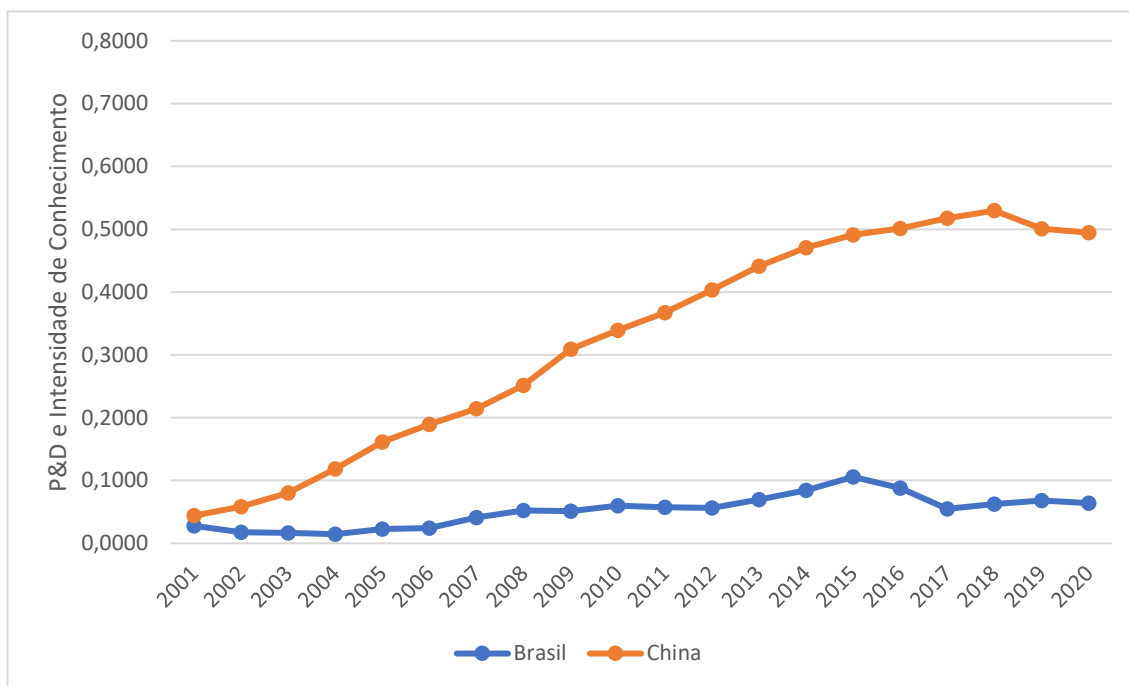


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do WIPO e Banco Mundial.

O segundo componente da dimensão de intensidade é pesquisa e desenvolvimento (P&D) e intensidade de conhecimento. P&D é geralmente considerado um dos principais componentes da inovação, portanto, sendo um dos principais propulsores do crescimento, principalmente no curto prazo. Radosevic (2017) discorre que a literatura aceita que P&D possui duas faces, uma delas é o motor da inovação na fronteira mundial, e outra é P&D como força motriz das atividades de imitação ou como fator de capacidade de absorção. As

economias de renda média tendem a crescer mais em atividades de imitação, enquanto a transição para um grupo de alta renda exige uma mudança para atividades tecnológicas de fronteira.

Figura 9 – Índice de P&D e Intensidade de Conhecimento



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do ThomsonNSI e UNESCO.

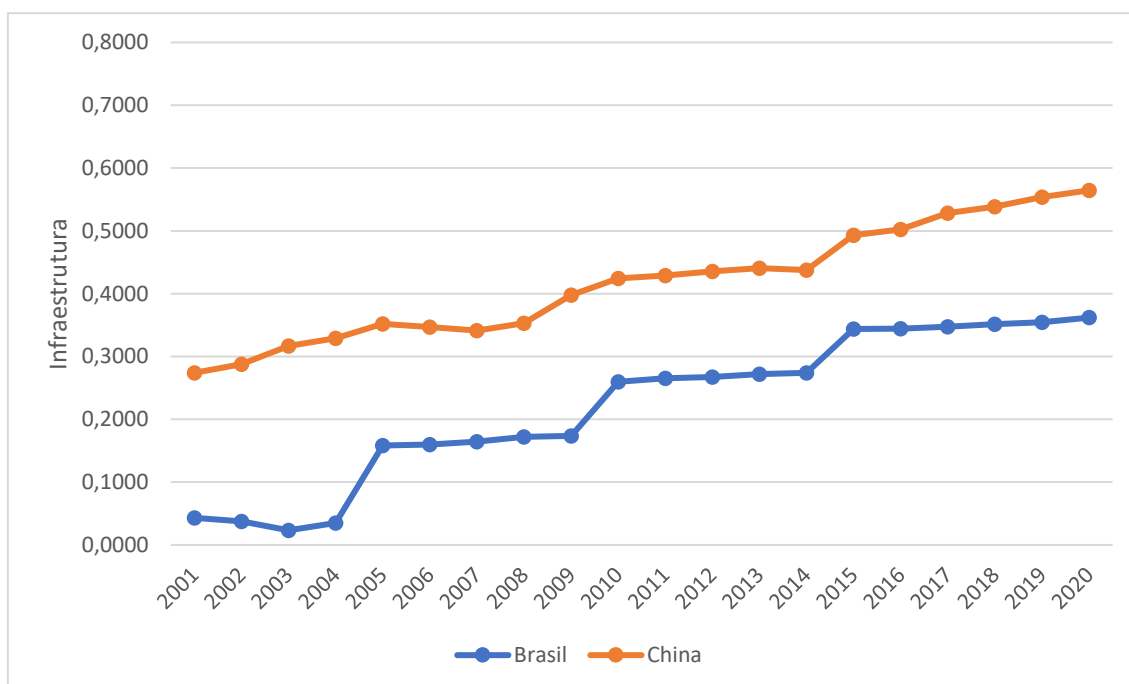
A figura 9 ilustra a trajetória do indicador de P&D e intensidade de conhecimento para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O Brasil apresentou uma variação média do indicador de aproximadamente 2%, contra 6% para o caso chinês. Pela Figura 2, é possível perceber uma tendência de queda para o índice brasileiro a partir de 2015, período em que passou de 0,1057 para 0,0550 em 2017. O indicador referente a China se reduziu suavemente de 2018 a 2020, passando de 0,5297 para 0,4949. Por meio da figura, também é possível observar que semelhante ao índice anterior, que ambos os países iniciaram o período com níveis semelhantes de P&D e intensidade de conhecimento, entretanto, novamente os níveis tendem a se distanciar significativamente a partir de 2004 e essa distância segue aumentando ano a ano, o índice do Brasil não chega a 0,1 no final do período analisado, enquanto a China finaliza o período com um índice de aproximadamente 0,5. Esses resultados corroboram com a análise anterior de

que a China busca investir mais em políticas industriais e apresentou um maior esforço em investimentos na área de pesquisa e P&D em relação ao Brasil para o período analisado.

4.2.2. Abrangência de upgrade tecnológico: características estruturais

A segunda dimensão calculada foi a abrangência do *upgrade* tecnológico. Segundo Radošević e Yoruk (2015), o *upgrade* tecnológico não pode ser reduzido em intensidade ou escala de atividades tecnológicas, essa dimensão refere-se à amplitude dos fatores que afetam a intensidade do aprimoramento da tecnologia e considerou-se dois componentes: infraestrutura e mudanças estruturais. O primeiro componente dessa dimensão é a infraestrutura, que engloba o capital humano, físico e organizacional. Choung *et al.* (2014) mostram que a transição da adoção para o estágio de criação depende dos arranjos estruturais e institucionais que apoiam a inovação de um país, além da estratégia e dos recursos de uma única empresa. A acumulação de capacidade tecnológica nas empresas deve ser acompanhada por uma infraestrutura organizacional que apoie a aquisição de tais capacidades.

Figura 10 – Índice de infraestrutura: capital humano, físico e operacional



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Barro-Lee e Banco Mundial.

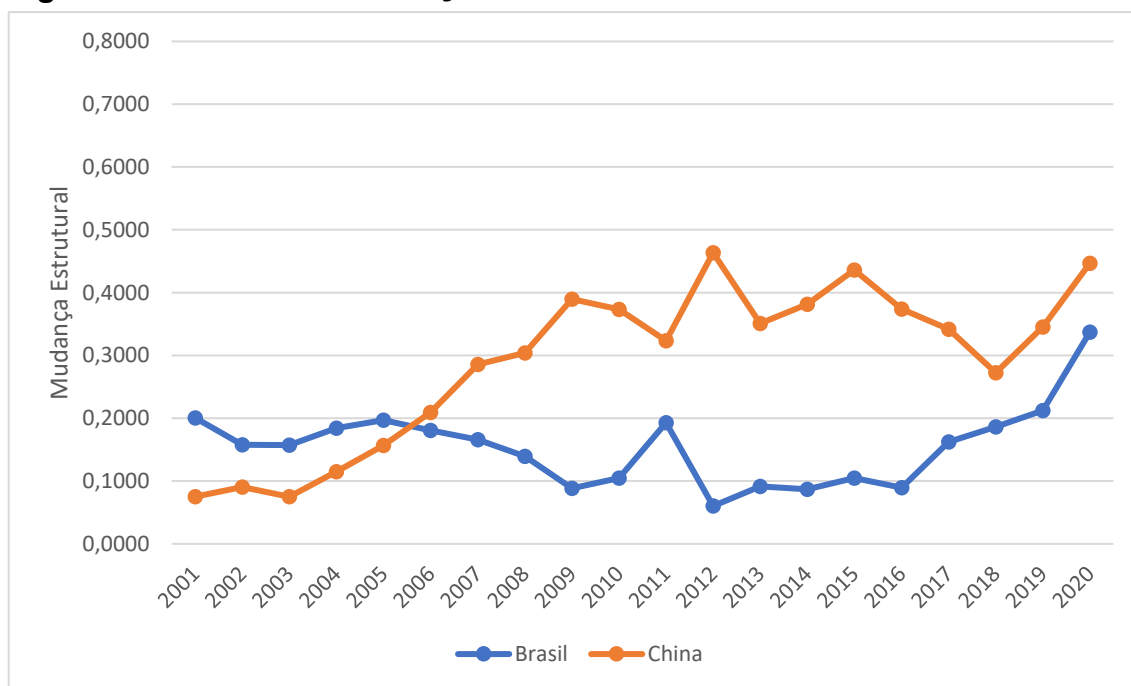
A figura 10 ilustra a trajetória do indicador de infraestrutura para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O índice relativo à infraestrutura para o Brasil apresentou um crescimento médio período a período de 24%, com saltos bruscos entre os anos de 2004–2005, 2008–2009 e 2014–2015, enquanto se observou para a China uma média de crescimento de 4%. Diferentemente dos resultados encontrados nos índices anteriores, é possível observar na figura, que embora a China permaneça com valores maiores em todos os anos analisados, a diferença entre ambos os países deixou de ser tão expressiva e o Brasil apresentou crescimento maior entre o 2001 e 2020, em relação à China. Esse resultado pode se dar ao fato desse componente levar em consideração anos de escolaridade e acesso à internet, semelhantes entre Brasil e China, por serem ambos países em desenvolvimento e com problemas de desigualdade social, outro dado analisado para esse componente foi investimento bruto como proporção do PIB, que para a China demonstrou ser expressivamente maior em relação ao Brasil e provavelmente foi o que impulsionou a permanência de uma distância entre os países.

O segundo componente dessa dimensão é o componente de mudanças estruturais, que se refere a diversificação tecnológica, mudanças na demanda e oferta de inovação. As mudanças estruturais são importantes pois promovem o crescimento agregado da produtividade, mesmo que dentro das indústrias esta possa permanecer estagnada.

A figura 10 ilustra a trajetória do indicador de mudanças estruturais para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O Brasil apresentou um crescimento médio aproximado de 10%, contra 12% para o coeficiente de mudanças estruturais chinês. O Brasil mostrou uma redução consistente do indicador entre os anos de 2005 (0,1972) e 2009 (0,0884), ano em que voltou a apresentar uma variação positiva, e de forma geral a China apresentou uma melhor evolução do indicador. A China demonstrou uma queda no índice de mudanças estruturais entre os anos de 2015 e 2018, com uma variação aproximada de 38%. Ambos os países encerraram o período de análise com tendências de crescimento, em particular a partir de 2018. Adicionalmente, é possível observar que, diferente dos índices anteriores, o Brasil apresentou valores maiores entre 2001 e 2006, quando a China o ultrapassa e permanece nesta tendência até o final do período. Alterações em mudanças estruturais são

mais difíceis de se captar em uma análise de 20 anos, por ser caracterizada por mudanças de longo prazo, dessa forma, talvez seja possível de se verificar a real distância entre os países em períodos maiores, entretanto, ainda é possível observar a característica já observada anteriormente de que a China parece possuir um esforço maior através dos anos no investimento em mudanças estruturais.

Figura 11 – Índice de mudanças estruturais



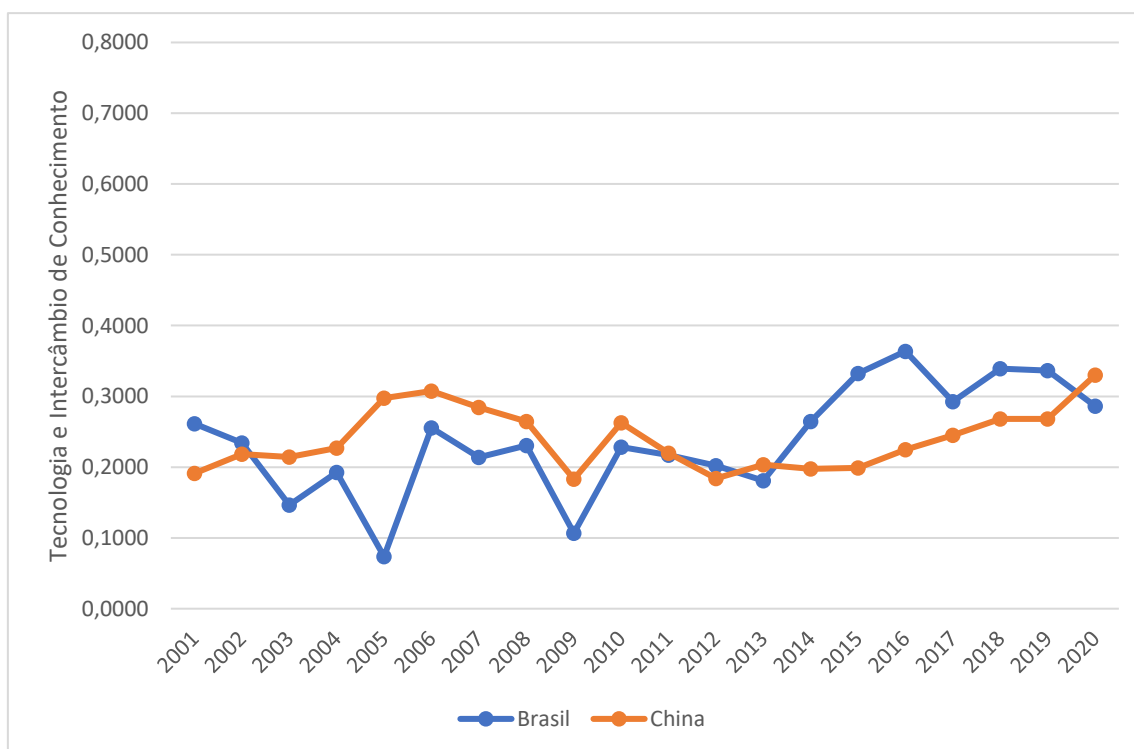
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do WIPO.

4.2.3. Interação com a economia global

A terceira dimensão é a interação com a economia global, sua importância vem do fato do *upgrade* tecnológico não ser um processo independente e sim ligado ao fluxo de conhecimentos estrangeiros, que são combinados com esforços intensivos de tecnologia doméstica. Segundo Lacasa *et al.* (2018), em países de baixa renda, a interação global é de alta relevância para obter acesso à tecnologia de fronteira, à medida que a renda dos países cresce e as capacidades tecnológicas se atualizam, eles podem entrar em um processo de cogeração de conhecimento. O componente deste índice é a tecnologia e o intercâmbio de conhecimento.

A figura 12 ilustra a trajetória do indicador de tecnologia e intercâmbio de conhecimento para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O indicador de tecnologia e intercâmbio de conhecimento demonstrou-se o mais volátil entre todos os analisados, para ambos os países. Possivelmente esse comportamento seja decorrente à natureza das variáveis que o compõem, investimento direto estrangeiro, entradas e saídas líquidas (% do PIB), que respondem direta e rapidamente ao ciclo econômico, o índice também leva em consideração encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos e receitas. O índice brasileiro caiu de 0,2704 em 2008 para 0,1066 em 2009. Observou-se recuperação no ano de 2010, quando o indicador foi de 0,2627, voltando a cair em 2012, só conseguindo alcançar o mesmo patamar em 2018, voltando a crescer em 2019. O índice para a China apresentou uma queda menor para o período entre 2008 e 2010, caindo de 0,2646 para 0,1830 e retornando a patamares pré-crise no período seguinte, para voltar a cair em 2010. A partir daí o indicador permaneceu com uma tendência crescente até o final do período analisado, em 2020, ultrapassando os valores do Brasil.

Figura 12 – Tecnologia e Intercâmbio de Conhecimento



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial.

4.2.4. Índice de *upgrade* tecnológico

O *upgrade* tecnológico se conceitua com um processo tridimensional que une as três dimensões apresentadas anteriormente, a primeira dimensão, referente a intensidade de *upgrade* tecnológico, engloba diferentes tipos de atividades de inovação; a segunda dimensão, concerne à abrangência da tecnologia como diversidade de conhecimento e tipos de infraestrutura de suporte; e a terceira dimensão, que retrata o fluxo de conhecimento global para a economia de interesse.

Diversos autores apontam a importância da tecnologia e inovação para o desenvolvimento de um país e como os componentes de TU variam de acordo com a trajetória tecnológica de cada país. O Brasil possui uma trajetória diferenciada, Tigre (2002) aponta que embora o perfil do país tenha evoluído ao longo dos anos para uma presença maior de produtos com maior valor agregado, ainda apresenta um padrão de especialização voltado para a exportação de *commodities*. Erber (2000) mostra que a evolução da estrutura industrial brasileira, indica uma relativa perda dos setores mais intensivos em atividades tecnológicas mais complexas.

A Tabela 2 apresenta separadamente os indicadores componentes do índice de *upgrade* tecnológico para os países analisados.

Tabela 2 – Componentes do *upgrade* tecnológico para Brasil e China, 2001–2020

| Data | Componentes do TU – Brasil | | | Componentes do TU – China | | |
|------|----------------------------|-------------|-----------|---------------------------|-------------|-----------|
| | Intensidade | Abrangência | Interação | Intensidade | Abrangência | Interação |
| 2001 | 0,0280 | 0,2435 | 0,2613 | 0,0584 | 0,3492 | 0,1913 |
| 2002 | 0,0190 | 0,1955 | 0,2341 | 0,0797 | 0,3783 | 0,2186 |
| 2003 | 0,0195 | 0,1807 | 0,1465 | 0,1072 | 0,3920 | 0,2144 |
| 2004 | 0,0170 | 0,2194 | 0,1927 | 0,1523 | 0,4440 | 0,2269 |
| 2005 | 0,0258 | 0,3558 | 0,0736 | 0,2140 | 0,5086 | 0,2977 |
| 2006 | 0,0272 | 0,3407 | 0,2556 | 0,2589 | 0,5560 | 0,3076 |
| 2007 | 0,0442 | 0,3306 | 0,2136 | 0,3081 | 0,6266 | 0,2843 |
| 2008 | 0,0564 | 0,3116 | 0,2304 | 0,3644 | 0,6572 | 0,2646 |
| 2009 | 0,0551 | 0,2622 | 0,1066 | 0,4411 | 0,7876 | 0,1830 |
| 2010 | 0,0643 | 0,3644 | 0,2283 | 0,5002 | 0,7975 | 0,2627 |

| | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2011 | 0,0623 | 0,4583 | 0,2172 | 0,5719 | 0,7523 | 0,2199 |
| 2012 | 0,0616 | 0,3279 | 0,2021 | 0,6662 | 0,8991 | 0,1841 |
| 2013 | 0,0747 | 0,3637 | 0,1808 | 0,7213 | 0,7918 | 0,2034 |
| 2014 | 0,0895 | 0,3611 | 0,2643 | 0,7430 | 0,8188 | 0,1976 |
| 2015 | 0,1108 | 0,4487 | 0,3321 | 0,7952 | 0,9290 | 0,1988 |
| 2016 | 0,0937 | 0,4335 | 0,3638 | 0,8676 | 0,8763 | 0,2246 |
| 2017 | 0,0601 | 0,5100 | 0,2928 | 0,9047 | 0,8698 | 0,2449 |
| 2018 | 0,0678 | 0,5378 | 0,3390 | 0,9601 | 0,8110 | 0,2679 |
| 2019 | 0,0742 | 0,5669 | 0,3366 | 0,9595 | 0,8991 | 0,2682 |
| 2020 | 0,0694 | 0,6990 | 0,2864 | 0,9905 | 1,0113 | 0,3299 |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

O índice de intensidade tecnológica brasileiro demonstrou uma variação média de aproximadamente 8% para o Brasil, contra uma média de 17% para a China, para o período. O componente de abrangência para o caso brasileiro apresentou uma variação média de 8%, e 6% para a economia chinesa. Por fim, o componente de interação global para o Brasil mostrou uma variação média de 13,72%, enquanto a China demonstrou uma variação negativa de aproximadamente 4,27% para o período.

A tabela 3 apresenta o índice final do *upgrade* tecnológico calculado usando os resultados combinados de cada um de seus componentes (Intensidade, Abrangência e Interação) para o período de 2001 a 2020.

Tabela 3 – Índice de upgrade tecnológico (TU) para Brasil e China, 2001–2020

| Data | TU Brasil | TU China | Hiato | Var (%) |
|------|-----------|----------|---------|---------|
| 2001 | 0,0428 | 0,0540 | 20,7778 | - |
| 2002 | 0,0311 | 0,0657 | 52,6485 | 153,39% |
| 2003 | 0,0182 | 0,0704 | 74,1777 | 40,89% |
| 2004 | 0,0285 | 0,0906 | 68,5334 | -7,61% |
| 2005 | 0,0442 | 0,1310 | 66,2527 | -3,33% |
| 2006 | 0,0607 | 0,1569 | 61,3088 | -7,46% |
| 2007 | 0,0523 | 0,1895 | 72,4014 | 18,09% |
| 2008 | 0,0511 | 0,2116 | 75,8353 | 4,74% |
| 2009 | 0,0277 | 0,2828 | 90,1984 | 18,94% |
| 2010 | 0,0630 | 0,3184 | 80,2037 | -11,08% |
| 2011 | 0,0870 | 0,3138 | 72,2641 | -9,90% |
| 2012 | 0,0507 | 0,4287 | 88,1711 | 22,01% |
| 2013 | 0,0568 | 0,3962 | 85,6522 | -2,86% |
| 2014 | 0,0694 | 0,4205 | 83,4907 | -2,52% |

| | | | | |
|-------------|--------|--------|---------|--------|
| 2015 | 0,1080 | 0,5116 | 78,8980 | -5,50% |
| 2016 | 0,1097 | 0,5237 | 79,0556 | 0,20% |
| 2017 | 0,1165 | 0,5450 | 78,6309 | -0,54% |
| 2018 | 0,1362 | 0,5505 | 75,2513 | -4,30% |
| 2019 | 0,1467 | 0,6003 | 75,5602 | 0,41% |
| 2020 | 0,1918 | 0,7043 | 72,7635 | -3,70% |

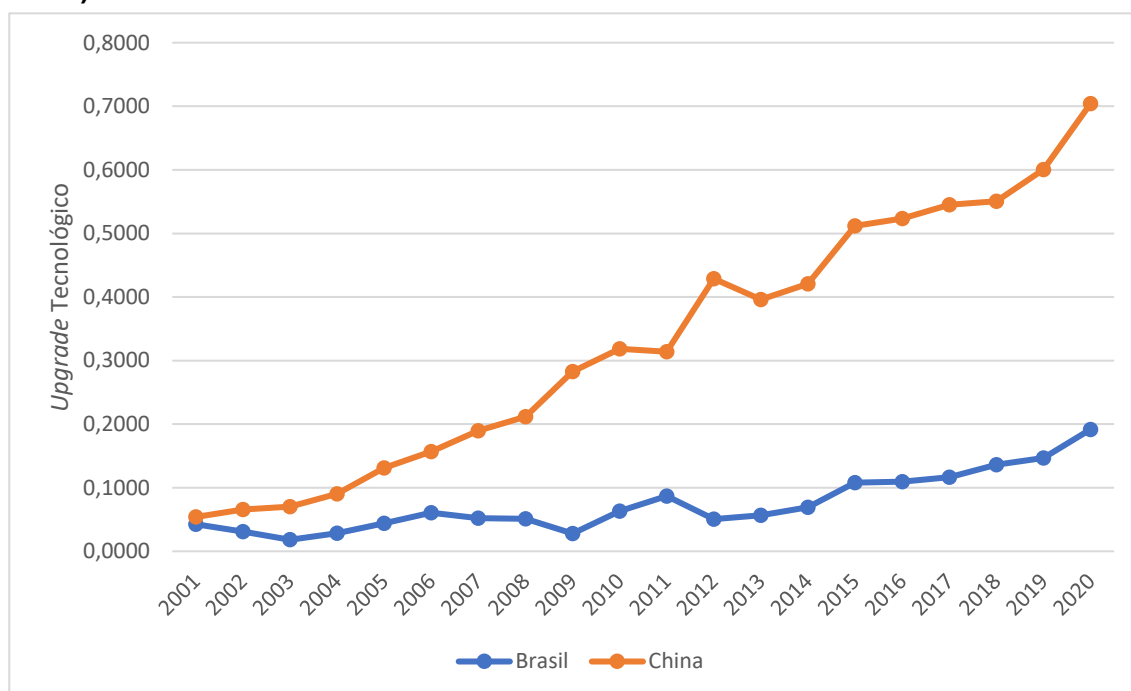
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

Observando a Tabela 3, uma variação positiva do indicador de hiato tecnológico representa um afastamento do país líder em capacidade tecnológica, enquanto uma variação negativa corresponde a um processo de *catch up* de nações inferiores tecnologicamente. Sendo assim, o Brasil se afastou em capacidade tecnológica cerca de 10,52% quando comparado ao avanço da capacidade chinesa. Pode-se notar que o índice brasileiro variou 348% entre 2001 e 2020, e em contrapartida, a China apresentou uma variação de 1204% para o mesmo período. Pode-se que o índice para a China se mostrou cerca de três vezes e meia maior que o índice para o Brasil ao final do período analisado.

A variação apresentada pode se dar ao fato do período analisado ser relativamente pequeno e mudanças de *upgrade* tecnológico serem baseadas em transformações estruturais percebidas mais a longo prazo, porém é preocupante que para o período de vinte anos analisado a variação tenha sido pequena comparativamente a China, país de mesmo grupo de renda per-capita inicialmente, indicando que além de baixos, os componentes importantes para a aproximação do Brasil à fronteira tecnológica estejam diminuindo ao longo do tempo, demonstrando um processo de estagnação.

A figura 13 apresenta a evolução do índice de *upgrade* tecnológico para o Brasil e China no período de 2001 a 2020.

Figura 13 – Evolução do upgrade tecnológico para Brasil e China (2001–2020)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

A partir da figura 13 é possível observar que o índice de *upgrade* tecnológico manteve uma tendência crescente para ambos os países. Entretanto o distanciamento entre ambos os países tende a aumentar a cada ano, em 2001 o índice era de 0,0428 para o Brasil e de 0,0540 para a China e passa a ser 0,1918 para o Brasil e 0,7043 para a China, no final do período analisado. Como indicado anteriormente, isso demonstra um esforço maior da China no que se refere à investimento na criação de políticas industriais que afetem significativamente a o *upgrade* tecnológico em relação ao Brasil.

4.2.5. Considerações parciais

A metodologia apresentada propõe uma análise comparativa dos indicadores de *upgrade* tecnológico entre Brasil e China, baseando-se nos pressupostos teóricos e indicadores de Radosevic e Yoruk (2015, 2017). A análise se estrutura em três dimensões principais: intensidade, abrangência e interação com a economia global. A intensidade abrange capacidade tecnológica e investimentos em P&D, a abrangência foca infraestrutura e mudanças

estruturais, e a interação global considera a troca de tecnologia e conhecimento. Os indicadores utilizados, fundamentados na literatura e na disponibilidade de dados, permitem uma avaliação detalhada das capacidades tecnológicas e inovativas do Brasil e da China. Assim, o estudo proporciona uma visão abrangente das diferenças nos estágios de avanço tecnológico entre os dois países, destacando os componentes críticos para o desenvolvimento de políticas eficazes em ciência, tecnologia e inovação.

No resultado encontrado após o cálculo dos índices, foi possível observar que a China apresentou números melhores em grande parte dos componentes apresentados, a distância entre ambos os países foi expressivamente maior nos componentes de Capacidade Tecnológica e P&D e Intensidade de Conhecimento. O índice de interação com a economia global foi o que apresentou maior volatilidade e valores mais próximos entre ambos os países. Ao analisar as três dimensões compiladas no índice final de *upgrade* tecnológico, observou-se uma tendência crescente para ambos os países. Entretanto, é possível observar que Brasil e China começaram com valores muito semelhantes, mas a cada ano, houve um aumento da distância entre os países, no ano de 2020, o Brasil apresentou um índice final de 0,1918 enquanto a China apresentou um índice de 0,7043. Com isso é possível concluir que apesar de ambos os países terem começado de maneiras semelhantes, as políticas realizadas pela China durante o período demonstraram um melhor resultado no que tange aos aspectos importantes para o *upgrade* tecnológico.

5. Conclusão

O desenvolvimento é um processo complexo e não linear, impulsionado por avanços tecnológicos e transformações das instituições, políticas e sociedade, com cada nação seguindo um caminho único moldado por suas características políticas, econômicas, históricas e culturais particulares.

Este artigo contribui para a discussão sobre as trajetórias recentes das duas economias selecionadas (Brasil e China) ao desenvolver uma análise voltada à caracterização do desempenho comparativo de *upgrade* tecnológico,

identificando o comportamento de diferentes dimensões desse processo no período 2001-2020.

A metodologia ofereceu uma análise comparativa entre Brasil e China, baseando-se nos pressupostos teóricos e indicadores concebidos originalmente por Radosevic e Yoruk (2015a, 2017). A análise lança luz sobre três dimensões principais: intensidade, abrangência e interação com a economia global. A intensidade abrange capacidade tecnológica e investimentos em P&D, a abrangência foca infraestrutura e mudanças estruturais, e a interação global considera os intercâmbios de tecnologia e conhecimento.

Os indicadores analisados, fundamentados na literatura e construídos mediante a disponibilidade de dados, permitem uma avaliação mais aprofundada das capacidades tecnológicas e inovativas do Brasil e da China no período.

Assim, o estudo contribui para a elaboração de uma visão abrangente das diferenças nos estágios de avanço tecnológico entre os dois países, potencialmente contribuindo para o desenvolvimento de políticas eficazes em ciência, tecnologia e inovação.

Diante dos resultados encontrados após o cálculo dos índices, foi possível observar que a China apresentou números melhores na maioria dos componentes. A distância entre os desempenhos nacionais foi expressivamente maior nos componentes de capacidade tecnológica e P&D e Intensidade de Conhecimento em favor da China. O índice de interação com a economia global foi o que apresentou maior volatilidade e valores mais próximos entre ambos os países.

Ao analisar as três dimensões compiladas no índice sintético de upgrade tecnológico, observou-se uma tendência crescente para ambas as economias. Entretanto, é possível observar que Brasil e China começaram com valores muito semelhantes, mas que, progressivamente, amplia-se a distância entre eles. No ano de 2020 o Brasil apresentou um índice final de 0,1918 enquanto a China apresentou um índice de 0,7043.

É possível concluir que, em termos gerais, a estratégia implementada pela China durante o período demonstrou êxito maior em promover aspectos cruciais para o upgrade tecnológico quando comparada ao Brasil, fazendo com que os

valores dos indicadores distanciassem progressivamente ao longo do período analisado.

A síntese das três dimensões no índice final (TU), traz a uniformidade no tratamento de cada componente a fim de melhor traçar o desempenho geral do processo de upgrade tecnológico dos casos analisados. Ainda assim, cabe ressaltar algumas limitações apresentadas pela metodologia proposta: com o agrupamento das variáveis em diversos componentes, e estes posteriormente agregados em um único índice composto, obtém-se uma ponderação desigual dos componentes entre os países (os componentes que agrupam maior número de variáveis exerceriam um maior peso dentro do índice composto), que não necessariamente refletiria sua importância relativa para a trajetória do avanço tecnológico de cada nação analisada.

Referências Bibliográficas

ABRAMOVITZ, M. Resource and Output Trends in the United States Since 1870. Occasional Paper 1952. **Revue économique**, v. 9, n. 1, p. 164, 1958.

ARBIX, G. Dilemas da inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.) **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**, p.47-80. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.

AYRES, Robert U. Theoretical Growth Models vs. Real World Evidence: Implications for Greenhouse Gas Policy. **INSEAD, Working Paper** (98/63/EPS/CMER), p. 2-3, 1998.

CARIA, Sidnei. HIATO TECNOLÓGICO E CATCHING-UP: uma abordagem a partir da inovação. **Dissertação (Mestrado em Economia)** - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2015.

CASSIOLATO, José Eduardo; LATRES, Helena Maria Martins. SISTEMAS DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 34-45, 2005.

CASSIOLATO, José Eduardo; DE MATOS, Marcelo Gerson Pessoa; SZAPIRO, Marina. Sistemas de inovação e desenvolvimento. In: **ECONOMIA da ciência, tecnologia e Inovação: Fundamento teóricos e a economia global**. 2. ed. Belo Horizonte: Cedeplar, 2021. cap. 13, p. 323-349.

CINTRA, M; PINTO, E. China em transformação: transição e estratégias de desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, v. 37, nº 2 (147), p. 381-400, 2017.

De Negri, Fernanda. Por uma nova geração de políticas de inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.) **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**, p.25-46. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.

DENG, Ben Lian. Catching-Up Tecnológico: Políticas de Upgrade Industrial na República Popular da China. 2019. **Dissertação (Mestrado em Economia Política Internacional)** - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

DIEGUES, Antônio *et al.* Brazilian and Chinese Industrial Development: A tale of two different paths. **Espacios**, v. 37, n. 5, p. 12, 2016.

FABRICANT, S. Economic Progress and Economic Change. **Race, Religion, and Economic Change in the Republican South**, p. 88–106, 1954.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**: lessons from Japan. **Frances Pinter**, Londres, 1987.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, 1995.

FREUDENBERG, M. Composite indicators of country performance: a critical assessment. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, v. 16, p. 35, 2003.

LACASA, Iciar Dominguez et al. Paths of technology upgrading in the BRICS economies. **Research Policy**, v. 48, n. 1, p. 262-280, 2018.

LEÃO, V. C. Prefácio. In: CINTRA, M. A. M.; SILVA FILHO, E. B.; PINTO, E. C. (Org.). China em transformação: dimensões econômicas e geopolíticas do desenvolvimento. Rio de Janeiro: **Ipea**, 2015.

LEE, Keun. Schumpeterian analysis of economic catch-up: knowledge, path-creation and the middle income trap. **Cambridge Univ. Press**, 2013.

LING, Chen e NAUGHTON, Barry. An institutionalized policy-making mechanism: China's return to techno-industrial policy. **Research Policy**. 45 (10): 2138-2152.

MASIERO, Gilmar e COELHO, Diego Bonaldo. A política industrial chinesa como determinante de sua estratégia going global. **Revista de Economia Política**, v. 34, n. ja/mar. 2014, p. 139-157.

MEDEIROS, C.A. (1999). China: Entre os Séculos XX e XXI. In: **Estados e Moedas no Desenvolvimento das Nações**. Editora Vozes, 2 Edição, 1999.

MILARÉ, LUÍS FELIPE LOPES; DIEGUES, A. C. . A industrialização chinesa por meio da tríade autonomia-planejamento-controle. **Leituras de Economia Política (UNICAMP)**, v. 22, p. 65-98, 2014.

NASSIF, A.; FEIJÓ, C.; ARAUJO, E. Structural change and economic development: is Brazil catching up or falling behind? **Cambridge Journal of Economics**, p. 1-26, 2014.

NAUGHTON, B. The Rise of China's Industrial Policy: 1978 to 2020. México: Academic Network of Latin America and the Caribbean on China, 2021

NELSON, Richard; WINTER, Sidney. Uma teoria Evolucionária da Mudança Econômica. 1a. ed. Campinas: **UNICAMP**, p.287, 2005.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. Technology upgrading of middle-income economies: A new approach and results. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 129, p. 56-75, 2017.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. Why do we need a theory and metrics of technology upgrading? **Asian Journal of Technology Innovation**, v. 24, n. sup1, p. 8-32, 2015a.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. A New Metrics of Technology Upgrading: The Central And East European Countries in a Comparative Perspective. **GRINCOH Working Paper Series**, Paper No. 3.04, 2015b.

SARTI, F; HIRATUKA, C. Desempenho recente da indústria brasileira no contexto de mudanças estruturais domésticas e globais, **Texto para Discussão**. Unicamp. IE, Campinas, n. 290, 2017.

SCHMOOKLER, J. **Changes in Industry and in the State of Knowledge as Determinants of Industrial Invention**. [s.l: s.n.]. 1962.

SUKUP, V. A China frente à globalização: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 45, n. 2, p. 82-113, 2002

TIGRE, P. B. O papel da política tecnológica na promoção das exportações. In: PINHEIRO, A. C.; MARKWALD, R.; PEREIRA, L. V. (Orgs.). **O desafio das exportações**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002, p. 245-282.

Apêndice A – Indicadores componentes de *upgrade* tecnológico

Tabela A 1 – Índice de Capacidade Tecnológica, 2001 – 2020

| Data | Brasil | China | Hiato |
|-------------|---------------|--------------|--------------|
| 2001 | 0,0000 | 0,0145 | 99,7425 |
| 2002 | 0,0014 | 0,0212 | 93,1735 |
| 2003 | 0,0029 | 0,0269 | 89,2303 |
| 2004 | 0,0025 | 0,0338 | 92,6482 |
| 2005 | 0,0033 | 0,0529 | 93,8383 |
| 2006 | 0,0030 | 0,0694 | 95,7168 |
| 2007 | 0,0034 | 0,0939 | 96,4220 |
| 2008 | 0,0039 | 0,1126 | 96,5381 |
| 2009 | 0,0038 | 0,1318 | 97,1510 |
| 2010 | 0,0046 | 0,1608 | 97,1488 |
| 2011 | 0,0051 | 0,2047 | 97,4896 |
| 2012 | 0,0051 | 0,2628 | 98,0747 |
| 2013 | 0,0049 | 0,2800 | 98,2366 |
| 2014 | 0,0052 | 0,2725 | 98,0927 |
| 2015 | 0,0050 | 0,3040 | 98,3405 |
| 2016 | 0,0056 | 0,3664 | 98,4594 |
| 2017 | 0,0050 | 0,3869 | 98,6973 |
| 2018 | 0,0054 | 0,4305 | 98,7467 |
| 2019 | 0,0061 | 0,4586 | 98,6755 |
| 2020 | 0,0056 | 0,4957 | 98,8724 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A 2 – Índice de P&D e Intensidade de Conhecimento, 2001 – 2020

| Data | Brasil | China | Hiato | Var (%) |
|-------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| 2001 | 0,0280 | 0,0439 | 36,3532 | - |
| 2002 | 0,0176 | 0,0585 | 69,9462 | 92,41% |
| 2003 | 0,0166 | 0,0803 | 79,3431 | 13,43% |
| 2004 | 0,0145 | 0,1185 | 87,7424 | 10,59% |
| 2005 | 0,0226 | 0,1611 | 85,9816 | -2,01% |
| 2006 | 0,0242 | 0,1895 | 87,2134 | 1,43% |
| 2007 | 0,0408 | 0,2143 | 80,9454 | -7,19% |
| 2008 | 0,0525 | 0,2518 | 79,1453 | -2,22% |
| 2009 | 0,0513 | 0,3093 | 83,4058 | 5,38% |
| 2010 | 0,0597 | 0,3393 | 82,3932 | -1,21% |
| 2011 | 0,0572 | 0,3672 | 84,4230 | 2,46% |
| 2012 | 0,0566 | 0,4034 | 85,9751 | 1,84% |
| 2013 | 0,0697 | 0,4413 | 84,1989 | -2,07% |
| 2014 | 0,0843 | 0,4705 | 82,0885 | -2,51% |
| 2015 | 0,1057 | 0,4912 | 78,4714 | -4,41% |
| 2016 | 0,0881 | 0,5011 | 82,4251 | 5,04% |
| 2017 | 0,0550 | 0,5178 | 89,3703 | 8,43% |
| 2018 | 0,0624 | 0,5297 | 88,2259 | -1,28% |
| 2019 | 0,0682 | 0,5009 | 86,3891 | -2,08% |
| 2020 | 0,0638 | 0,4949 | 87,1133 | 0,84% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A 3 – Índice de Infraestrutura: capital humano, físico e operacional, 2001 – 2020

| Data | Brasil | China | Hiato | Var (%) |
|-------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| 2001 | 0,0430 | 0,2740 | 84,3212 | - |
| 2002 | 0,0377 | 0,2880 | 86,9241 | 3,09% |
| 2003 | 0,0233 | 0,3170 | 92,6474 | 6,58% |
| 2004 | 0,0350 | 0,3293 | 89,3691 | -3,54% |
| 2005 | 0,1585 | 0,3520 | 54,9674 | -38,49% |
| 2006 | 0,1599 | 0,3469 | 53,9082 | -1,93% |
| 2007 | 0,1646 | 0,3412 | 51,7541 | -4,00% |
| 2008 | 0,1721 | 0,3530 | 51,2513 | -0,97% |
| 2009 | 0,1738 | 0,3978 | 56,3139 | 9,88% |
| 2010 | 0,2596 | 0,4243 | 38,8121 | -31,08% |
| 2011 | 0,2654 | 0,4288 | 38,1127 | -1,80% |
| 2012 | 0,2676 | 0,4356 | 38,5630 | 1,18% |
| 2013 | 0,2720 | 0,4406 | 38,2658 | -0,77% |
| 2014 | 0,2741 | 0,4374 | 37,3401 | -2,42% |
| 2015 | 0,3440 | 0,4931 | 30,2302 | -19,04% |
| 2016 | 0,3443 | 0,5025 | 31,4823 | 4,14% |
| 2017 | 0,3475 | 0,5283 | 34,2227 | 8,70% |
| 2018 | 0,3516 | 0,5388 | 34,7364 | 1,50% |
| 2019 | 0,3546 | 0,5538 | 35,9621 | 3,53% |
| 2020 | 0,3620 | 0,5646 | 35,8899 | -0,20% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A 4 – Índice de Mudanças Estruturais, 2001 – 2020

| Data | Brasil | China | Hiato |
|-------------|---------------|--------------|--------------|
| 2001 | 0,2005 | 0,0752 | 0,0000 |
| 2002 | 0,1579 | 0,0903 | 0,0000 |
| 2003 | 0,1574 | 0,0750 | 0,0000 |
| 2004 | 0,1844 | 0,1147 | 0,0000 |
| 2005 | 0,1972 | 0,1565 | 0,0000 |
| 2006 | 0,1808 | 0,2091 | 13,5249 |
| 2007 | 0,1660 | 0,2854 | 41,8537 |
| 2008 | 0,1396 | 0,3042 | 54,1167 |
| 2009 | 0,0884 | 0,3898 | 77,3126 |
| 2010 | 0,1048 | 0,3732 | 71,9180 |
| 2011 | 0,1929 | 0,3234 | 40,3685 |
| 2012 | 0,0602 | 0,4634 | 87,0041 |
| 2013 | 0,0917 | 0,3512 | 73,8959 |
| 2014 | 0,0870 | 0,3813 | 77,1813 |
| 2015 | 0,1047 | 0,4359 | 75,9920 |
| 2016 | 0,0892 | 0,3738 | 76,1325 |
| 2017 | 0,1625 | 0,3415 | 52,4284 |
| 2018 | 0,1862 | 0,2722 | 31,6168 |
| 2019 | 0,2123 | 0,3454 | 38,5347 |
| 2020 | 0,3370 | 0,4467 | 24,5530 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A 5 – Índice de interação com a economia global, 2001 – 2020

| Data | Brasil | China | Hiato |
|-------------|---------------|--------------|--------------|
| 2001 | 0,2613 | 0,1913 | 0,0000 |
| 2002 | 0,2341 | 0,2186 | 0,0000 |
| 2003 | 0,1465 | 0,2144 | 31,6444 |
| 2004 | 0,1927 | 0,2269 | 15,0904 |
| 2005 | 0,0736 | 0,2977 | 75,2799 |
| 2006 | 0,2556 | 0,3076 | 16,9170 |
| 2007 | 0,2136 | 0,2843 | 24,8532 |
| 2008 | 0,2304 | 0,2646 | 12,9425 |
| 2009 | 0,1066 | 0,1830 | 41,7622 |
| 2010 | 0,2283 | 0,2627 | 13,0696 |
| 2011 | 0,2172 | 0,2199 | 1,2023 |
| 2012 | 0,2021 | 0,1841 | 0,0000 |
| 2013 | 0,1808 | 0,2034 | 11,0987 |
| 2014 | 0,2643 | 0,1976 | 0,0000 |
| 2015 | 0,3321 | 0,1988 | 0,0000 |
| 2016 | 0,3638 | 0,2246 | 0,0000 |
| 2017 | 0,2928 | 0,2449 | 0,0000 |
| 2018 | 0,3390 | 0,2679 | 0,0000 |
| 2019 | 0,3366 | 0,2682 | 0,0000 |
| 2020 | 0,2864 | 0,3299 | 13,1881 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice B – Classificação de patentes para diferentes campos tecnológicos, WIPO

Tabela B 1 – Classificação de patentes, WIPO

| Número | Classificação |
|---------------|---|
| 1 | Electrical machinery, apparatus, energy |
| 2 | Audio-visual technology |
| 3 | Telecommunications |
| 4 | Digital communication |
| 5 | Basic communication processes |
| 6 | Computer technology |
| 7 | IT methods for management |
| 8 | Semiconductors |
| 9 | Optics |
| 10 | Measurement |
| 11 | Analysis of biological materials |
| 12 | Control |
| 13 | Medical technology |
| 14 | Organic fine chemistry |
| 15 | Biotechnology |
| 16 | Pharmaceuticals |
| 17 | Macromolecular chemistry, polymers |
| 18 | Food chemistry |
| 19 | Basic materials chemistry |
| 20 | Materials, metallurgy |
| 21 | Surface technology, coating |
| 22 | Micro-structural and nano-technology |
| 23 | Chemical engineering |
| 24 | Environmental technology |
| 25 | Handling |
| 26 | Machine tools |
| 27 | Engines, pumps, turbines |
| 28 | Textile and paper machines |
| 29 | Other special machines |
| 30 | Thermal processes and apparatus |
| 31 | Mechanical elements |
| 32 | Transport |
| 33 | Furniture, games |
| 34 | Other consumer goods |
| 35 | Civil engineering |

Fonte: WIPO (2023).

Apêndice C – Indicadores de *upgrade* tecnológico propostos por Radosevic e Yoruk (2017)

Tabela C 1 – Indicadores base de *upgrade* tecnológico

| Índice | Componente | Indicadores Quantitativos |
|--|--|---|
| Índice A – Intensidade de technology upgrading | Capacidade Produtiva (Índice 1) | Certificação ISO 9001 pmi |
| | | Pedidos de marca registrada feitos por residentes pmi |
| | | Treinamento no trabalho Q.5.C |
| | Capacidade Tecnológica (Índice 2) | Pedidos residentes de patentes no escritório nacional pmi |
| | | Pedidos de patentes ao USPTO pmi |
| | | Pedidos de patentes ao EPO pmi |
| | | Contagem de Designs Industriais feitas por residentes pmi |
| | | |
| | P&D e intensidade de conhecimento (Índice 3) | Despesas com pesquisa e desenvolvimento do setor empresarial (% do PIB) |
| | | Despesas de pesquisa e desenvolvimento |
| | | Pesquisadores em P&D pmi |
| | | Técnicos em R&D pmi |
| | | Artigos de revistas científicas e técnicas pmi |
| | | Citações científicas pmi |
| | | A qualidade das instituições de pesquisa científica |
| Universidade - colaboração da indústria em P & D | | |
| | | |
| | | |
| Índice B – abrangência do technology upgrading: características estruturais (amplitude) | Infraestrutura: capital humano, físico e organizacional (Índice 4) | Anos médios de escolaridade 25+ |
| | | Qualidade da educação matemática e científica Q.5.04 |
| | | Disponibilidade de serviços de pesquisa e treinamento |
| | | Disponibilidade de cientistas e engenheiros |
| | | Assinantes fixos de Internet banda larga |
| | | Investimento bruto fixo em % do PIB |
| | | |
| | Mudanças estruturais (Índice 5) | Índice Herfindahl-Hirschman para o total de pedidos de patentes nacionais |
| | | Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao EPO |
| | | Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao USPTO |
| | | Sofisticação do Comprador |
| | | Mudança na sofisticação do comprador |
| | | Disponibilidade de tecnologias de ponta |
| | | Mudança na disponibilidade das últimas tecnologias |
| | | |

| | Nível de capacidade das firmas (Índice 6) | Número de empresas na Forbes 2000 pmi |
|---|---|---|
| Índice C – Interação com a economia global | Tecnologia e intercâmbio de conhecimento | Nível de absorção tecnológica da firma |
| | | Recebimento de licenciamentos em % do PIB |
| | | Pagamentos de licenciamentos em % do PIB |
| | | Participação das exportações em indústrias complexas no total das exportações |
| | | Investimento direto estrangeiro, saídas líquidas (% do PIB) |
| | | Investimento direto estrangeiro, entradas líquidas (% do PIB) |