

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO
Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho

Ana Clara Mendes Rezende

AS INTERAÇÕES ENTRE AS PRODUÇÕES CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS E O INVESTIMENTO DO GOVERNO DO ESTADO EM CT&I NO
PERÍODO 2010-2019

Belo Horizonte

2020

Ana Clara Mendes Rezende

AS INTERAÇÕES ENTRE AS PRODUÇÕES CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS E O INVESTIMENTO DO GOVERNO DO ESTADO EM CT&I NO
PERÍODO 2010-2019

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Administração Pública da Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental.

Orientador: Prof.^a Ester Carneiro do Couto Santos

Belo Horizonte
2020

R467i Rezende, Ana Clara Mendes.
As interações entre as produções científica e tecnológica de Minas Gerais e o investimento do governo do estado em CT&I no período de 2010-2019 [manuscrito] / Ana Clara Mendes Rezende. – 2021.
[12], 111 f. : il.

Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Administração Pública) – Fundação João Pinheiro, Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, 2021.

Orientadora: Ester Carneiro do Couto Santos

Bibliografia: f. 100-107

1. Ciência e Tecnologia – Minas Gerais. 2. Investimento público – Minas Gerais. 3. Produção científica – Minas Gerais. 4. Inovação tecnológica – Minas Gerais. I. Santos, Ester Carneiro do Couto. II. Título.

CDU 5/6(815.1)

Ana Clara Mendes Rezende

AS INTERAÇÕES ENTRE AS PRODUÇÕES CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
E O INVESTIMENTO DO GOVERNO DO ESTADO EM CT&I NO PERÍODO 2010-2019

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Administração Pública da Escola de
Governos Professor Paulo Neves de
Carvalho, da Fundação João Pinheiro,
como requisito parcial para a obtenção
do título de bacharel em Administração
Pública.

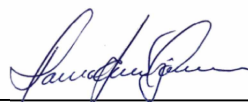
Aprovada na Banca Examinadora



Prof. Ester Carneiro do Couto Santos – Fundação João Pinheiro



Prof. Leonardo Barbosa de Moraes - Fundação João Pinheiro



Prof. Mauro Araújo Câmara – Fundação João Pinheiro

Belo Horizonte, 27 de janeiro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram de alguma forma e que contribuíram para a construção desse trabalho, em especial à Ester e ao André.

Toda a ciência começa como filosofia e termina em arte:
surge na hipótese e flui para a realização.

(Will Durant)

RESUMO

Os sistemas de inovação (SIs) possuem um papel chave para o desenvolvimento econômico dos países menos desenvolvidos e os indicadores de produção de ciência e de tecnologia têm sido utilizados para mensurar o grau de sofisticação e maturidade desses sistemas. O presente trabalho possui um duplo objetivo: analisar comparativamente as trajetórias das produções científicas e tecnológicas de Minas Gerais, das outras unidades da federação brasileiras e do Brasil, bem como contrastá-las com as dos países desenvolvidos, representados pelas estatísticas estadunidenses; e avaliar a postura do governo do estado de Minas Gerais, nos últimos anos, em relação ao SI mineiro, sob a ótica do investimento público total em CT&I e em projetos de pesquisa. Os resultados mostram que os sistemas estaduais de inovação brasileiros, apesar das desigualdades, possuem um nível intermediário de sofisticação, no qual a produção de ciência não se traduz em produção de tecnologia, assim como ocorre com o SI brasileiro. Mostram também que esses estados e o Brasil como um todo estão estagnados em termos de produção de C&T quando comparados aos Estados Unidos, não sendo possível identificar, então, um processo de *catch up*. Os resultados apontam ainda para uma distância dos estados em relação ao nível limiar de produção científica que separa os SIs dos países desenvolvidos dos demais, uma das causas do fenômeno da armadilha da renda média, com a qual nosso país e suas unidades federativas têm sofrido há décadas. Especificamente sobre Minas Gerais, a análise feita pelo trabalho mostra que o estado possui um nível intermediário de produção de C&T por milhão de habitantes quando comparado aos demais, tendo sido ultrapassado por alguns deles nos últimos anos. Foi possível relacionar esse desempenho com a constatada redução do investimento público estadual geral em CT&I e também nos projetos de pesquisa financiados pela Fapemig, uma vez que os resultados dessa pesquisa indicam que ambos caíram consideravelmente ao longo da última década, uma realidade que precisa ser revertida em nome do *catching up* mineiro e brasileiro.

Palavras-chave: Ciência e Tecnologia. Produção científica. Produção tecnológica. Indicadores de C&T. Investimento público em CT&I. Sistemas de Inovação.

ABSTRACT

Innovation systems (IS) play a key role in the economic development of the least developed countries, and science and technology production indicators have been used to measure the degree of sophistication and maturity of these systems. The present work has a double objective. First, to analyze comparatively the trajectories of scientific and technological productions in Minas Gerais, other Brazilian federation units and Brazil, as well as to contrast them with those of developed countries, represented by American statistics. Second, to assess the posture of the Minas Gerais state government, in recent years, in relation to the Minas Gerais IS, from the perspective of total public investment in STI and in research projects. The results show that the Brazilian states innovation systems, despite the inequalities, have an intermediate level of sophistication, in which the production of science does not translate into the production of technology, as occurs with the Brazilian IS. They also show that these states and Brazil as a whole are stagnant in terms of S&T production when compared to the United States, so it is not possible to identify, then, a catch up process. The results also point to a distance of the states in relation to the threshold level of scientific production that separates the IS from developed countries from the others, one of the causes of the phenomenon of the middle income trap, with which our country and its federative units have suffered for a decades. Specifically about Minas Gerais, the analysis made by the study shows that the state, when compared to the others, has an intermediate level of S&T production per million inhabitants, having been surpassed by some in recent years. It was possible to relate this performance to the verified reduction of general state public investment in STI and in research projects financed by Fapemig, since the results of this research indicate that both fell considerably over the last decade, a reality that needs to be reversed on behalf of the catching up of Brazil and Minas Gerais.

Keywords: Science and Technology. Scientific production. Technological production. S&T indicators. Public investment in STI. Innovation Systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Modelo linear de inovação tecnológica	20
Figura 2: Modelo interativo do processo de inovação	23
Figura 3: Mapas quantitativos graduados das UFs brasileiras em escala de cor conforme: (a) a produção científica por milhão de habitantes, (b) a produção tecnológica por milhão de habitantes e (c) a renda per capita anual referentes ao ano de 2017	71
Figura 4: Mapa de calor das produções científicas brutas (artigos indexados no SCIE) (a) e das produções tecnológicas brutas (patentes e modelos de utilidade depositados no INPI) (b) estaduais média no período de 2017-19	72

GRÁFICOS

Gráfico 1: Artigos, patentes e PIB per capita de 111 países no ano de 2014 (por milhão de habitantes, em PPC por dólares constantes internacionais de 2011, em escala logarítmica)	42
Gráfico 2: Técnica de agrupamento superparamagnética: Artigos e patentes per capita em 111 países para o ano de 2014 (em escala logarítmica)	43
Gráfico 3: Técnica de agrupamento superparamagnética - Artigos e patentes per capita (em escala logarítmica) de 183 países para os anos de 1974 (a), 1982 (b), 1990 (c) e 1998 (d).....	44
Gráfico 4: Técnica de agrupamento superparamagnética - Artigos e patentes per capita em 85 países para o ano de 2003 (em escala logarítmica)	44
Gráfico 5: Trajetórias dos níveis limiares de produção científica entre 1974 e 2003 (em escala logarítmica)	46
Gráfico 6: A movimentação do nível limiar de produção científica entre os regimes II e III e as trajetórias intertemporais dos países (1974-2014).....	47
Gráfico 7: Hiato entre o PIB per capita de países selecionados e o dos Estados Unidos (Y) em PPC por dólares internacionais constantes de 2011 ao longo dos anos de 1990 a 2016.....	50
Gráfico 8: Hiato entre o PIB per capita do Brasil e dos Estados Unidos (Y) ao longo dos anos 1870-2008 (medido em International Geary-Khamis dollars referentes ao ano de 1990).	52

Gráfico 9: Artigos por milhão de habitantes (A*), patentes por milhão de habitantes (P*) e PIB <i>per capita</i> (PIB*) em valores constantes de cada UF brasileira referentes ao ano de 2017 (em escala logarítmica)	66
Gráfico 10: Gráfico de dispersão da produção de artigos pela produção de patentes (por milhão de habitantes) das UFs brasileiras em 2019.....	69
Gráfico 11: Trajetórias intertemporais das produções científicas e tecnológicas por milhão de habitantes dos estados brasileiros com os melhores indicadores no período 2010-19	76
Gráfico 12: Artigos por milhão de habitantes (A*), patentes por milhão de habitantes (P*) e PIB per capita (PIB*) em dólares PPC de 2017 das UFs brasileira, do Brasil e dos Estados Unidos no ano de 2017 (em escala logarítmica)	80
Gráfico 13: Trajetórias intertemporais das produções científicas e tecnológicas por milhão de habitantes dos Estados Unidos, do Brasil e dos estados brasileiros com os melhores indicadores no período 2010-19 (em escala logarítmica)	82
Gráfico 14: Trajetória da produção de artigos indexados no SCIE por milhão de habitantes das UFs brasileiras, do Brasil e dos Estados Unidos ao longo dos anos 2010-2019 (em escala logarítmica).....	83
Gráfico 15: Trajetória da produção de patentes por milhão de habitantes das UFs brasileiras, do Brasil e dos Estados Unidos ao longo dos anos 2010-2018 (em escala logarítmica)	84
Gráfico 16: Razão entre o PIB per capita das UFs brasileiras e o PIB <i>per capita</i> dos Estados Unidos: 2010-2017 (medido em dólares PPC internacionais constantes de 2017).....	85
Gráfico 17: Razão entre o PIB per capita do Brasil em relação ao dos Estados Unidos no período 1950-2017 (medido em dólares PPC internacionais constantes de 2011)	86
Gráfico 18: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA)	88
Gráfico 19: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 em pontos percentuais do PIB do estado.	89
Gráfico 20: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 em razão dos dispêndios públicos totais	90

Gráfico 21: Trajetórias do dispêndio público mineiro em CT&I no período 2011-19 e do dispêndio público estadual total (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA e em escala logarítmica).....	90
Gráfico 22: Dispêndios da Fapemig em projetos de pesquisa no período 2010-19 (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA).....	91
Gráfico 23: Dispêndios em projetos de pesquisa pela Fapemig no período 2010-19 em razão dos dispêndios públicos estaduais totais de Minas Gerais.....	92

QUADROS

Quadro 1: Lista de países por regime de interação.....	121
Quadro 2: Lista de disciplinas científicas reunidas pelo <i>Science Citation Index Expanded</i> (SCIE) em 2020.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produções científicas e tecnológicas brutas (A e P) e por milhão de habitantes (A* e P*) dos estados brasileiros com os maiores valores em 2019.....	74
Tabela 2: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2010	109
Tabela 3: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2011	110
Tabela 4: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2012	111
Tabela 5: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2013	112
Tabela 6: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2014	113
Tabela 7: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2015	114
Tabela 8: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2016	115
Tabela 9: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2017	116
Tabela 10: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2018	117
Tabela 11: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2019	118
Tabela 12: Dispêndios públicos estaduais em CT&I pelo governo de Minas Gerais ao longo do período 2010-19	119
Tabela 13: Comparação entre os resultados encontrados pela Fundação João Pinheiro (A) com os resultados encontrados por esse trabalho (B) para a mensuração dos Dispêndios públicos estaduais em CT&I pelo governo de Minas Gerais ao longo do período 2010-13.....	119
Tabela 14: Investimento em projetos de pesquisa pela Fapemig ao longo do período 2010-19.....	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C&T	Ciência e Tecnologia
CNAE	Código Nacional de Atividade Econômica
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
GTP	Tecnologia de Propósito Geral
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
ISI	<i>Institute for Scientific Information</i>
FJP	Fundação João Pinheiro
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MG	Minas Gerais
MU	Modelos de utilidade
NSF	<i>National Science Foundation</i>
OCDE	Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
P&D&E	Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia
PI	Patentes de invenção
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Paridade do Poder de Compra
QDD	Quadro Demonstrativo da Despesa
RIECTI	Rede de Indicadores Estaduais de Ciência, Tecnologia e Inovação
SCIE	<i>Science Citation Index Expanded</i>
SEF/MG	Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais
SEI	Sistema Estadual de Inovação
SNCTI	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SPC	<i>Superparamagnetic Clustering</i>
SRI	Sistema Regional de Inovação
UFs	Unidades da Federação
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
WOS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Primeiras teorias sobre o papel das inovações tecnológicas na dinâmica capitalista	19
2.2	Schumpeter e os neoschumpeterianos	21
2.3	Os Sistemas de Inovação.....	27
2.4	O papel do Estado e o financiamento público da CT&I	29
2.5	O papel da ciência e tecnologia nos processos de <i>catch up</i>	34
2.6	Os regimes de interação entre C&T e as barreiras que os dividem	40
2.6.1	Descrição dos dados e metodologia	40
2.6.2	Resultados importantes e conclusões.....	41
2.7	O caso do Brasil e de Minas Gerais	52
3	METODOLOGIA.....	58
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
4.1	Os indicadores de C&T em Minas Gerais e nas demais UFs brasileiras do período 2010-19.....	65
4.2	A inexistência de um processo de <i>catch up</i> no Brasil e em seus estados ao longo da última década	79
4.3	O investimento público do governo de Minas Gerais em CT&I no período 2010-19.....	87
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
	REFERÊNCIAS	100
	APÊNDICE	108
	ANEXO.....	121

1 INTRODUÇÃO

Uma das características do desenvolvimento econômico no sistema capitalista é a crescente dependência da produção de tecnologia em relação à ciência. Essa produção tecnológica, por sua vez, é fundamental para o aumento da produtividade da economia e, conseqüentemente, para o crescimento econômico sustentado (DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L., 1990). Além disso, os avanços tecnológicos têm sido um dos responsáveis pelo aumento da qualidade de vida entre os habitantes de grande parte do planeta nos últimos séculos, já que parece haver um ciclo virtuoso em que o avanço tecnológico promove o desenvolvimento humano e vice-versa (UNDP, 2001). Nesse sentido, pesquisas empíricas apontam uma forte correlação entre a produção de ciência, a produção de tecnologia e a riqueza das nações (RIBEIRO *et al.*, 2006).

Além disso, sabe-se que o papel da ciência, tecnologia e inovação é central para um processo de transição da periferia para o centro capitalista, especialmente nos dias atuais. Os países bem-sucedidos no *catching up*¹, que realizaram essa transição, tiveram o investimento e a especialização em atividades intensivas em tecnologia como motor do seu crescimento (FREEMAN, 1987; NELSON, 1990; FAGABERG, 1994).

Entretanto, as pré-condições atuais para o *catching up* não são as mesmas daquelas da segunda metade do século passado, que foram atendidas por países como Coreia do Sul e Taiwan. Esses requisitos possuem uma dinâmica intertemporal, pois se transformam e se elevam com o passar dos anos, dadas as mudanças e as evoluções da ciência e da tecnologia (ALBUQUERQUE, 2018, p. 409). É por isso que o Brasil, apesar de ter aumentado sua produção científica e tecnológica nas últimas décadas, não foi bem-sucedido em estreitar seu hiato em relação aos países desenvolvidos, tanto do ponto de vista dessas produções, como sob a ótica do estágio de desenvolvimento econômico. Essa estagnação relativa também acomete outros países, como a África do Sul, a Argentina, a Índia e o México, e está intimamente ligada à “armadilha da renda média”².

¹ *Catch up* é o estreitamento da lacuna de produtividade e de renda de um país em desenvolvimento comparado a um país líder, bem como o processo de convergência resultado da tendência de redução da diferença de produtividade e de renda no mundo como um todo (FAGABERG; GODINHO, 2005, p. 514).

² Armadilha da renda média se refere à possibilidade de que economias fiquem presas em um certo nível médio de renda e de baixo crescimento econômico (AREZKI *et al.*, 2019, p. 2). Esse conceito se

Por isso que grande parte dos estudos acerca da economia do desenvolvimento têm se atentado aos Sistemas de Inovação (SIs), porque é o nível de sofisticação da interação entre os atores desse sistema que determina a liderança e a adaptação às constantes revoluções tecnológicas que transformam o capitalismo (CHAVES *et al.*, 2020, p. 47). Nesse sentido, Albuquerque (2003) desenvolveu uma tipologia que, a partir de elementos quantitativos, agrupa os sistemas de inovação em três regimes de interação diferentes, conforme o nível de complexidade das conexões entre os atores desse sistema³. Trabalhos posteriores que seguiram essa tipologia foram além e encontraram níveis limiares para a transição entre esses regimes de interação, a partir de métodos estatísticos de regressão linear. Neles, verificou-se que esses limiares crescem exponencialmente com o passar do tempo e que o limite entre o regime II e o regime III pode ser considerado uma divisão quantitativa entre o centro e a periferia capitalistas, construída a partir dos dados de ciência e tecnologia. (RIBEIRO *et al.* 2006; CHAVES *et al.* 2020).

Ademais, o desenvolvimento desses Sistemas de Inovação depende, entre outros fatores, de uma atuação governamental que, por um lado, invista diretamente nas produções científicas e tecnológicas, e por outro, fomente uma interação positiva entre os atores inovativos (empresas, universidades, instituições de pesquisa, etc.). Dessa forma, os esforços públicos direcionados à ciência e à tecnologia se justificam porque elas são fatores chaves para o desenvolvimento econômico. Nesse sentido, a liderança ou o atraso tecnológico são decisivos em uma economia globalizada e altamente dependente de tecnologias cada vez mais sofisticadas (PAVITT, 1991) e é daí que surge o interesse público nessa pauta.

Sobre a realidade brasileira, as pesquisas mostram que o país está preso na armadilha da renda média e que suas produções científicas e tecnológicas estão aquém do nível necessário para o *catch up*. Consequentemente, o Brasil não tem

relaciona ao conceito de *catch up* à medida em que os países incapazes de realizar um *catching up* bem-sucedido acabam ficando presos a ela.

³ Os sistemas nacionais de inovação de 183 países, medidos a partir das produções de artigos e de patentes por milhão de habitantes, foram agrupados em três regimes de interação a partir da técnica superparamagnética de agrupamento de dados. Dessa forma, os SNIs no primeiro regime são aqueles que produzem pouca ou nenhuma ciência e tecnologia e não há correlação entre essas variáveis. Os SNIs no segundo regime são aqueles que produzem ciência e tecnologia em um nível intermediário e a correlação entre essas variáveis é baixa devido a fraca interação entre os atores inovativos. Por fim, os SNIs no terceiro regime são aqueles que produzem muita ciência e tecnologia e a correlação entre as duas variáveis é alta, devido às interações positivas entre os atores.

diminuído sua lacuna em relação aos países desenvolvidos sob a ótica do nível de desenvolvimento econômico (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.* 2006; CHAVES *et al.* 2020). Além disso, são enormes as desigualdades entre as regiões brasileiras, tanto em termos de renda, como de produções científicas e tecnológicas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005, p. 627-31). Essa desigualdade afeta a capacidade do país em realizar o *catch up*, além de alimentar um ciclo vicioso no qual a capacidade de beneficiamento das revoluções tecnológicas entre os estados brasileiros fica cada vez mais diferente e, conseqüentemente, a inequidade entre eles cresce ainda mais.

Dessa forma, dada a relevância da evolução dos Sistemas de Inovação brasileiros, tanto a nível nacional, como a nível regional, é clara a importância de se investigar também o sistema mineiro de inovação e as interações entre a produção científica e tecnológica do estado, bem como sua posição relativa no contexto brasileiro. Nesse sentido, emerge uma questão de pesquisa central que orienta a elaboração desse estudo: em qual regime de interação se encontra o sistema estadual de inovação (SEI) de Minas Gerais, qual é sua posição relativa no contexto brasileiro e qual tem sido o nível de investimento público do governo mineiro nesse sistema ao longo dos últimos 10 anos?

Este trabalho, que busca contribuir para uma melhor compreensão do SEI mineiro e da atenção dada a ele pelo Estado, tem como objetivo geral identificar em qual regime de interação se encontra o sistema estadual de inovação de Minas Gerais e se ele está num processo de *catch up* e avaliar a postura do governo do estado, nos últimos anos, em relação a esse sistema, sob a ótica do investimento público em CT&I. Especificamente, pretende-se:

- a) Determinar o nível de desenvolvimento do sistema de inovação de Minas Gerais, sob a ótica dos regimes de interação, e qual a sua posição relativa do estado perante outras UFs brasileiras.
- b) Investigar a ocorrência de um possível processo de *catch up* mineiro ou brasileiro nas produções científicas e tecnológicas.
- c) Analisar o comportamento do governo de Minas Gerais em relação a esse sistema a partir da trajetória do gasto público em C&T nos últimos 10 anos.

No caso do primeiro objetivo específico, os indicadores utilizados para retratarem a produção científica e tecnológica dos estados brasileiros foram,

respectivamente, o número de artigos científicos (indexados no *SCI-Expanded* da *Web of Science*) por milhão de habitantes, a soma de patentes de invenção e modelos de utilidade concedidos pelo INPI por milhão de habitantes e a renda *per capita*. No caso do segundo objetivo específico, foram usados os mesmos indicadores de produção científica e tecnológica e de renda, mas referentes aos Estados Unidos, para fins de comparação e verificação de um possível processo de *catch up* ou a estagnação relativa de Minas Gerais ou do Brasil. Por fim, no caso do terceiro objetivo específico, foram usadas as informações acerca da despesa pública em CT&I disponibilizadas no Portal da Transparência e os dados internos da gestão financeira da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

Os indicadores da publicação de artigos indexados no SCIE por estado brasileiro, no Brasil como um todo e nos Estados Unidos, bem como as estatísticas do dispêndio público estadual mineiro em CT&I, foram construídos pela autora a partir da coleta, tratamento, filtragem e organização dos dados brutos retirados da *Web of Science* e dos Quadros Demonstrativos de Despesa da Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais. Os detalhes desse processo estão expostos no capítulo três desse trabalho.

Todos esses dados foram reunidos e organizados ano a ano por estado e país em tabelas e, depois, em gráficos e mapas. Eles, por sua vez, permitiram uma análise do sistema de inovação de Minas Gerais e de sua posição relativa intermediária comparada a outros estados brasileiros. Além disso, eles possibilitaram a constatação de que não há um processo de convergência dos indicadores de C&T mineiros ou de outras UFs em direção àqueles dos países desenvolvidos, uma vez que o país como um todo tem sofrido com o efeito da rainha vermelha⁴. Nesse sentido, os dados sobre renda *per capita* foram utilizados para uma constatação de que ainda estamos presos à armadilha da renda média. Por fim, foi possível verificar que o gasto público estadual em C&T tem caído nos últimos 10 anos, em especial os da Fapemig, o que agrava ainda mais essa situação.

⁴ O efeito da rainha vermelha é um princípio evolutivo que propõe que, em um sistema de competição, é necessário um desenvolvimento contínuo para manter a aptidão relativa aos outros sistemas com os quais ele está co-evoluindo. Ou seja, para que um sistema melhore sua posição relativa, ele precisa se desenvolver em um ritmo ainda maior que seus concorrentes. Esse efeito, bem como sua relação com os sistemas de inovação, será abordado na seção 2.6.2 desse trabalho.

Assim, as informações e análises geradas servirão para ampliar o conhecimento sobre a trajetória recente do sistema mineiro de inovação e entender como o governo estadual lida com essa conjuntura. Além disso, elas poderão ser utilizadas na formulação da política pública estadual de C&T, de forma a ajudar a colocar o sistema de inovação de Minas Gerais em um regime de interação mais desenvolvido.

Para tanto, o trabalho foi dividido em quatro capítulos além desse primeiro. No capítulo dois, está descrito o referencial teórico, que traz de modo sucinto desde as primeiras teorias sobre o papel das inovações na economia, passando por Schumpeter e os neoschumpeterianos, até os teóricos dos sistemas de inovação. Além disso, se discute também o papel do Estado no investimento em CT&I e o papel desta, por sua vez, no processo de *catch up*. Por fim, o referencial trata dos regimes de interação dos sistemas de inovação e do caso dos SIs do Brasil e de Minas Gerais. No capítulo três, temos uma descrição da metodologia utilizada pelo trabalho, que explica quais dados foram utilizados, como eles foram coletados e para que eles serão usados. No capítulo quatro, é exposta a análise dos resultados dessa pesquisa, sendo esse dividido em três sessões, uma para cada objetivo específico. Por fim, o quinto capítulo traz as considerações finais do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios da humanidade, a busca por conhecimento e a invenção de técnicas e de ferramentas úteis tem sido o motor por trás da melhora das condições de vida da nossa espécie, indo desde a dominação do fogo e da domesticação de plantas e de animais até os frutos da 5ª Revolução Industrial⁵ iminente. A ciência e a tecnologia são centrais para o processo de desenvolvimento socioeconômico e, conseqüentemente, para a promoção da qualidade de vida. Mais que isso, veremos nessa seção que o papel delas vem sendo cada vez mais importante para o progresso econômico das nações com o passar dos anos.

A conexão entre ciência e tecnologia e o capitalismo se dá pelo fato de que a economia capitalista se beneficia das inovações científicas e tecnológicas ao aplicá-las à produção, ao mesmo tempo em que investe parte dos recursos gerados pela produção nessas áreas, já que elas são fundamentais ao seu funcionamento e ao seu desenvolvimento. Nesse sentido, Kuznets (1966), ainda na década de 1960, afirma que o que distingue as sociedades modernas industrializadas de todas as outras é seu sucesso na aplicação do conhecimento sistemático, fruto da pesquisa científica, à esfera econômica.

Para entender melhor as relações entre ciência, tecnologia e economia, esse referencial se divide em sete sessões que tratam brevemente do que a literatura tem a dizer a respeito disso. Ao longo da primeira à terceira seção, é apresentada a evolução das teorias acerca das interações entre CT&I e desenvolvimento econômico, começando pelos economistas clássicos e chegando até o modelo dos Sistemas Nacionais de Inovação. A quarta seção trata do papel do Estado nessas interações, enquanto que a quinta abordará o papel da ciência e da tecnologia nos processos de *catch up*. A sexta seção tratará das contribuições de Albuquerque (2001, 2003, 2005, 2006, 2018 e 2020) na tipologia dos regimes de

⁵ Enquanto a 4ª Revolução Industrial trouxe avanços importantes na área da computação e da robótica, com novas tecnologias envolvendo *internet* das coisas, *big data* e o surgimento da computação quântica, a 5ª Revolução Industrial enfatizará a interação entre humanos e máquinas, além de aprimorar as tecnologias trazidas pela revolução anterior. Assim, o foco passará a estar nas interfaces homem-máquina, em especial no desenvolvimento de manufaturas inteligentes, que serão possíveis graças à robotização, à automação e ao avanço dessas interfaces. Dessa forma, espera-se que a maior customização e personalização para produtos de massa serão a força motriz para o crescimento da indústria 5.0 e que a colaboração entre a inteligência humana e a inteligência artificial será capaz de reduzir os impactos sociais e ambientais das atividades industriais. (PATHAK *et al.*, 2019, p. 23).

interação e das barreiras que os dividem. Por fim, a sétima seção descreve especificamente os sistemas de inovação do Brasil e de Minas Gerais.

2.1 Primeiras teorias sobre o papel das inovações tecnológicas na dinâmica capitalista

O fundador da ciência econômica, Adam Smith (1776) já abordava em suas obras a importância do progresso técnico para o crescimento econômico (PAULA; CERQUEIRA; ALBUQUERQUE, 2001). Curiosamente, para Smith (1883), o progresso técnico seria uma variável econômica endógena por ser um resultado da divisão do trabalho e da especialização (SMITH, 1883, p. 45) e não exógena, conforme preveem a maioria dos modelos econômicos convencionais. No século seguinte, Tocqueville (1840) apontou também para a importância da ciência no capitalismo, tanto para a solução de problemas práticos, como para a formação de profissionais qualificados, e previu acertadamente uma rápida expansão da ciência nos Estados Unidos. Ainda no mesmo século, Marx vincula a inovação tecnológica ao motor da dinâmica capitalista e o rápido crescimento moderno da ciência a um processo mais geral de especialização e profissionalização das atividades produtivas nas sociedades modernas (MARX, 1968, p. 392). Para ele, a principal guia para a taxa e a direção dos avanços científicos são as demandas econômicas e sociais, mediante os problemas que elas colocam, os dados empíricos e técnicas de mensuração que elas geram e os recursos financeiros que elas disponibilizam. Além disso, ele apontou que o modo específico de produção capitalista é diretamente ligado à possibilidade do uso da ciência no processo de produção⁶ (MARX, 1968, p. 414).

Já no início do século XX, Veblen (1919), sob uma perspectiva semelhante à de Marx, aponta para uma coevolução entre o ambiente institucional e o ambiente tecnológico: por um lado, o conhecimento dos indivíduos é a fonte do desenvolvimento da tecnologia apropriado pelas instituições; por outro, as mudanças institucionais transformam as estruturas da sociedade e alteram o cotidiano dos indivíduos. Para ele, também há uma coevolução entre a ciência e a tecnologia, que

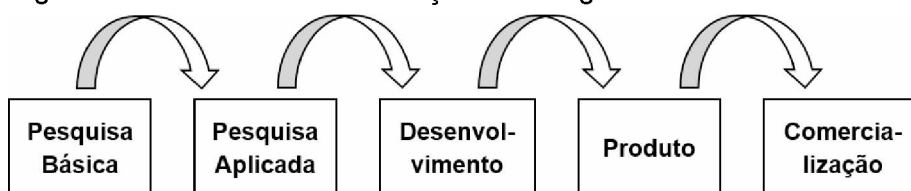
⁶ Vale lembrar que esse insight ocorreu quando a aplicação sistemática da ciência na produção estava em seus estágios iniciais. Nesse sentido, considerando que, à medida em que o tempo avança, o peso da ciência aumenta nos estágios tecnológicos subsequentes (DOSI, 1997), hoje essa aplicação é infinitamente maior e mais sofisticada.

tem um efeito aparentemente contraditório sobre as organizações capitalistas: o progresso tecnológico transforma a estrutura produtiva, deixando a então tecnologia vigente ultrapassada, ou seja, depreciando o valor desses bens. Esse raciocínio serviu de inspiração para Schumpeter, criador do conceito de “destruição criativa”.

Anos depois, Solow (1957), examinando as fontes clássicas de crescimento econômico, ou seja, o estoque dos fatores de capital e trabalho, percebeu que elas sozinhas não explicavam o crescimento econômico estadunidense ao longo do século XX. Por isso ele propôs outras fontes para esse crescimento, sendo o conhecimento a mais importante. Essa fonte foi considerada por ele como exógena ao modelo, apesar de teorias anteriores já apontarem para as dimensões econômicas da ciência e da tecnologia.

Alguns anos antes disso, após o fim da Segunda Guerra Mundial, iniciou-se uma discussão sobre o financiamento público de pesquisa básica e aplicada, porque ficou evidente, durante a guerra, que o conhecimento leva ao desenvolvimento (BLOCK, 2011, p. 5). O modelo linear concebido pelo engenheiro estadunidense Vannevar Bush (1945) é o primeiro modelo formal que buscou sistematizar as relações entre ciência, tecnologia inovação e desenvolvimento, que fariam parte de um fluxo linear que seguiria essa ordem. (Figura 1). O documento escrito por Bush coloca a pesquisa básica como função do Estado e serviu de inspiração para a criação da *National Science Foundation* (NSF) e de outras agências e políticas públicas de fomento à pesquisa ao redor do mundo (MARQUES, 2016, p. 19).

Figura 1: Modelo linear de inovação tecnológica



Fonte: Elaboração própria.

As limitações desse modelo são várias, dentre elas: historicamente a tecnologia foi muitas vezes anterior à ciência (PAVITT, 1998); empresas também desenvolvem pesquisa básica (PAVITT, 1990); e, por fim e mais importante, esse modelo é que ele não prevê *feedbacks* mútuos e processos de retroalimentação

entre as etapas da inovação, itens fundamentais para que tal processo seja bem-sucedido (ROSEMBERG, 1983)⁷.

2.2 Schumpeter e os neoschumpeterianos

Joseph Schumpeter, um dos maiores economistas da primeira metade do século XX, foi pioneiro ao colocar como central no desenvolvimento econômico a ciência e a tecnologia (SCHUMPETER, 1997, p. 68-92). Para ele, é a energia das ações humanas que coloca em marcha o processo inovativo, sob o qual repousa o desenvolvimento e as transformações da economia (PAULA; CERQUEIRA; ALBUQUERQUE, 2001). Schumpeter também criou o conhecido conceito de “destruição criadora”. Esse conceito vem do processo no qual a inovação transforma a estrutura econômica a partir de dentro, tornando obsoleto e sem valor o que é antigo e criando elementos novos. A “destruição criadora” é, portanto, a fonte dos constantes desequilíbrios no sistema capitalista, sendo também o motor desse sistema, e cabe às empresas se adaptarem a ela para garantir sua sobrevivência (SCHUMPETER, 1961, p. 105). É em busca dessa sobrevivência e da garantia das margens de lucro que essas firmas inovam. Dessa forma, são as inovações que geram a transformação estrutural no sistema capitalista graças ao dinamismo que elas promovem por meio das empresas.

Críticos à teoria de Schumpeter apontam que: ela atribui um peso desproporcional às chamadas “inovações radicais” (são fundamentais também as inovações incrementais, que, muitas vezes, estão por trás da efetivação da viabilidade de comercialização de um produto); os processos criativos de imitação e difusão tecnológica também tem sua importância para o desenvolvimento econômico; por fim, ela coloca a geração de tecnologia como externa à economia, sendo que, na realidade, existe também uma relação causal que vai da vida econômica à ciência e, por isso, a economia deveria absorver a tecnologia como uma de suas variáveis (PATEL; PAVITT, 1994; ROSENBERG, 1976 e 1983).

A concepção neo-schumpeteriana, também chamada de evolucionária, aprimora a teoria de Schumpeter sobre o progresso técnico, seguindo a ideia dele

⁷ Uma quarta crítica foi proposta pelo cientista político Donald Stokes (1994). Segundo Stokes (1994), o modelo linear não dá conta da realidade do progresso científico e tecnológico principalmente porque muitos marcos desse progresso são, na verdade, estudos que objetivaram tanto o conhecimento em si, como uma aplicação prática.

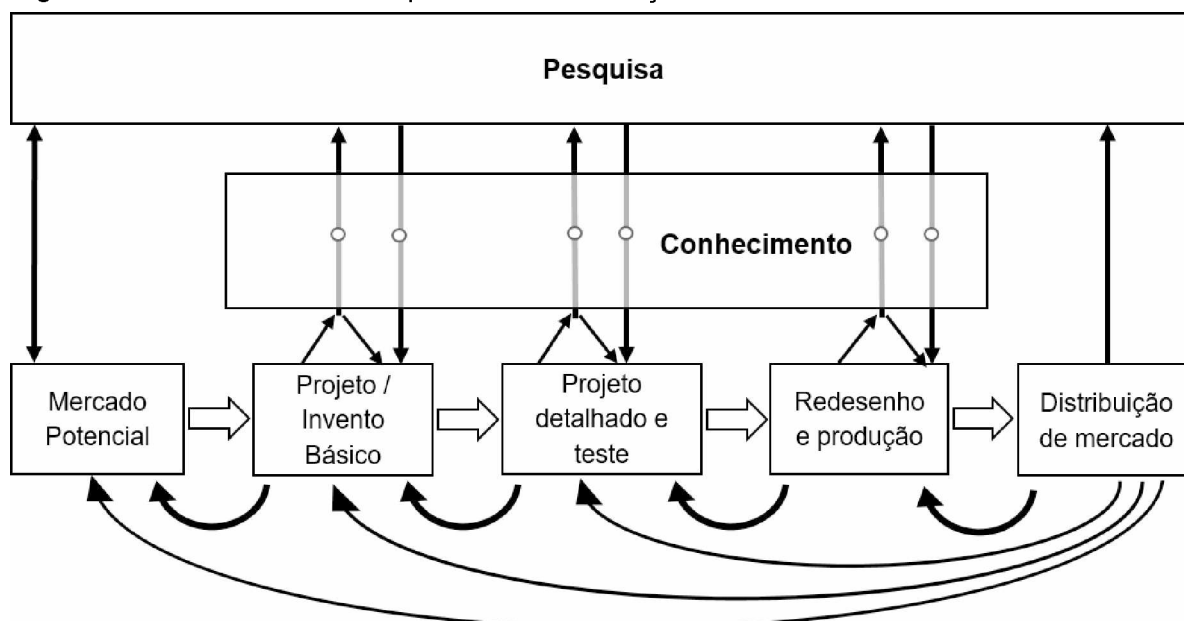
de que as formas de relacionamento entre pesquisa e atividade econômica são múltiplas e que a inovação um processo interativo e multidimensional. A grande questão para os autores dessa corrente é que a inovação não é a simples apropriação do conhecimento científico pelo sistema econômico, ela, na realidade, é um processo com várias etapas interrelacionadas que são desenvolvidas pelas empresas e pelas instituições de pesquisa. Além disso, eles apontam que o avanço tecnológico muitas vezes não depende da ciência, já que ele pode ser inclusive fonte de descobertas que apenas posteriormente serão analisadas e destrinchadas por ela.

Para Schumpeter (1961), o papel central na inovação é dos empresários. Já para os neo-shumpeterianos, o centro da inovação é a empresa. São as firmas que promovem as iniciativas que vão possibilitar a inovação, a partir das necessidades do mercado, se apoiando no conhecimento científico já existente ou construindo um novo. Dessa forma, as firmas se diferenciariam em um processo evolucionário:

De acordo com essa abordagem, não existe o pressuposto de “agentes representativos” (como na teoria-padrão do crescimento), mas um processo constante de diferenciação entre as empresas, baseado em suas diferentes capacidades para inovar devido a rotinas internas e competências diferentes. Sob essa perspectiva, a concorrência está relacionada à coevolução desses processos que criam diferenças constantes entre as empresas e os processos de seleção competitiva que esmiúçam essas diferenças, permitindo que apenas algumas empresas sobrevivam e cresçam (MAZZUCATO, 2014, p. 68).

Pensando nesse papel central das empresas e também no conjunto dos outros atores importantes para a inovação, Rosenberg e Kline (1986) formulam o modelo interativo do processo de inovação (Figura 2). Esse modelo complexo e interativo combina as “interações no interior das empresas e interações entre as empresas individuais e o sistema de ciência e tecnologia mais abrangente em que elas operam” (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003, p.4). Os *feedback loops* vistos nesse modelo são baseados no conceito de “*learning by use*”, fonte chave para o surgimento das inovações incrementais, já que as potencialidades de inovação através do uso são claras e é possível um caminho de retroalimentação do processo inovativo em todas as fases dele (ROSENBERG; KLINE, 1986).

Figura 2: Modelo interativo do processo de inovação



Fonte: Adaptado de Kline e Rosemberg (1986), p. 290.

No modelo interativo há um destaque tanto para o fluxo linear que ocorre dentro das empresas (setas largas), como para os *feedbacks* entre essas etapas (setas curvas) e para as várias conexões de cada uma delas com a pesquisa e o conhecimento científico (setas finas). Essas conexões acontecem especialmente quando há algum problema técnico no caminho. Nesse caso, as empresas recorrem inicialmente aos saberes explícitos da ciência e aos conhecimentos dos cientistas e, caso seja necessário, elas recorrem à pesquisa. Está representado ainda o impacto da inovação tecnológica para a pesquisa, que ocorre quando ela suscita novas perguntas a serem respondidas pela ciência, gerando uma nova agenda científica (KLINE; ROSENBERG, 1986).

É aqui que entra a argumentação de Rosenberg (1983) de que há cadeias causais significativas da ciência para vida econômica e da vida econômica até a ciência, e que, por isso, a economia deve absorver a tecnologia como uma de suas variáveis. Em busca de desenvolver uma estrutura conceitual acerca das conexões entre ciência e desenvolvimento econômico e de desmistificar a noção de que a causalidade atua exclusivamente no sentido da ciência para a tecnologia, Rosenberg (1983) defende o caráter cumulativo e interativo dos progressos científicos e tecnológicos:

O crescimento dos conhecimentos é muito mais cumulativo e interativo do que se percebe, especialmente quando o conhecimento é pensado como algo que acontece de um só golpe, de uma vez por todas, com o novo conhecimento científico supostamente conduzindo

a um período de aplicações tecnológicas (ROSENBERG, 1983, p. 262).

Para ele, em primeiro lugar, a tecnologia não é uma mera aplicação da ciência, porque ela é, em si, um corpo de conhecimento próprio. Esse conhecimento é composto por técnicas, métodos e projetos que funcionam de maneira determinada e previsível, mesmo quando não é possível explicar o porquê. Assim, a tecnologia tem atuado como um vasto repositório de conhecimentos empíricos a serem analisados e avaliados pela comunidade científica.

Em segundo lugar, o progresso tecnológico é fundamental para a formulação da agenda subsequente da ciência e na definição de qual campo e qual área da ciência terão uma maior concentração de pesquisas e de recursos, já que os melhoramentos tecnológicos identificam os limites de novos melhoramentos, que, então, serão estudados pelos cientistas (ROSENBERG, 1983, p. 255). Para ele, os setores de tecnologia de ponta têm como característica central o padrão no qual o progresso tecnológico aponta as novas direções para as atividades científica promissoras⁸. Essa é uma das razões que explicam a dificuldade em separar a ciência básica da ciência aplicada, pois independentemente das intenções iniciais do pesquisador, o tipo de conhecimento gerado é altamente imprevisível. Dessa forma, é possível entender que o avanço tecnológico direciona a pesquisa científica mediante o apontamento dos retornos potenciais sociais e financeiros dessa pesquisa.

Em terceiro lugar, a tecnologia molda os empreendimentos científicos também via técnicas de observação, de testes, de medidas, ou seja, de instrumentação. Esses avanços tecnológicos têm sido fundamentais para o progresso científico há mais de 400 anos e eles acontecem a partir de uma relação interativa e dialética entre ciência e tecnologia.

⁸ Como exemplo, ele traz o nascimento da radioastronomia a partir da identificação por Jansky (1932) de um problema no serviço de radiotelegrafia, um ruído que ele chamou de um “chiado estático estacionário, cuja origem não é conhecida” (JANSKY, 1932, p. 1920) e da correlata descoberta de Penzias e Wilson (1964) da radiação cósmica de fundo, que lhes rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1978 e que só aconteceu porque eles estavam investigando problemas ligados a sinais fracos de rádio. Sobre a maior concentração de pesquisas e recursos, ele exemplifica com: o grande aumento dos estudos acerca da física do estado sólido após o salto inicial do transistor em 1948; acerca da física nuclear após a fissão em 1938; acerca da química após a síntese da malveína, um corante sintético, no final do século XIX; e acerca do comportamento de grandes moléculas após o desenvolvimento do fenol-formaldeído, um material facilmente moldável e muito utilizado pelas indústrias.

Finalmente, a partir dessa análise, chega-se à conclusão de que a ciência também é moldada e direcionada pelos estímulos econômicos mediante a tecnologia. Isso acontece tanto porque os custos da atividade científica são altos, como porque essa atividade pode ser conduzida de modo a gerar retribuições econômicas significativas. Dessa forma, há um conjunto de conexões diferentes que garante uma interação complexa entre os atores envolvidos com a ciência, com a tecnologia e com os negócios.

Nesse sentido, os papéis centrais da tecnologia para a ciência são: a definição das direções e dos campos promissores; o levantamento de problemas e de conhecimento empírico para investigação científica; e a instrumentalização. Dessa forma, à medida em que o processo de industrialização ocorre, a ciência tem se tornado uma atividade cada vez mais endógena, pois ela é progressivamente impactada por considerações tecnológicas, e, portanto, econômicas (ROSENBERG, 1983).

Posteriormente, Nelson e Winter (1982) também questionam a interpretação tradicional da tecnologia como uma variável exógena à economia. Para eles, assim como para os outros autores dessa corrente, a tecnologia é fruto de um conhecimento principalmente tácito, acumulado nas próprias empresas, sendo, portanto, um ativo delas. Ela está relacionada à rotina dessas organizações e aos processos coletivos de aprendizagem. Nesse sentido, esses autores apresentam um modelo dinâmico da concorrência com fundamentos evolucionários para explicar as conexões existentes entre a estrutura do mercado, os gastos em P&D e o desempenho das firmas (NELSON; WINTER, 1982, p. 399-442).

No mesmo ano, Dosi (1982) publica um artigo que enriquece ainda mais a abordagem evolucionária, com um foco na realidade dinâmica do capitalismo moderno, fruto de complexos mecanismos de interação com o progresso técnico. Para ele, a realidade do desenvolvimento não se encaixa nos pressupostos clássicos acerca da concorrência entre as empresas e, por isso, devemos destacar o papel da inovação tecnológica nesse processo, já que é ela a principal determinante dos saltos de produtividade da economia capitalista. Assim como os outros autores apresentados aqui, ele atribui o motor da inovação à busca por lucro dos empreendedores. Ainda nesse trabalho, Dosi (1982) apresenta o conceito de “paradigma tecnológico”, por meio do qual ele explica as complexas interações entre

os conhecimentos científicos e produção econômica no surgimento de tecnologias inovadoras⁹.

Pavitt (1998), por sua vez, trata das contribuições cognitivas da pesquisa básica para a tecnologia. Segundo ele, os avanços da ciência atuam como criadores de campos do conhecimento, como as engenharias, a computação e a biotecnologia, que são úteis para se solucionar problemas complexos. Por isso, as firmas estão ficando cada vez mais multi-tecnológicas, incorporando um número crescente de campos do conhecimento aos seus arsenais de solução de problemas. Para ele, os principais canais de contribuição da ciência à tecnologia são: 1) entrada de conhecimento útil, na qual pesquisa acadêmica leva diretamente à prospecção de aplicação (ex.: raios-x, lasers); 2) técnicas e ferramentas de engenharia de design, que se tornaram centrais no design e na testagem de sistemas tecnológicos complexos; 3) instrumentação, pois vários produtos e técnicas foram primeiramente desenvolvidos como instrumentos de laboratórios e são hoje fundamentais para laboratórios empresariais (como tubos de raios catódicos e as técnicas de biotecnologia); 4) cientistas e engenheiros treinados, considerados o maior benefício da pesquisa acadêmica pelos empresários; 5) conhecimento de fundo, ou seja, habilidades e experiências tácitas subjacentes às pesquisas acadêmicas; 6) participação de redes profissionais nacionais e internacionais, que trazem à solução de problemas tecnológicos o “conhecimento do conhecimento”; 7) empresas *spin-off*, que são baseadas no conhecimento acumulado e nas descobertas feitas nas universidades.

Dessa forma, a pesquisa acadêmica pode, em princípio, contribuir para todas as categorias de conhecimento de engenharia. Algumas contribuições serão diretas, oferecendo descobertas aplicáveis e técnicas de pesquisa de engenharia, e outras serão indiretas, quando o treinamento acadêmico, o fundo de conhecimento e as redes profissionais contribuem para as atividades de solução de problemas das empresas. Além disso, a maior parte dos benefícios práticos não são informações

⁹ Esse conceito teve inspiração no conceito de “paradigma científico” formulado por Kuhn (1997), que, em sua teoria epistemológica, interpreta as revoluções científicas a partir de transições de paradigmas, que seriam o conjunto preexistente de suposições teóricas gerais e leis técnicas adotado por determinada comunidade científica. De forma semelhante, as inovações tecnológicas podem ser agrupadas em um conjunto em torno do conhecimento já existente, os “paradigmas tecnológicos”. São a partir deles que soluções são encontradas e que novas contribuições são feitas para esse conhecimento. Paradigma tecnológico seria então “a ‘model’ and a ‘pattern’ of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies” (DOSI, 1982, p. 152).

facilmente transmissíveis, ou seja, não são ideias e descobertas disponíveis igualmente a qualquer um em qualquer lugar do mundo. Isso porque a capacidade de se solucionar problemas envolve a transmissão tácita de conhecimento via mobilidade pessoal e contatos face a face. Os benefícios, portanto, tendem a ser geográfica e linguisticamente localizados e os países e as empresas só se beneficiam acadêmica e economicamente da pesquisa básica realizada mundo afora se eles pertencem a rede internacional de profissionais que trocam conhecimento.

Em resumo, toda essa literatura apresentada revela que as interações entre ciência, tecnologia, inovação e economia sempre foram consideradas, apesar das diferentes abordagens e dos diferentes enfoques. Dessa forma, os paradigmas de Schumpeter e dos neoschumpeterianos são importantes para uma compreensão das conexões entre as variáveis de produção econômica, científica e tecnológica estudadas nesse trabalho.

2.3 Os Sistemas de Inovação

A abordagem neoschumpeteriana ou “evolucionária” serviu de base para uma visão do tipo “sistemas nacionais de inovação” (SNI), que visa compreender a forma como os diferentes atores inovativos estão inseridos em um sistema, nos níveis setorial, regional e nacional. Dessa forma, as relações entre as revoluções tecnológicas e o conceito de SNI são duas: primeiramente, elas seriam fruto das instituições que formam o SNI e esse conceito nos permite entender as raízes desses acontecimentos; secundamente, os sistemas de inovação se transformam periodicamente à medida em que as revoluções tecnológicas transformam o capitalismo (CHAVES *et al.*, 2020).

É importante destacar que, atualmente, se usa também o conceito de sistemas de inovação, que engloba os diversos níveis de regionalização geográfica, indo de um sistema global a um sistema local de inovação:

Sistema de inovação é entendido de acordo com duas abordagens básicas: sistemas setoriais de inovação, que partem de um setor específico ou tecnologia e de sistemas construídos sobre algum tipo de proximidade geográfica seja local, regional, nacional, continental, ou, até mesmo, de sistemas globais de inovação; e sistemas nacionais de inovação, que não são apenas uma questão de delimitação geográfica, mas também o próprio Estado e o poder a ele ligado são importantes. Um sistema de inovação é caracterizado por

um conjunto de interações entre diferentes atores, cujas organizações e atividades são governadas por instituições que limitam e incentivam as inovações (KRETZER, 2009, p. 863).

A primeira referência explícita ao termo Sistema Nacional de Inovação foi feita por Freeman (1987). De acordo com ele, esse sistema é constituído por instituições e pode ser resultado de uma ação planejada e consciente, liderada pelo governo, ou de um somatório de decisões descentralizadas e desarticuladas, que estão por trás do progresso técnico das economias capitalistas complexas (FREEMAN, 1987). É nesse sistema que ocorrem os fluxos de informação e que está a infraestrutura necessária para a inovação tecnológica.

Dessa forma, SNI é um arranjo institucional que envolve firmas e seus departamentos de P&D, universidades, institutos de pesquisa, sistemas financeiros de suporte à inovação, instituições de educação, ordenamento jurídico, etc. A literatura de SNI define os papéis de cada instituição e enfatiza uma divisão institucional do trabalho entre produção de ciência e produção de tecnologia: em geral, universidades e institutos de pesquisa produzem ciência e firmas produzem tecnologia, mas claro que existem exceções dos dois lados. Além disso, as instituições de um SNI devem interagir umas com as outras, ou seja, em um conceito amplo, as interações e os feedbacks mútuos entre as instituições são fundamentais em um SNI. Ao longo dessa interação entre os atores, o nexos de causalidade entre os passos dados da ciência básica, até a P&D em larga escala, às aplicações e, finalmente, à difusão das inovações não é "linear". Em vez disso, as redes de inovação estão cheias de feedback loops entre mercados e tecnologia, aplicações e ciência. Nessa visão menos linear, o papel da educação, formação, objetivo, controle de qualidade e demanda efetiva é igualmente importante. Além disso, há um reconhecimento do acaso e da incerteza que caracterizam o processo de inovação

Outro importante autor que trata dos Sistemas Nacionais de Inovação é Lundvall (1992), que afirma que:

Muitas vezes, os elementos do sistema de inovação se reforçam mutuamente na promoção de processos de aprendizado e inovação ou, inversamente, se combinam em constelações que bloqueiam esses processos. A causalidade cumulativa e os círculos virtuosos e viciosos são características dos sistemas e subsistemas de inovação. Outro aspecto importante do sistema de inovação diz respeito à reprodução

do conhecimento de indivíduos ou agentes coletivos (através da lembrança) (LUNDVALL, 1992, p.2, tradução nossa).

Anos depois, Lundvall (2001) trata do papel das políticas públicas nesse sistema: a formação de redes de conhecimento entre empresas e instituições. Por isso, o desenho dessas políticas é complexo, já que ela deve atuar sobre as diversas partes do sistema e reunir as atividades menores de forma cooperativa para que se possa iniciar um trabalho de “mútuo apoio”.

Por fim, vale destacar que o SNI representa um arranjo institucional que articula a riqueza econômica com a competência tecnológica subjacente, colocando o motor do progresso tecnológico no centro do processo de desenvolvimento econômico. Nelson (1990) aponta que os SNIs constituem o motor do crescimento capitalista e Fagarberg (1994) articula a construção institucional relacionada ao SNI com o crescimento e o desenvolvimento das nações. Dessa forma, esse sistema deve ser considerado um ponto focal de qualquer política de desenvolvimento econômico, já que é ele que garante às empresas de um país oportunidades tecnológicas de forma persistente. Além disso, o fortalecimento das universidades, das instituições de pesquisa e do conjunto da estrutura educacional são cruciais para o avanço e a manutenção do sistema de inovação e, por isso, também devem ser foco das políticas públicas de um país.

Em resumo:

O que parece estar claro é que a inovação pressupõe a existência de uma economia altamente interconectada, com feedback loops contínuos entre diferentes indivíduos e organizações que possibilitem o compartilhamento do conhecimento e a expansão de seus limites. (MAZZUCATO, 2014, p. 110).

2.4 O papel do Estado e o financiamento público da CT&I

Os trabalhos de Nelson (1959) e Arrow (1971) são marcos do início de uma nova etapa dos estudos sobre a economia da ciência. Os dois autores concluem que o investimento público em ciência, mais especificamente na pesquisa básica, é fundamental. Isso porque, caso ela dependesse exclusivamente do investimento privado, haveria um subinvestimento graças às externalidades e às incertezas (knightianas¹⁰) relativas à pesquisa básica, além do nível de recursos que

¹⁰ O economista Frank Knight (1921) estabeleceu uma forte e importante distinção conceitual entre risco e incerteza. [...] risco diz respeito a um estado futuro incerto, definido por meio de variável aleatória cujo espaço probabilístico é perfeitamente conhecido, caso, por exemplo, do lançamento de

ela demanda ser incompatível com o que está disponível para investimento de uma empresa¹¹. Assim, pode não ser racional para uma única empresa investir em determinada inovação, graças à superação dos custos esperados em relação à renda esperada, ainda que essa empresa acredite em uma demanda para essa inovação (NELSON, 1959, p. 297-306). Nelson propõe que sejam feitas políticas públicas para que a realização desse tipo de pesquisa ocorra nas universidades e sugere uma divisão do trabalho institucional entre elas e as empresas.

A partir de então, temos um crescente interesse tanto dos cientistas como dos economistas acerca do papel da ciência e da tecnologia no desenvolvimento econômico. Esse passou a ser um objeto de pesquisa considerado mais importante

[...] em parte porque a pesquisa se tornou, no século XX, extremamente dispendiosa. A disposição da sociedade de fornecer apoio financeiro pode ter sido menos importante durante o século XIX, quando as necessidades da pesquisa costumavam ser bem modestas – uma pipa, um pouco de linha, uma jarra, uma tempestade de raios e muita sorte. Importa muito mais atualmente, agora que a “pequena ciência” foi substituída pela “grande ciência”, e que o requisito básico para a realização de uma pesquisa pode ser o acesso a um acelerador linear no valor de dezenas de milhões de dólares. (ROSENBERG, 1983).

Vale destacar que essa percepção ganhou força após as experiências vividas pelos países na Segunda Guerra Mundial, que demonstraram a importância e o poder dos desenvolvimentos tecnológicos organizados e patrocinados pelo Estado. O já citado trabalho de Vannevar Bush¹² (1945), feito a partir desse contexto, teve suas recomendações rapidamente implementadas pelo governo

um dado, ou de uma moeda, ou das loterias de números. Já a incerteza, embora corresponda também a um estado futuro incerto, é definida por meio de variável aleatória, em espaço probabilístico não perfeitamente conhecido, caso, por exemplo, da dúvida sobre a ocorrência de uma terceira guerra mundial no próximo ano, ou a respeito de quando ocorrerá uma nova crise econômica mundial” (LEITE; SANTIAGO; TEIXEIRA, 2015, p. 642).

¹¹ Isso ocorre devido a três razões principais: (a) uma firma que busca o lucro não tem certeza de que irá capturar todos os benefícios da ciência básica que ela patrocinou, dada as grandes incertezas acerca dos resultados que ela produzirá especificamente para essa firma e as dificuldades que ela terá para extrair compensações dos imitadores subsequentes; (b) uma política de sigilo que protegesse a firma dessas imitações seria subótima, pois restringiria aplicações com custos marginais baixos; (c) devido à aversão do risco ou à tomada de decisões de alocação de recursos baseadas em horizontes de curto prazo, as expedições privadas na pesquisa básica seriam ainda mais subótimas (NELSON, 1959, p. 298-203).

¹² Nesse modelo, cabe ao Estado financiar a pesquisa básica, que, segundo o autor, é aquela realizada para se expandir os horizontes do conhecimento, sem se pensar em finalidade práticas. “A maneira mais simples e eficaz pela qual o governo pode fortalecer a pesquisa empresarial é apoiar a pesquisa básica e desenvolver talentos científicos” (BUSH, 1945). Além disso, a pesquisa é vista como “bem público” e há uma divisão de trabalho na qual as universidades e as instituições de pesquisas ofertam o conhecimento científico, já as empresas o demandariam enquanto realizam a pesquisa aplicada, que objetivaria o desenvolvimento das tecnologias.

estadunidense, que passou a investir fortemente em ciência e tecnologia. Essa íntima relação entre o governo dos Estados Unidos e a ciência já existia desde o início do Projeto Manhattan (1939-1946), que culminou no desenvolvimento da bomba atômica, e continuou forte durante a Guerra Fria, especialmente nos esforços em relação à corrida espacial, fruto da corrida armamentista contra a União Soviética. Ao longo dessas políticas, os laços entre os burocratas e os cientistas se fortaleceu, sendo que os primeiros procuravam os últimos para a solução de problemas e para a conquista de objetivos específicos. A partir dessa interação, descobriu-se que isso era algo que o governo poderia fazer para fins econômicos e civis, além da tradicional função militar (BLOCK, 2011, p. 7).

Além disso, uma outra justificativa importante para o investimento público em ciência é que, apesar de vivermos em um mundo cada vez mais globalizado, ainda há fortes laços nacionais entre cientistas e inventores de um país. Ou seja, uma base científica robusta é necessária para uma tecnologia nacional robusta em áreas muito dependentes da ciência, como biotecnologia, indústria química e plásticos. Nesse sentido, os achados de Narin (1998)¹³, que comprovam a força desses laços, têm importantes implicações para processos de desenvolvimento, na medida em que explicitam tanto o crescente peso da ciência para o progresso tecnológico como o papel das bases científicas nacionais para as interações entre ciência e tecnologia.

Defendendo uma complementariedade entre os investimentos públicos e privados e a partir das diferenças conceituais entre ciência e tecnologia, Pavitt (1991) explica a alta proporção de financiamento público da pesquisa básica. Para ele, geralmente feita nas universidades, a pesquisa básica busca generalizações

¹³ Após analisar mais de 100 mil referências de patentes norte americanas à trabalhos científicos, ele concluiu que a ciência pública desempenha um papel crucial na tecnologia industrial patenteada, sendo que metade das referências são direcionadas à ciência pública estadunidense, 33% são à ciência estrangeira, sendo a maioria também pública, e apenas 17% a artigos industriais. Além disso, os dados também apontaram que a conexão patentes-artigos tem um componente nacional forte, com autores estadunidenses particularmente mais citados pelas patentes, e que essa conexão é adequadamente sujeita a assuntos específicos, sendo que patentes de um campo da ciência citam artigos desse mesmo campo. De modo geral, os dados apontam que a ciência que está contribuindo para a tecnologia de ponta é majoritariamente básica, recente, publicada em jornais influentes, feita em universidades e laboratórios grandes e apoiada por instituições públicas. Dentre os inventores estrangeiros, que representam quase metade do total de solicitantes de patentes nos Estados Unidos, é possível notar uma enorme tendência de citação de artigos de seus países de origem, sendo duas a quatro vezes maior que o esperado quando se pensa no tamanho da taxa de contribuição de publicações científicas daquele país. Vale lembrar que essas preferências nacionais também são aparentes quando olhamos para as citações de artigos em artigos e de patentes em patentes (NARIN *et al.*, 1998, p. 320-22).

baseadas em um número restrito de variáveis e resulta em publicações e experimentos reproduzíveis, sendo um bem público. Já no caso das empresas, uma combinação de pesquisa, desenvolvimento, testagem, engenharia de produção e experiência operante constrói o conhecimento das variáveis operantes críticas de um artefato, e o resultado em conhecimento é não apenas específico, mas parcialmente tácito e, portanto, difícil e custoso de se reproduzir. Por isso, há uma natureza complementar dos investimentos públicos e privados na ciência e na tecnologia, com aquele se concentrando no longo prazo e no geral e este, no curto prazo e no específico.

Apesar disso, deve-se ter em mente que a ciência é um bem público, ou seja, publicado e facilmente reproduzível, mas não é um bem gratuito. Rosenberg explica:

Este ponto é importante também na identificação de uma séria limitação na maneira como os economistas argumentam sobre o conhecimento científico e sobre a pesquisa em geral. Como sugeri anteriormente, esse conhecimento é considerado pelos economistas como estando “na prateleira” e disponível gratuitamente a todos os que chegam depois de produzido. Mas esse modelo é seriamente defeituoso porque frequentemente se requer uma capacidade substancial de pesquisa para entender, interpretar e avaliar o conhecimento que foi colocado na prateleira – seja ele básico ou aplicado. O custo de manutenção dessa capacidade é alto, porque é provável que exija um quadro de cientistas internos que possam fazer essas coisas. E, para manter esse quadro, a empresa deve estar disposta a deixá-los realizar pesquisas básicas. A maneira mais eficaz de permanecer efetivamente conectado à rede científica é participar do processo de pesquisa. (ROSENBERG, 1990, p. 171, tradução nossa).

Dessa forma, é também uma necessidade para as empresas investir em ciência. Por outro lado, isso não isenta o poder público de seu papel acerca da formação de pesquisadores profissionais treinados. Pavitt (1991) explica que esses profissionais são fundamentais para atividades científicas aplicadas, pois eles trazem consigo não apenas o conhecimento resultante de suas respectivas pesquisas, mas também habilidades, métodos e uma rede de contatos profissionais que irão ajudá-los a solucionar os problemas tecnológicos que eles enfrentarão posteriormente.

Pavitt (1991) aponta ainda que o maior estímulo para o investimento público em ciência e tecnologia é a percepção de que essa é uma boa prática em um sistema global de competição onde a liderança ou o atraso tecnológico são de

central importância. Uma competência nacional ativa na pesquisa básica é uma condição necessária para o beneficiamento de pesquisas desenvolvidas em outros lugares do mundo, o que pode ser visto como um sistema nacional de inteligência científica. E já que a maioria das transferências de habilidade e de conhecimento entre ciência e tecnologia são personificadas, as transferências nacionais são a regra e não a exceção, dadas as barreiras linguísticas e geográficas. Isso continua sendo uma realidade mesmo em um contexto de globalização e de internacionalização das atividades de P&D das empresas, pois dados apontam que a maioria dos sistemas tecnológicos nacionais ainda são contidos em si (PATEL; PAVITT, 1990), ou seja, a ciência nacional ainda alimenta majoritariamente tecnologias controladas nacionalmente.

Sobre o papel do poder público, Mazzucato (2014) vai além ao argumentar que o Estado também tem um papel fundamental em outros tipos de pesquisa além da básica:

Por estar mais disposto a se engajar no mundo da incerteza knightiana, investindo em desenvolvimento de tecnologia no estágio inicial, o setor público pode de fato criar novos produtos e os mercados correspondentes. [...] A principal razão pela qual o conceito de falha de mercado é problemático para a compreensão do papel do governo no processo de inovação é que ele ignora um fato fundamental da história da inovação. O governo não apenas financiou a pesquisa mais arriscada, seja básica ou aplicada, como muitas vezes foi a fonte da inovação mais radical e pioneira (MAZZUCATO, 2014, p. 93).

Corroborando essas ideias, Ruttan (2006) argumenta que o investimento em grande escala e de longo prazo é a fonte principal da absoluta maioria das tecnologias de propósito geral (em inglês, GPTs – *general purpose technologies*). Essas tecnologias são aquelas capazes de se ramificar por entre vários setores da economia, melhorando com o passar do tempo e reduzindo seus custos para os usuários. Além disso, elas facilitam a geração de outras inovações ao viabilizar a invenção e a produção de novos produtos ou processos. Dessa forma, muitas das revoluções tecnológicas vividas nas últimas décadas se deveriam ao financiamento dos governos.

Além do financiamento de pesquisa, para Mazzucato (2014), também é papel do Estado a disseminação de novas ideias com grande potencial e impulsioná-las em busca do desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, ele deve se dedicar diretamente às atividades inovadoras e arriscadas, enquanto também articula o

sistema de inovação, trabalhando em conjunto com o setor privado para o bem nacional em um horizonte de médio e longo prazo. Nesse sentido, ele seria o “catalisador das revoluções tecnológicas”, despertando toda a rede de inovação para a ação e a difusão do conhecimento.

Em suma, o recado para os formuladores de políticas públicas dado por Mazzucato é claro:

Enquanto o papel do setor privado tem sido superdimensionado, o do setor público tem sido subestimado. O Estado costuma ser visto como o problema, seja investindo em novas tecnologias ou melhorando o funcionamento do mercado. Por isso, um aspecto central do desafio é reequilibrar nossa compreensão de como as economias realmente funcionam. Só depois de fazermos isso poderemos começar a formular políticas que funcionem, em vez de reproduzirmos estereótipos e imagens que servem apenas para fins ideológicos (MAZZUCATO, 2014, p. 40).

2.5 O papel da ciência e tecnologia nos processos de *catch up*

Há vinte e cinco anos, o economista Christopher Freeman (1995) foi pioneiro na proposição de uma tipologia dos sistemas de inovação. Ele os diferenciou em quatro categorias e apontou para a peculiaridade da Coreia do Sul e de Taiwan, em relação aos outros grupos de países periféricos, se destacando por serem capazes de realizar o processo de *catch up*.

A palavra “*catch up*” foi usada inicialmente por Gerschenkron (1962) e popularizada por Abramowitz (1986). Uma definição completa do termo foi apresentada por Fagaberg e Godinho (2005, p. 514): *catch up* é o estreitamento da lacuna de produtividade e de renda de um país em desenvolvimento comparado a um país líder, bem como o processo de convergência resultado da tendência de redução da diferença de produtividade e de renda no mundo como um todo. Dessa forma, esse conceito descreve um processo no qual um país de desenvolvimento tardio encurta seu hiato em renda e em capacidade tecnológica frente a um país líder. A literatura acerca do tema sugere que o *catch up* pode ser medido a partir de diversos indicadores, como renda, produtividade e capacidade tecnológica, a depender do enfoque que se pretende dar.

Esse conceito está intimamente relacionado à “armadilha da renda média”, porque aqueles países incapazes de realizar um *catch up* bem-sucedido acabam ficando presos a ela. O fenômeno da armadilha da renda média foi mencionado primeiramente por Gill *et al.* (2007) e desde então tem sido objeto de

estudo de diversos pesquisadores. De acordo com o Arezki *et al.* (2019), esse termo se refere à possibilidade de que economias fiquem presas em um certo nível médio de renda e de baixo crescimento econômico. É nesse ponto que ele se relaciona com a literatura sobre o SNI, já que, conforme vimos nas sessões anteriores, o rápido crescimento está associado ao desenvolvimento e à sofisticação do sistema de inovação, bem como ao fortalecimento das interações entre seus agentes, de forma a promover a inovação e a acumulação de capacidade tecnológica. Esses pontos, por sua vez, são os motores por trás do sucesso dos países no *catching up*, segundo as concepções neo-shumpeterianas descritas anteriormente.

Interessado em estudar o processo de *catch up*, Pavitt (1998), ao analisar a Coreia do Sul e Taiwan, concluiu que as experiências desses países confirmariam as teorias por trás do modelo linear invertido¹⁴, que aponta para uma conexão causal entre as variáveis de renda e de produção científica e tecnologia, que iria do sistema nacional de tecnologia para o sistema nacional de ciência. As críticas a esse modelo foram várias e ele acabou sendo suplantado pelo modelo dos SNIs. Nesse sentido, os apontamentos de Rosenberg (1974, 1979) merecem destaque:

Embora forças e motivos econômicos tenham inevitavelmente desempenhado um papel importante na definição da direção do progresso científico, eles não agiram no vácuo, mas dentro dos limites e restrições de um corpo de conhecimento científico. (Rosenberg, 1974, p.100, tradução nossa).

“Demanda” pode ser demanda atual ou demanda potencial (necessidade), o que priva de maneira ampla o conceito de “demanda de mercado” de qualquer significado operacional. A demanda potencial pode existir para quase tudo sob o sol, e o mero fato de que uma inovação encontra um mercado dificilmente pode ser usado como evidência da primazia indiscutível do “*potential demand-pull*” na explicação da inovação. [...]. Para manter seu conteúdo analítico, a demanda do mercado deve ser claramente diferenciada do conjunto potencialmente ilimitado de necessidades humanas. A demanda, como expressa e mediada pelo mercado, é um conceito preciso. [...] a abordagem “*demand-pull*” simplesmente ignora ou nega a operação de um conjunto complexo e diversificado de mecanismos do lado da oferta que estão continuamente alterando a estrutura de custos de produção. (Mowery; Rosenberg, 1979, p. 107-142, tradução nossa).

Bernardes e Albuquerque (2003) também apontam as falhas desse modelo ao dizer que ele é incapaz de explicar o que alimenta o desenvolvimento

¹⁴ Ou *demand-pull*, como Mowery e Rosenberg (1979) o chamaram.

econômico em um contexto de crescente sofisticação de uma economia global baseada na ciência. Esse modelo desconhece o papel da infraestrutura científica na imitação e na adaptação de tecnologias disponíveis em países mais avançados e na realização de inovações incrementais que caracterizam os movimentos iniciais nos processos de *catch up*. Portanto, é preciso reconhecer os limites do modelo linear e do modelo linear invertido, pois, na realidade, o que encontramos é uma *mútua determinação e feedbacks positivos entre as dimensões científica e tecnológica* (ROSENBERG; KLINE, 1986).

Dessa forma, é fundamental que países menos desenvolvidos invistam em ciência e tecnologia, pois essa é a única forma de entrar na rede internacional de informação científica e tecnológica. Eles explicam que, no *catching up*, o papel da ciência pública para redução de custos de entrada à novas indústrias é uma pré-condição para aproveitar as “janelas de oportunidade”, ou seja, destinar recursos à ciência é um pré-requisito para o desenvolvimento. Além disso, a interação entre ciência e tecnologia é crucial para alcançar o desenvolvimento desde o princípio desse processo.

Para investigar essa interação, é preciso conhecer o papel da ciência nos países menos desenvolvidos:

[...] a infraestrutura científica atua como um “instrumento de focalização” e como uma “antena” para identificar oportunidades tecnológicas e para constituir a capacidade de absorção do país. [...]. Em outras palavras, a infraestrutura científica em países em desenvolvimento deve contribuir para vincular o país aos fluxos científicos e tecnológicos internacionais (ALBUQUERQUE *et al.* 2005, p. 621).

Assim, a ciência é, em primeiro lugar, uma ferramenta que permite que esses países imitem e absorvam a tecnologia existente no mundo, um processo do qual os estágios iniciais de desenvolvimento são altamente dependentes. Cimoli e Dosi (1995, p. 258–259) apontam que a combinação entre aquisição de tecnologia e aprendizado e a sequência que vai da cópia à criatividade são dois lados do mesmo processo. Dessa forma, o desenvolvimento depende da “capacidade de absorção” desses países e de suas empresas, já que o investimento em pesquisa é importante para elas também, conforme discutido na seção anterior. Essa capacidade, por sua vez, depende de um certo nível de capacidade científica, que permite o processo de aprendizado e de difusão de tecnologias, cada vez mais sofisticadas e baseadas em ciência. Assim, a ciência atua integrando SNI com os fluxos de conhecimento

estrangeiro e criando essa capacidade de absorção, algo central num contexto de emergência de uma economia “baseada em conhecimento”.

Outro papel da ciência em países menos desenvolvidos é seu funcionamento como um dispositivo de foco, uma “antena” para a criação de conexões com fontes internacionais de tecnologia e para o discernimento entre quais setores industriais chave deve-se focar a pesquisa. Essa mesma ciência, provida pelo investimento público, também reduz o custo de entrada nesses setores chave (PEREZ, SOETE, 1988).

Nesse sentido, ao atuar como uma antena, a ciência serviria tanto para apontar as “janelas de oportunidade” que o país deve aproveitar, pensando sempre no contexto nacional, como para informar quando isso não for possível, pois a “busca cega” pode ser um desperdício dos recursos escassos desse país. Dessa forma, se por um lado, para ser capaz de apontar essas oportunidades, a produção científica deve estar espalhada pelos diversos campos do conhecimento, por outro, os recursos científicos devem se concentrar em disciplinas com um maior impacto nos setores industriais. As principais razões para essa concentração são a escassez de recursos nos estágios iniciais do processo e a necessidade que o desenvolvimento industrial tem do conhecimento fornecido pela infraestrutura científica (ALBUQUERQUE, 2001 [a]).

A interação entre ciência e tecnologia na periferia indica que, desde o início de um processo de recuperação, investimentos devem ser feitos na infraestrutura científica. [...] A ciência não é uma consequência simples do desenvolvimento industrial e tecnológico inicial. Não é uma "consequência natural" desse processo. Pelo contrário, um certo nível de capacidade científica é uma pré-condição. À medida que esse desenvolvimento é bem-sucedido, ele muda e atualiza dinamicamente o papel da Ciência e sua interação com a tecnologia. (ALBUQUERQUE, 2001 [a], p. 548, tradução nossa).

Tem-se ainda outras relações causais entre conhecimento e crescimento, como, por exemplo, as melhorias em saúde e em técnicas agrícolas causadas pelo avanço da ciência, que por sua vez, geram mais crescimento econômico. Essas áreas devem receber um investimento nacional dadas as especificidades das condições socioeconômicas e de saúde dos habitantes, da demografia e das condições ambientais do território.

Comparando essas ideias com as experiências dos países em *catching up*, Albuquerque *et al.* (2005) contrasta os casos da Coreia do Sul e de Taiwan com

os casos do Brasil e do México. Eles perceberam que aqueles eram menos desenvolvidos que estes até o início da década de 1970, mas os ultrapassaram e alcançaram os países desenvolvidos ainda na década de 1990. Eles também notaram que, nesses países asiáticos, os desenvolvimentos da ciência e da tecnologia foram mutuamente reforçados e não houve uma espera do fim do processo de desenvolvimento econômico para se investir em ciência. Pelo contrário, foram aplicados recursos nessa área desde os estágios iniciais do processo de *catch up*.

A partir de uma análise profunda do *catching up* coreano e taiwanês, Albuquerque (2001 [a]) listou cinco fatos estilizados sobre esse processo. O primeiro é a alta correlação entre o crescimento científico e a produção tecnológica, já que se verificou um crescimento conjunto da renda *per capita*, do número de patentes e das publicações científicas. Isso aponta para uma forte interação entre instituições de pesquisa e empresas, envolvendo mecanismos de auto reforço e duplo *feedback*. O segundo seria os altos indicadores de aproveitamento de oportunidades nas interações entre a produção científica e a tecnologia industrial. Isso é demonstrado pela razão entre a performance relativa do país em produção tecnológica em relação ao mundo sobre a performance relativa em produção científica. Essa proporção é uma pista que indica o quão bem esses dois elementos do SNI estão se relacionando (ALBUQUERQUE, 2001 [a], p. 555).

O terceiro fato estilizado é a alta concentração em disciplinas científicas, em algumas áreas, algo comum aos dois países, que também apresentaram uma vantagem comparativa concentrada em um conjunto restrito de disciplinas. Relacionado a este, o quarto fato é o aumento da concentração em disciplinas científicas durante o *catching up*. Esse aumento provavelmente se deve a uma alocação mais eficientes dos recursos para o desenvolvimento científico, ou seja, um foco em disciplinas chave para o desenvolvimento industrial. Por fim, o quinto fato estilizado é a redução da concentração em classes de patente durante o *catching up*, já que, durante o mesmo período, a concentração das patentes coreanas e taiwanesas se reduziu. Isso é coerente se pensarmos que a concentração da produção científica ocorreu em áreas com um impacto maior na geração de tecnologias, como principalmente engenharia e química, mas também ciências da computação e de materiais, matemática e física.

Por outro lado, países com SNI imaturos, como o Brasil, o México e a Índia, têm uma baixa concentração da produção científica, um baixo indicador de aproveitamento das oportunidades, e uma correlação mais baixa entre produção científica e tecnológica. Além disso, a Coreia do Sul e Taiwan, graças à centralização dos recursos, apresentam uma vantagem comparativa na produção científica em áreas baseadas na indústria, como computação, engenharia, ciência de materiais, etc., enquanto que a produção científica brasileira, mexicana e indiana ainda é dispersa por áreas pouco relacionadas. (ALBUQUERQUE, 2001 [a], p. 560-561).

Essas descobertas sugerem que pode haver uma combinação entre dispersão e concentração entre disciplinas científicas. A dispersão é necessária para que o país possa acompanhar e monitorar os desenvolvimentos em uma ampla gama de disciplinas, para que a ciência atue como “antena”. Já a concentração é importante pois os recursos são limitados e deve-se priorizar áreas relacionadas às necessidades industriais, promovendo um conhecimento público das capacidades científicas. Além disso, há uma correlação estatística de causalidade entre esses dois caminhos: a produção científica coreana e taiwanesa causou a produção tecnológica e vice-versa. O Brasil, por outro lado, focou apenas na dispersão da produção científica entre as áreas do conhecimento e houve apenas uma relação de causalidade indo da produção científica para a tecnológica (RAPINI, 2000). Isso pode servir como uma primeira evidência que explica a correlação menor entre ciência e tecnologia no caso brasileiro.

Apesar disso, esses casos podem servir de lição para o Brasil, mas é preciso adaptar as políticas e os processos para um cenário diferente, marcado por novas revoluções tecnológicas e, portanto, por diferentes pré-condições para o processo de *catch up*. Nesse sentido, estamos passando por uma “janela de oportunidade” (PEREZ; SOETE, 1988), fruto da emergência de diversas novas GPTs, que podem ser aproveitadas pelo processo brasileiro. Nesse sentido, os dois autores brasileiros resumem a lição a ser aprendida: “Ciência não é um “luxo” para países menos desenvolvidos, mas uma importante pré-condição para o desenvolvimento econômico contemporâneo” (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003, tradução nossa).

2.6 Os regimes de interação entre C&T e as barreiras que os dividem

Como vimos na seção anterior, um processo de *catch up* bem-sucedido tem como pilar o desenvolvimento científico e tecnológico, bem como as interações e os feedbacks mútuos entre a produção de ciência e a produção de tecnologia. Nesse contexto se encaixam as contribuições do economista brasileiro Eduardo Albuquerque, que desenvolveu, junto a outros especialistas, pesquisas importantes que levaram à uma nova tipologia de sistemas de inovação, feita a partir de elementos quantitativos. Seu objetivo principal era entender como essa interação positiva entre ciência e tecnologia é *desencadeada*. Nesse sentido, seu primeiro artigo contendo essa nova tipologia foi publicado em 2003 (BERNARDES, ALBUQUERQUE, 2003), tendo sido atualizado em 2006 e 2020 (RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.* 2020). Essa seção irá expor resumidamente sua metodologia, seus resultados e suas conclusões.

2.6.1 Descrição dos dados e metodologia

A partir de três fatos estilizados¹⁵, foi desenvolvida a tipologia dos sistemas de inovação, com um objetivo de avaliar a posição desses sistemas no contexto internacional, mediante estatísticas de ciência e de tecnologia, e de acompanhar suas trajetórias intertemporais. Além disso, esse agrupamento também permitiria uma avaliação do movimento da divisão centro periferia (CHAVES *et al.* 2020).

Essa tipologia foi construída a partir de três variáveis de pelo menos 120 países diferentes para os anos de 1974, 1982, 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014. Primeiramente, a produção científica (A*) foi medida em artigos indexados por milhão de habitantes, a partir de dados do *Science Citation Index Expanded* (SCIE) do *Institute of Science Information* (ISI), que reúne publicações de artigos em todas as disciplinas da ciência e da tecnologia que possuem uma relação direta com o processo de desenvolvimento econômico. Já a produção tecnológica (P*) foi medida

¹⁵ Bernardes e Albuquerque (2003) destacam três fatos estilizados sobre o background teórico da tipologia que eles desenvolveram, um background similar à revisão da literatura apresentada até aqui. Em primeiro lugar, países desenvolvidos têm SNIs desenvolvidos, ou seja, possuem fortes capacidades científicas e tecnológicas e há interações e *feedbacks* mútuos entre as duas dimensões. Em segundo lugar, o papel da ciência durante o processo de *catch up* é crucial e possui duas faces: ser uma fonte de capacidade absorptiva e ser um provedor de conhecimento público para o setor produtivo. Em terceiro lugar, países menos desenvolvidos ficam presos em uma “armadilha da renda média” devido, entre outros fatores, aos baixos níveis de produção científica.

em patentes depositadas por milhão de habitantes, por meio dos dados disponibilizados pelo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), que indicam o número de patentes concedidas por país do inventor. Por fim, o desenvolvimento econômico (GDP) foi medido pelo Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* em paridade de poder de compra (PPP) por dólares constantes internacionais de 2011, por meio dos dados do Banco Mundial¹⁶. Para agrupar os sistemas de inovação a partir dos dados da produção científica e tecnologia foi utilizada a técnica superparamagnética, que agregou conjuntos de países com características quantitativas a respeito do sistema de inovação similares, mediante as variáveis já descritas (RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.* 2020)¹⁷.

Esse agrupamento em regimes de desenvolvimento descreve a relação e as interações entre ciência, tecnologia e crescimento econômico de cada país. Dessa forma, é uma simplificação da complexas e multifatoriais conexões, interações e cadeias que constituem o processo de desenvolvimento econômico. Apesar disso, é uma tipologia que permite a organização dos dados de forma simples, diferenciando quantitativamente os países produtores de ciência e tecnologia daqueles que não são.

2.6.2 Resultados importantes e conclusões

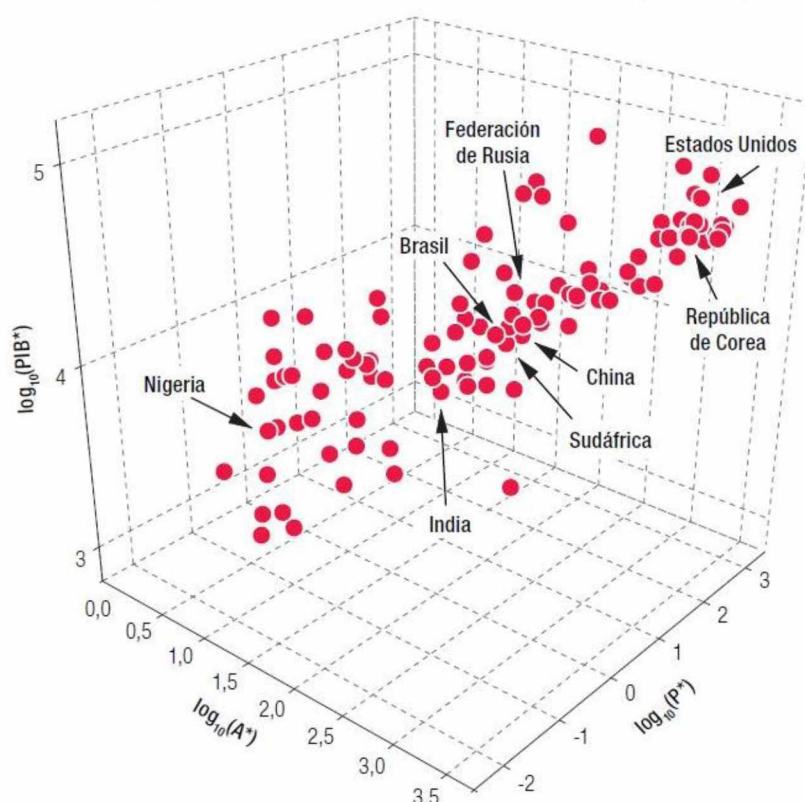
O primeiro resultado importante é ilustrado pelo Gráfico 1, que mostra os dados dos 111 países que possuíam ao menos uma patente concedida pela USTPO e um artigo publicado pelo SCIE em 2014. Ele mostra uma correlação entre ciência, tecnologia e riqueza das nações. Fica claro no gráfico que quanto mais desenvolvido é um país, mais artigos e patentes ele produz e vice-versa, o que indica uma

¹⁶ Os autores têm consciência das limitações do uso de apenas indicadores de ciência, tecnologia e renda per capita para mensurar o nível de desenvolvimento de um país. Porém, eles explicam que esses indicadores podem nos informar se as condições internas de uma nação estão adequadas ao aprimoramento das condições de vida de sua população. Dessa forma, as estatísticas de ciência (artigos científicos) e de tecnologia (patentes) representam a ponta do iceberg das capacidades científicas e tecnológicas de um país. Em outras palavras, o desempenho da ciência reflete uma cadeia de fatores: a existência de instituições de pesquisa e universidades, e o apoio financeiro que elas recebem, que, por sua vez, dependem de um sistema de educação que forme estudantes qualificados, que, por sua vez, depende de condições básicas de qualidade de vida, relacionadas ao desempenho das políticas de bem-estar social. Por isso, os indicadores utilizados devem ser interpretados a partir desse diálogo existente entre as capacidades sociais e os sistemas de inovação (CHAVES *et al.*, 2020).

¹⁷ A metodologia aplicada foi baseada nas generalizações do modelo de Domany (1999), utilizadas originalmente para simulação de modelos magnéticos na física por meio do programa desenvolvido por ele chamado de *Superparamagnetic Clustering* (SPC).

correlação positiva entre essas variáveis. Exemplos do centro do sistema capitalista no gráfico são os Estados Unidos e a Coreia do Sul. Já a periferia se divide em dois grupos: um formado por países como a Nigéria, mais atrasados; o outro, por países como o Brasil, a Índia, a China, a África do Sul e a Rússia, que têm um nível de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico intermediário.

Gráfico 1: Artigos, patentes e PIB per capita de 111 países no ano de 2014 (por milhão de habitantes, em PPC por dólares constantes internacionais de 2011, em escala logarítmica)

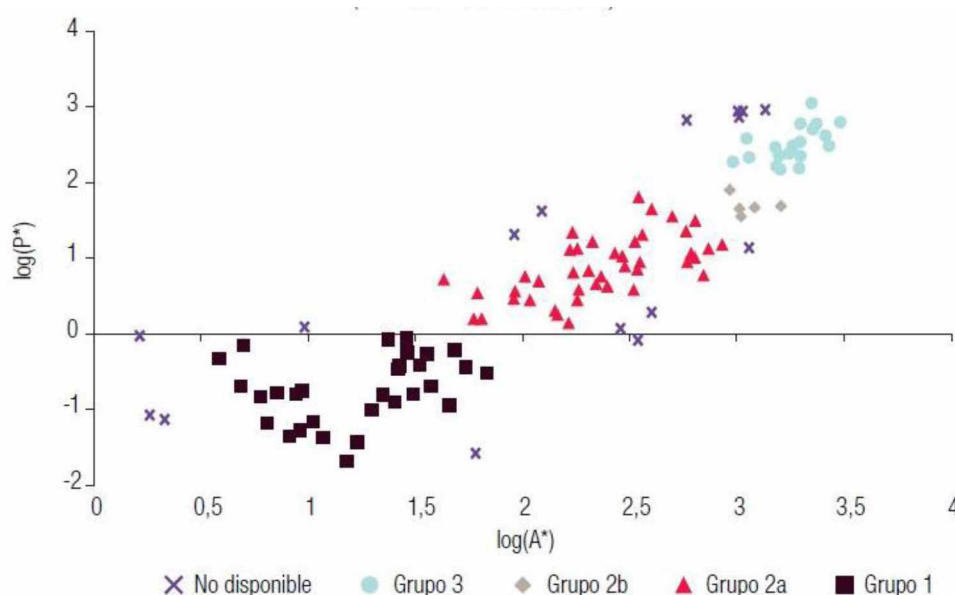


Fonte: CHAVES *et al.*, 2020, p. 53.

O segundo resultado importante foi o agrupamento dos países em três regimes de interação do sistema nacional de inovação, conforme o Gráfico 2 nos mostra. Os países do regime III são aqueles onde as produções científica e tecnológica são mais volumosas e as interações entre elas são mais estruturadas e sofisticadas, permitindo um *feedback* mútuo entre as duas e uma alta conversão de ciência em tecnologia. O regime II é formado pelos países em uma posição intermediária, com uma produção científica e tecnológica menor e menos sofisticada. Nesse regime há produção de artigos e de patentes, mas conexões entre os agentes são fracas, o que faz com que a conversão da primeira na segunda seja baixa. Dessa forma, a produção científica pode determinar alguma produção

tecnológica, mas não a ponto de viabilizar um efeito retroalimentador. Por fim, os países do regime I são aqueles mais pobres e menos avançados científica e tecnologicamente. Nesse regime, ambas as produções são baixas e não há correlação entre as variáveis, caracterizando um sistema imaturo em que os agentes são inexistentes ou muito fracos. Há ainda uma divisão entre os países do regime II: subgrupo A é composto por países que estão em uma etapa de desenvolvimento intermediário e não mais no regime I, dentre eles o Brasil; o subgrupo B é composto por cinco países que até 2012 estavam no regime III mas caíram para o regime II (República Tcheca, Eslovênia, Espanha, Estônia e Itália). O Quadro 1 com o nome dos países em cada regime se encontra no Anexo desse trabalho.

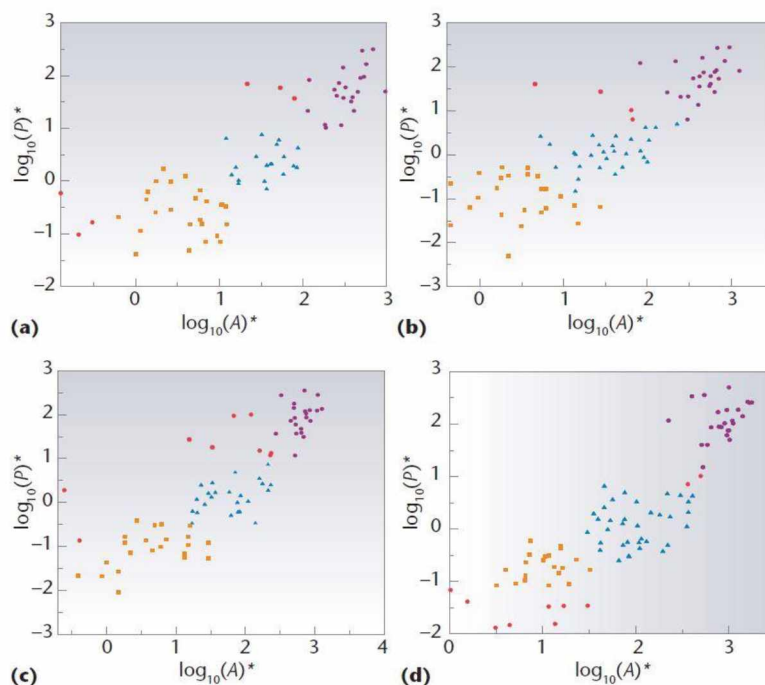
Gráfico 2: Técnica de agrupamento superparamagnética: Artigos e patentes per capita em 111 países para o ano de 2014 (em escala logarítmica)



Fonte: CHAVES *et al.*, 2020, p. 54.

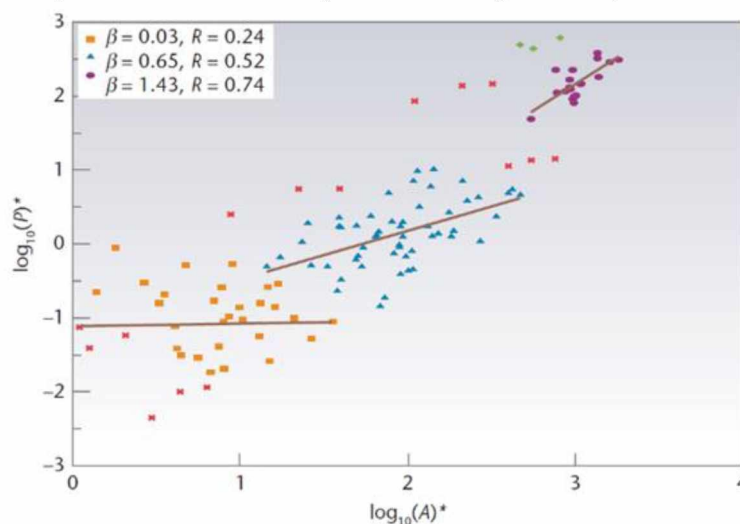
Esse resultado é semelhante àqueles encontrados por Bernardes e Albuquerque (2003) para os anos de 1974, 1982, 1990 e 1998, e por Ribeiro *et al.* (2006) para o ano de 2003, artigos que serviram de base para Chaves *et al.* (2020). Os gráficos 3 e 4 incluem todos os países com pelo menos uma patente concedida pela USTPO e um artigo publicado pelo SCIE nos períodos de referência. Eles ilustram essa mesma divisão dos países entre regimes de interação a partir dos dados de produção científica para esses períodos, a partir do agrupamento dos países pela técnica superparamagnética.

Gráfico 3: Técnica de agrupamento superparamagnética - Artigos e patentes per capita (em escala logarítmica) de 183 países para os anos de 1974 (a), 1982 (b), 1990 (c) e 1998 (d)



Fonte: RIBEIRO *et al.*, 2006, p. 85.

Gráfico 4: Técnica de agrupamento superparamagnética - Artigos e patentes per capita em 85 países para o ano de 2003 (em escala logarítmica)



Fonte: RIBEIRO *et al.*, 2006, p. 84.

É possível ver nos gráficos 2, 3 e 4, ou seja, em todos os períodos entre 1974 e 2014, que, quanto mais atrasado o regime de interação, maior é a dispersão entre os países. Isso é resultado da dinâmica das revoluções tecnológicas, que se propagam de forma desigual no mundo capitalista. Além disso, quanto mais

desenvolvido é o regime, maior a correlação entre a produção científica e tecnológica. Isso indica que os países desenvolvidos são mais eficientes em transformar sua produção científica em produção tecnológica. O modelo sugere que, à medida que os regimes mudam, o número de canais de interação entre infraestrutura científica, produção tecnológica e crescimento econômico também mudam. Dessa forma, quando o país evolui, mais conexões são criadas e mais interações acontecem, bem como maior é o papel da ciência e da tecnologia no desenvolvimento econômico e menor é o papel dos outros fatores.

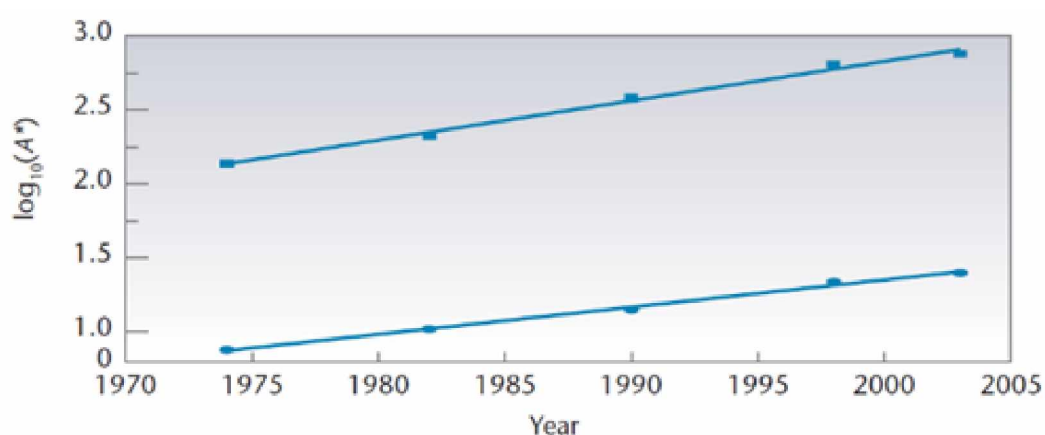
Ademais, a medida em que os anos passam, nota-se que o número de países nos regimes I e II aumentam. Outro ponto importante é que à medida em que países passam do Regime I para o III, a média de todos os indicadores aumenta (produção científica, produção tecnológica e renda) e a proporção entre A^*/P^* diminui com o aumento da produção científica:

À medida que a produção científica cresce, aumenta a capacidade do setor tecnológico de utilizar esse conhecimento, tornando-se mais eficiente na transformação de informações científicas em produtos tecnológicos [...] provavelmente isso significa que no "regime III" há mais conexões "ativadas" e mais interações funcionando. Provavelmente, feedbacks mútuos e ciclos virtuosos estão funcionando [...]. À medida que o nível de renda diminui, a eficiência da transformação da produção científica em produto tecnológico também diminui (a proporção A^*/P^* aumenta). Em outras palavras, provavelmente há menos conexões e interações mais fracas, elos causais unidirecionais, abrindo espaço para armadilhas de baixo crescimento: os casos dos "regimes I e II" ocorrem. (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003, tradução nossa).

O terceiro resultado importante foi que, a partir de métodos estatísticos de regressão linear, pode-se definir os níveis limiares para a transição entre os regimes. O limite entre o regime II e o regime III pode ser considerado uma divisão quantitativa entre o centro e a periferia construída a partir dos dados de ciência e tecnologia (CHAVES *et al.*, 2020). Além disso, outro achado importante é que esses limiares não são estáticos ao longo do tempo, pelo contrário, eles crescem exponencialmente com o passar dos anos. Entre 1974 e 2014, o nível limiar entre o regime II e o regime III cresceu a uma taxa de 6,6% ao ano em termos de produção científica, alcançando, no último ano desse período, um nível de aproximadamente mil artigos por milhão de habitantes. O nível limiar entre o regime I e o regime II

creceu a uma taxa de 4,2% ao ano (CHAVES *et al.*, 2020, p. 57)¹⁸. Isso pode ser interpretado como um sinal do papel crescente da ciência em novos paradigmas tecnológicos, dando suporte empírico à sugestão de Dosi (1998, p. 1136). Ademais, também indica o aumento intertemporal do peso da infraestrutura científica como uma pré-condição para o começo de um processo de *catch up*. O Gráfico 9 ilustra o crescimento exponencial dos níveis limiares entre os regimes II e III (quadrados) e entre os regimes I e II (círculos).

Gráfico 5: Trajetórias dos níveis limiares de produção científica entre 1974 e 2003 (em escala logarítmica)

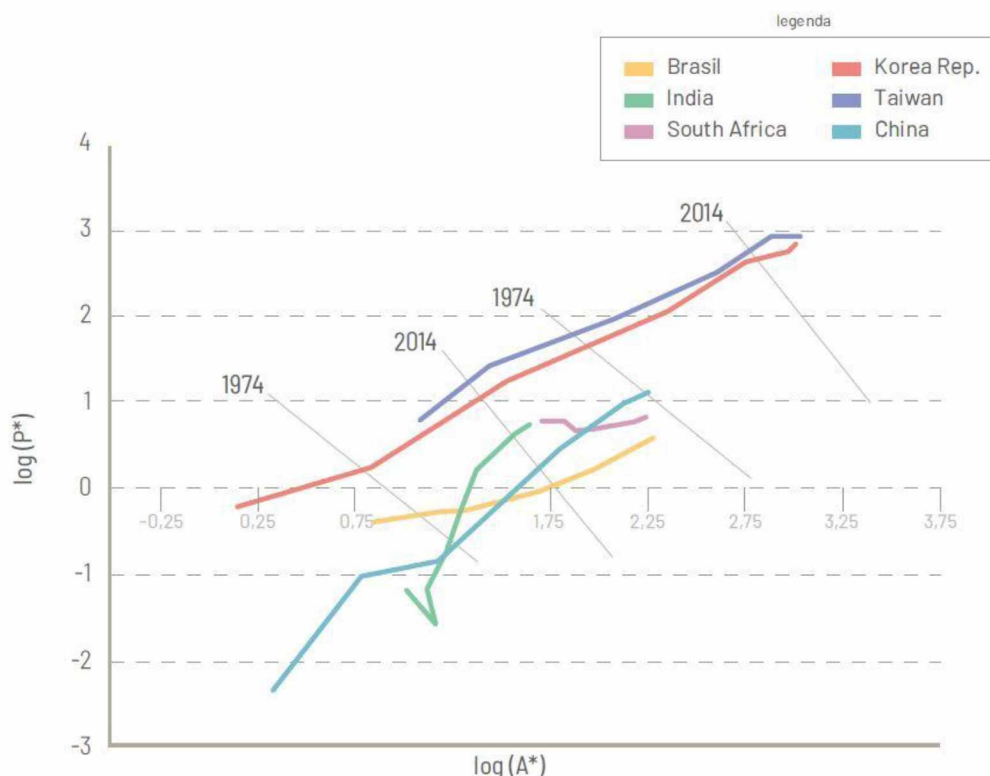


Fonte: RIBEIRO *et al.*, 2006, p. 85.

Dessa forma, o desafio de se realizar esse processo é cada vez mais complexo com a sucessão das revoluções tecnológicas. Esse modelo ilustra os processos de convergência, traduzidos aqui como a capacidade de ultrapassar o limite entre os regimes II e III. Tanto a Coreia do Sul como Taiwan conseguiram realizar esse feito e se encontram no regime III desde 1998, conforme ilustra o Gráfico 6. Mais que isso, estão numa posição especial próximos aos Estados Unidos e ao Japão, com os níveis mais elevados de produção tecnológica, graças à preservação da capacidade de absorção tecnológica. A China também tem uma trajetória bem-sucedida, replicando, nesse século, a impressionante trajetória sul-coreana e taiwanesa.

¹⁸ Vale lembrar que as barreiras entre os estágios de desenvolvimento já haviam sido identificadas por Bernardes e Albuquerque (2003) e Ribeiro *et al.* (2006), que também apontaram que ela muda com o passar do tempo. A título de exemplo do seu comportamento crescente, o nível limiar identificado para o ano de 1998 foi de 150 artigos por milhão de habitantes.

Gráfico 6: A movimentação do nível limiar de produção científica entre os regimes II e III e as trajetórias intertemporais dos países (1974-2014)



Fonte: CHAVES *et al.*, 2020, p. 57.

O Gráfico 6 também expõe as trajetórias do Brasil, México, África do Sul e Índia. Apesar do crescimento de suas produções científicas e tecnológicas, eles não foram capazes de adentrar no regime III, ou seja, não foram bem-sucedidos no processo de *catch up*. Essa estagnação relativa pode ser explicada com uma analogia ao efeito da Rainha Vermelha.

O efeito da Rainha Vermelha é princípio evolutivo geral, formulado pelo biólogo Leigh Van Valen (1973), que explica o quão rápido uma máquina evolucionária deve operar para que uma espécie se mantenha competitiva em sua capacidade de sobrevivência. Similarmente, firmas e países devem operar tão rápido quanto seus competidores para manter sua posição na arena econômica e, se quiserem avançar de posição, devem operar mais rápido que eles. A diferença é que, enquanto na natureza, a evolução opera cega e aleatoriamente, no cenário econômico, empresas e nações podem aumentar suas capacidades imitando as estratégias bem-sucedidas ou inovando.

O Brasil, assim como a Índia, o México e a África do Sul, estão enquadrados no regime de interação II e seguem um curso da rainha vermelha, em que eles correm rumo aos países do regime III, mas não rápido suficiente para

melhorar suas posições de maneira significativa. Isso é demonstrado pelo fato de que a nação brasileira, por exemplo, está no segundo regime desde 1974. Ribeiro *et al.* (2006) explicam que esse efeito é comum aos países com grande desigualdade social e déficits como a falta de investimento em educação, pobreza, etc. Por isso, segundo eles, essa situação exige uma política ainda mais agressiva em direção à ciência e à tecnologia, pois a energia gasta até agora apenas nos manteve no mesmo lugar. Mantendo o mesmo ritmo de crescimento do período de 1974 a 2003, eles projetam que o Brasil atingiria o terceiro regime de SNI apenas em 2144 (RIBEIRO *et al.*, 2006, p. 86).

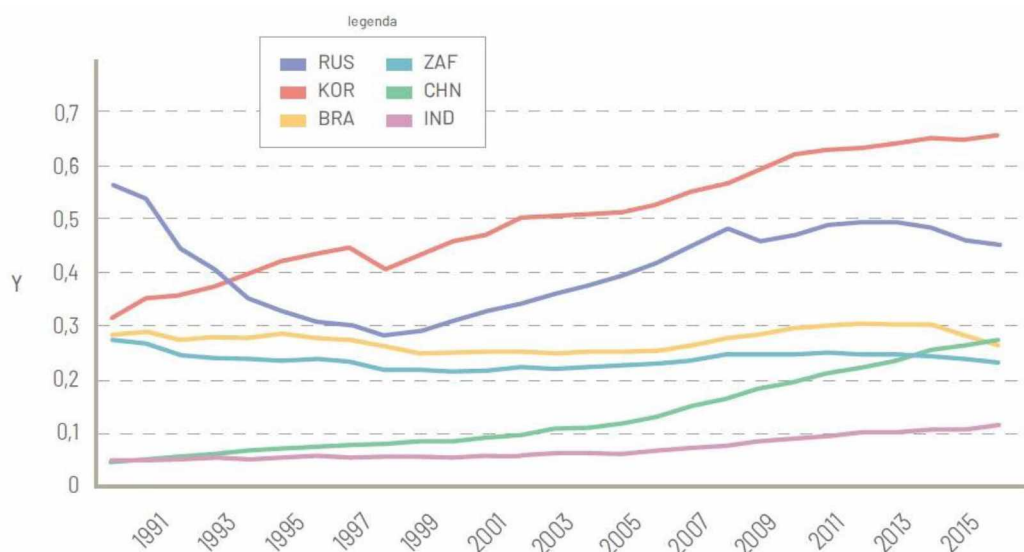
Chaves *et al.* (2020) também dedicam uma atenção especial a esses casos. Para eles, a estagnação observada está relacionada à ausência de transformações estruturais das indústrias nacionais, bem como à “armadilha da renda média”. Isso porque os processos de *catch up* bem-sucedidos, como o sul coreano e o taiwanês, apontam que, para alcançar esse resultado, o SNI deve guiar à estrutura industrial para setores de alta tecnologia, ou seja, para os setores econômicos que mais tiram proveito das revoluções tecnológicas. Nos países que conseguiram transicionar de regime, houve uma reorientação da política industrial de forma a privilegiar os setores baseados em novas tecnologias e a incentivar as atividades de P&D. Esse direcionamento foi feito visando a inovação, já que esses setores possuem uma velocidade maior de transformação tecnológica, e teve como resultado um crescimento acelerado na renda desses países, bem como na produção científica e tecnológica, como demonstra o Gráfico 6.

A trajetória do Brasil, por exemplo, mostra sua passagem do regime 1 para o regime 2 entre 1974 e 1982. No entanto, o país permaneceu no regime 2 ao longo de 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014. Em 2014, aproximou-se do limiar de 1974 para a passagem do regime 2 para o regime 3. No entanto, as condições para ingressar no regime 3 foram atendidas com um atraso de 40 anos. Os requisitos científicos e tecnológicos para entrar no Regime 3 em 2014 são muito maiores do que em 1974. Esse resultado não se aplica apenas ao Brasil, mas também à Índia e à África do Sul (o chamado "efeito Rainha Vermelha"): esses países aumentam sua produção científica e tecnológica, mas não rápido o suficiente para sair do regime 2 e passar para o regime 3. [...]. Assumindo a preservação da velocidade de expansão da produção científica e tecnológica dos países entre 1974 e 2014 e a velocidade de movimento dos limiares (ambas as premissas são extremamente restritivas), o Brasil estaria em posição de entrar no regime 3 em 2144, se a taxa média de crescimento de 8,6% ao ano for mantida (de 1974 a 2014). A África do Sul, cuja taxa de crescimento é de 2,8% ao ano, poderia regredir para o regime 1

em 2044. A Índia, com uma taxa de crescimento de 3,4% ao ano, tenderia a permanecer no regime 2. No gráfico 3, A China inicia sua trajetória em 1982 no regime 1, passa para o regime 2 em 2006 e se juntaria ao grupo de países pertencentes ao regime 3 em 2050, já que sua taxa de crescimento é de 15% ao ano. Embora sejam exercícios puramente especulativos, eles servem pelo menos para expressar preocupação com a manutenção de políticas incapazes de implementar processos de convergência (CHAVES *et al.*, 2020, p. 57-58, tradução nossa).

Em outras palavras, o *catch up* tem suas pré-condições transformadas com o passar do tempo, devido às dinâmicas tecnológicas. Dessa forma, mesmo que países de renda média, como o Brasil, o México, a Argentina e a África do Sul, venham aumentando suas respectivas produções científicas há décadas, as posições tecnológicas deles em relação ao resto do mundo se mantêm relativamente estagnadas. Nesse sentido, é possível relacionar o efeito da rainha Vermelha à conhecida armadilha da renda média. A partir da análise do Gráfico 6 em paralelo com o Gráfico 7, pode-se articular esses dois fenômenos à medida em que há uma correspondência entre os países estagnados na produção de ciência e tecnologia e os que entraram na armadilha da renda média. No caso brasileiro, entre os anos de 1990 e 2016, o hiato entre seu PIB per capita e o dos Estados Unidos foi reduzido apenas de 27,9% para 26,3%. Isso sugere que o problema é estrutural e que as políticas de curto prazo, que ocorrem desde a década de 1990, fracassaram na superação da armadilha da renda média (ALBUQUERQUE, 2018, p. 411-12).

Gráfico 7: Hiato entre o PIB per capita de países selecionados e o dos Estados Unidos (Y) em PPC por dólares internacionais constantes de 2011 ao longo dos anos de 1990 a 2016



Fonte: ALBUQUERQUE, 2018, p. 412.

Em resumo, essas pesquisas mostram uma forte correlação entre essa produção e o nível de renda per capita de um país. Elas também apontam para existência de um nível limiar de produção científica para além do qual o uso setorial tecnológico eficiente dos resultados científicos aumenta. A interação entre ciência e tecnologia parece operar de forma mais completa em países acima desse limite, mas abaixo dele, a falta de uma massa crítica na infraestrutura científica enfraquece (ou mesmo bloqueia) a transferência de conhecimento entre ciência e tecnologia que finalmente empurra o crescimento econômico (BERNARDES, ALBUQUERQUE, 2003, p. 882). Dessa forma, os autores defendem a necessidade dos países em *catching up* de alcançar uma certa “massa crítica” na produção científica, a fim de passar para um estágio superior de interação entre a dimensão científica e a tecnológica (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005, p. 622).

Bernardes e Albuquerque (2003) tratam ainda das implicações desses resultados para a formulação de políticas públicas. Deve-se, primeiramente, evitar modelos linear e linear invertido. Um modelo que considera a complexa e sofisticada interação entre ciência, tecnologia e renda explica melhor o processo de desenvolvimento, sendo que o subdesenvolvimento pode ser reinterpretado como uma condição em que essa interação é ausente. Esses artigos investigaram o papel das instituições científicas na catalisação dessa interação, ciente de que um crescimento da produção científica não leva automaticamente à produção

tecnológica. Entretanto, parece que, se não se atinge esse nível limiar, não há nenhuma ou apenas fracas interações, e a armadilha da renda média pode prevalecer.

Por isso, outras políticas públicas são importantes, especialmente uma política industrial, crucial para o surgimento e para a melhoria das interações entre ciência e tecnologia, além de servir de guia para políticas científicas, indicando quais disciplinas são mais importantes para o desenvolvimento industrial. Assim, a formação de um SNI é uma pré-condição para o desenvolvimento, e a construção institucional científica, uma parte desse sistema, deve ser parte do esforço governamental desde o princípio. Em outras palavras, investimentos na construção institucional científica são necessários para se escapar da armadilha da renda média¹⁹. Além disso, essa construção implica também em investimentos sociais, especialmente na educação.

Por fim, de acordo com Albuquerque (2011, p. 563), deve-se ter em mente que somente a infraestrutura científica não é capaz de garantir esse *feedback* mútuo e positivo entre a ciência e a tecnologia. Há, portanto, outras pré-condições: um nível limiar de renda per capita a ser atingido; um centro nível de articulação com os fluxos comerciais, tecnológicos e científicos globais; um conjunto de firmas ativas e estabelecidas, com uma capacidade de absorção de tecnologia estrangeira e de interação com as instituições de pesquisa nacionais; políticas e instituições públicas para guiar esse processo; a capacidade de instituições científicas de agir como dispositivos de foco em relação às pesquisas internacionais; e instituições educacionais. É possível identificar a presença desses itens na Coreia do Sul e do Taiwan e a ausência de alguns deles nos países com um SNI imaturo. Ademais, além da necessidade dessas pré-condições, deve-se ter em mente que:

[...] o conteúdo científico da tecnologia industrial é maior agora do que era no início dos anos 80, portanto, as contribuições da infraestrutura científica podem ser maiores agora do que durante os

¹⁹ Três elementos são sugeridos pelos autores para países no Regime II. Em primeiro lugar, quantitativamente, é necessário alocar mais recursos em instituições científicas, permitindo que elas cheguem nas vizinhanças do nível limiar. Em segundo lugar, qualitativamente, é útil focar em disciplinas chave mais relacionadas às prioridades nacionais e às necessidades industriais, aumentando e concentrando a produção científica durante o processo de catch up. Em terceiro lugar, uma articulação entre ciência e tecnologia deve seguir pelos dois caminhos, com instituições científicas ajudando na formulação de uma política industrial enquanto dispositivos de foco, e com a política industrial ajudando a transformar o conhecimento científico nacional e estrangeiro em novas firmas e produtos (BERNARDES, ALBUQUERQUE, 2003, p. 883).

processos de *catching up* sul coreano e taiwanês. (ALBUQUERQUE, 2001 [a], p. 564, tradução nossa).

2.7 O caso do Brasil e de Minas Gerais

Conforme explicado na seção anterior, o Brasil está preso na “armadilha da renda média”, já que se encontra estagnado no mesmo nível de renda per capita (em relação à renda norte-americana) ao longo das últimas décadas, conforme ilustram os Gráficos 7 e 8. É interessante notar que, desde 1980, essa lacuna vem se ampliando ainda mais. Também já foi apontado que um dos principais motivos para essa realidade é a estagnação relativa das produções científicas e tecnológicas brasileiras, somado ao fato de que o sistema de inovação brasileiro é imaturo, se enquadrando no segundo regime de interação, no qual a ciência não é transformada em tecnologia e não há um processo de *feedback* mútuo que leve ao desenvolvimento econômico.

Gráfico 8: Hiato entre o PIB per capita do Brasil e dos Estados Unidos (Y) ao longo dos anos 1870-2008 (medido em International Geary-Khamis dollars referentes ao ano de 1990).



Fonte: ALBUQUERQUE, 2018, p. 411.

Para explicar melhor os motivos da estagnação científica, tecnologia e econômica brasileira, essa seção irá expor o que a literatura recente tem a dizer sobre o nosso país. Começando por dois pontos já tratados nas sessões anteriores, um primeiro motivo seria o foco somente na dispersão da produção científica entre as áreas do conhecimento, ou seja, não houve um direcionamento da pesquisa científica brasileira pra áreas de maior impacto econômico direto (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003). Um segundo, seria que a produção científica brasileira ainda não conseguiu acumular massa crítica suficiente para influenciar de forma

decisiva a produção tecnológica, uma pré-condição para a transição para um estágio superior de interação ciência e tecnologia (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005, p. 622). A combinação dessa produção científica escassa com a desconexão entre ela e as inovações tecnológicas pode estar por trás da incapacidade de o Brasil entrar em um processo de *catch up*.

Em um artigo dedicado à análise das produções científicas e tecnológicas das metrópoles brasileiras, Albuquerque (2005) aponta que, no ano de 2001, o Brasil produziu 1,4% da ciência mundial e 0,1% da tecnologia mundial, considerando as participações relativas da produção nacional no total mundial de artigos científicos indexados no ISI e de patentes depositadas no USPTO. Essa comparação elementar entre dados relativos à dimensão científica e tecnológica sugere que o Brasil pode estar desperdiçando oportunidades tecnológicas geradas pela presente acumulação científica nacional. O setor produtivo parece não utilizar de forma intensiva os conhecimentos disponibilizados pela infraestrutura científica existente no país.

Apesar de haver uma disparidade entre a participação relativa do Brasil na ciência e sua participação na produção de tecnologia, devemos ter em mente que ainda é pequena sua contribuição na produção científica mundial. Como exemplo, a participação relativa na ciência contrasta com a participação relativa do PIB brasileiro, que representou 2,53% do Produto Mundial Bruto em 1999. Outro fato que merece atenção é que, no ano de 1998, o Brasil produziu 63 artigos por milhão de habitantes, enquanto o limiar²⁰ para uma interação positiva entre ciência e tecnologia, característica do regime III, encontrava-se em 163 artigos por milhão de habitantes.

Vale lembrar que, por outro lado, conforme a literatura sobre o SNI nos apresenta, há também um papel decisivo do setor produtivo em relação a ciência:

[...] o maior envolvimento do setor produtivo com atividades inovadoras também é importante para o crescimento da própria atividade científica, pois o setor produtivo é uma importante fonte de questões, problemas e perguntas que alimentam a infraestrutura científica em sistemas de inovação mais completos e articulados. Além disso, um maior envolvimento do setor produtivo em atividades

²⁰ Os níveis limiares para a transição entre os regimes de interação dos SNIs foram definidos a partir da seguinte constatação: a produção científica de um país não se converte em produção tecnológica de modo eficiente se a primeira não atingir um determinado volume crítico. Esse limiar é uma pré-condição para o desencadeamento de uma interação positiva entre as dimensões científicas e tecnológicas de um sistema de inovação (CHAVES *et al.*, 2020).

inovadoras é, por certo, um requisito de qualquer política industrial voltada a ganhos sustentados de competitividade (ALBUQUERQUE, 2005 p. 617).

Nesse sentido, é importante entender a situação atual do setor produtivo brasileiro. Chaves *et al.* (2020), após uma análise dos dados de 1995 e 2014, concluíram que não houve transformação significativa na estrutura de emprego formal na indústria de transformação brasileira. A estagnação nos setores de alta tecnologia indica que o país ficou ainda mais atrasado em sua estrutura produtiva em relação aos países desenvolvidos, sendo que a participação deles nos postos de trabalho sul coreanos, por exemplo, passou de 45% para 60% entre o mesmo período (OCDE, 2015). À essa realidade, soma-se o fato de que o setor com a maior representatividade na indústria de transformação brasileira é o de baixa tecnologia. Esse é um setor com baixa margem de aproveitamento das tecnologias geradas pelas revoluções tecnológicas, por geralmente serem baseados em tecnologias mais antigas e produzirem itens com um pequeno grau de diferenciação entre si. Tudo isso nos ajuda a explicar a incapacidade brasileira de realizar o processo de *catch up* e o atraso do país tanto em termos de práticas produtivas, como em termos de internalização de setores com um maior dinamismo tecnológico.

Para que o Brasil tenha uma inserção ativa na ordem econômica internacional, transformações estruturais devem ser feitas, começando pelo arranjo institucional. A transformação desse arranjo é multidimensional, mas o papel da dimensão científica e tecnológica é central, especialmente para guiar a política industrial. Dessa forma, devemos completar a construção do nosso sistema de inovação e o ponto chave é a articulação das empresas com a infraestrutura científica²¹.

Cabe à essa infraestrutura funcionar como uma antena para a absorção das novas tecnologias geradas globalmente, especialmente agora com as emergentes revoluções tecnológicas e também fornecer soluções para problemas especificamente brasileiros. Além disso, ela também é fundamental para conectar as empresas brasileiras às redes internacionais de conhecimento e ao emergente

²¹ Essa reorientação seria importante não apenas para o desenvolvimento econômico, mas também para a redução das desigualdades sociais e regionais, para a recomposição do sistema de bem-estar social brasileiro e para o enfrentamento dos desafios impostos pela iminente crise climática. Isso seria possível graças à capacidade da ciência e da tecnologia de oferecer uma alternativa ao crescimento predatório, ou seja, sendo a origem de um crescimento baseado na inovação e fonte de desenvolvimento (ALBUQUERQUE, 2018, p. 421).

sistema internacional de inovação. Já o papel do setor privado envolve a movimentação das grandes empresas em direção a tecnologias emergentes e também à criação de novas empresas, que devem contar com financiamento público e privado nos estágios de desenvolvimento, consolidação e crescimento. Assim as firmas brasileiras dinâmicas terão condições de se tornarem transnacionais e não apenas alvos de aquisição de multinacionais estrangeiras, algo fundamental para uma inserção ativa na ordem internacional²².

Sobre o SNCTI brasileiro, Albuquerque (2001 [b], p. 22) destaca, a partir de dados estatísticos de produção econômica, científica e tecnológica, uma peculiaridade do caso brasileiro: sua dimensão continental e suas profundas desigualdades regionais. Dados referentes a 2001 apontam que cinco estados da região Sul-Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná) respondem por 71% do PIB, 86,98% da produção tecnológica, 80,94% da produção científica e 72,14% dos pesquisadores, com destaque para o estado de São Paulo.

Nesse mesmo estudo, Albuquerque (2001 [b]) mostra que, em relação ao nível limiar de produção científica que separa o regime II do regime III, em 1999, apenas o Distrito Federal ($A^* = 163,19$) tinha sido capaz de superar a barreira quantitativa de 150 artigos por milhão de habitantes, referente ao ano de 1998. Entretanto, essa informação deve ser analisada com cautela, pois o elevado nível de investimento público em educação e pesquisa no Distrito Federal pode estar gerando uma distorção dos dados, o que explicaria a inexistência de patentes depositadas no USPTO vindas de lá. Os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, apesar de estarem abaixo do nível limiar ($A^* = 129,38$ e $138,95$ respectivamente), merecem destaque por estarem mais próximos a esse limite e por possuírem os maiores níveis de patentes por milhão de habitantes ($P^* = 1,42$ e $1,08$ respectivamente). Por fim, Minas Gerais ($A^* = 63,63$ e $P^* = 0,06$) se encaixa no grupo de estados que possuem alguma patente junto ao USPTO, mas que estão distantes do nível limiar de produção científica. O estado mineiro seria um caso intermediário do regime II, encontrando-se um pouco acima da média nacional para essa produção.

22 Sobre a preocupação com a desindustrialização, nossa política industrial deve ser inteligente, avançando para novos setores ao invés de procurar restabelecer aqueles recém perdidos (ALBUQUERQUE, 2018, p. 420). Para isso ela deve ser completamente remodelada tendo em vista às atuais revoluções tecnológicas.

Apesar dessas desigualdades, Albuquerque (2001 [b], p. 24) aponta que nenhum dos estados brasileiros estão em estágio inicial do processo de *catch up*, já que todos se comportam como o conjunto do país, em que cresce a produção de artigos, mas decresce a produção de patentes. O autor conclui esse tema respondendo a seguinte pergunta:

De qualquer maneira, fica a questão: poderia ser criada uma dinâmica de interação mutuamente reforçante em um ou em poucos estados do país? Aparentemente a resposta é negativa, pois o processo de *catching up* não pode depender de apenas uma região dinâmica em um país continental como o Brasil. A responsabilidade de ampliar o número de estados com maior capacitação tecnológica e científica, portanto, é também a responsabilidade de ampliar as condições internas e nacionais para a realização de um processo de *catching up*. Em outras palavras, discutir a construção de um sistema estadual de inovação (no caso de um estado como Minas Gerais) é também discutir importantes pré-condições regionais para o amadurecimento do sistema nacional de inovação brasileiro. (ALBUQUERQUE, 2001 [b], p. 24).

É nesse ponto que se encaixam as políticas estaduais para a redução das desigualdades regionais brasileiras, um pré-requisito para o *catch up* do país. Por isso, os governos dos estados mais atrasados devem se empenhar em reduzir a lacuna entre eles e os polos internos mais avançados, que, claro, devem também continuar evoluindo (ALBUQUERQUE, 2001 [b]).

Nesse caso, são aplicados aos estados dois conceitos: o Sistema Regional de Inovação (SRI) e o Sistema Estadual de Inovação (SEI). O primeiro foi originalmente usado por Cooke (2001) ao estudar as interações entre CT&I e o desenvolvimento econômico na região de Emília-Romagna, na Itália, e de Massachusetts, nos Estados Unidos. Para ele, as regiões com desempenho econômico elevado possuem sistemas de inovação de grande sofisticação, lideradas pelo mercado.

Em um nível ainda mais regionalizado, existe o conceito de Sistema Estadual de Inovação, similar ao conceito de SRI, porém com uma delimitação geográfica mais precisa, indicada pelos limites territoriais de um estado. Esse conceito é usado geralmente por formuladores de políticas públicas, pois ele auxilia a articulação e a orientação estratégica das instituições de CT&I a nível estadual a fim de reduzir os gargalos e diferenças locais.

Tratando especificamente do sistema estadual de inovação de Minas Gerais, Albuquerque (2001 [b]) indica que a participação mineira nas estatísticas de

inovação é inferior àquela nas estatísticas econômicas. Enquanto que o PIB do estado correspondeu, em média, a 10% do PIB nacional, suas produções científica e tecnológica corresponderam a apenas 6,85% e 7,37%, respectivamente, no período de 1988 a 1996. Apesar de ser menor que a participação econômica, a participação mineira na publicação de artigos cresceu consideravelmente entre as décadas de 1970 e 1990.

Finalmente, essa apresentação da literatura sobre a interação entre CT&I e desenvolvimento, sobre o papel do Estado nessa interação, sobre o processo de *catch up* e sobre os sistemas de inovação do Brasil e de Minas Gerais serve como uma orientação para a pesquisa a ser desenvolvida nesse trabalho. Dessa forma, esse referencial será o pano de fundo das investigações sobre a trajetória recente do SEI mineiro, da comparação entre ela e as trajetórias dos outros estados do Brasil e da avaliação a postura do governo do estado em relação a esse sistema sob a ótica do investimento público em CT&I. Essa investigação será efetuada de acordo com a metodologia a ser apresentada no próximo capítulo.

3 METODOLOGIA

Esse trabalho é uma pesquisa descritiva, já que busca descrever a trajetória e a posição atual do sistema estadual de inovação de Minas Gerais, e comparativa, já que são comparados os estados brasileiros sob a ótica da produção científica e tecnológica. A primeira etapa da investigação consiste em uma pesquisa bibliográfica e a segunda etapa, em uma pesquisa documental, na qual foram compilados dados estatísticos obtidos a partir de fontes eletrônicas de dados sobre a produção de artigos e patentes, sobre dados populacionais e econômicos e sobre a despesa pública do governo de Minas em C&T.

A pesquisa bibliográfica teve dois objetivos principais: expor o arcabouço teórico por trás desse trabalho, de forma a fornecer conceitos e teorias importantes no estudo sobre os impactos econômicos da CT&I; e destrinchar a tipologia dos sistemas de inovação com base em três regimes de interação (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020) para, então, aplicá-la ao contexto mineiro. A partir do nível limiar de produção científica referente a 2014 e da taxa média de crescimento anual desse nível, definidos por Chaves *et al.* (2020), foram projetados os valores para os anos subsequentes de 2015 a 2019.

Já a segunda etapa envolveu a compilação dos dados estatísticos retirados das seguintes fontes: o *Science Citation Index Expanded (SCIE)*, uma das bases da *Web of Science (WOS)*; o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI); o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); os Quadros Demonstrativos da Despesa (QDD) anuais de Minas Gerais e os valores totais da despesa pública anual executada pelo governo mineiro, disponíveis no *website* do Portal da Transparência MG; e as publicações do PIB mineiro pela Fundação João Pinheiro (FJP). Além dessas, uma sexta fonte de dados também foi utilizada: os dados internos da gestão financeira da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig). Por fim, foram coletados também dados sobre o SI estadunidense, sendo eles sobre a produção científica, também retirados da WOS, e da produção tecnológica, retirados da USPTO, bem como os dados populacionais. Dentre os países com um sistema de inovação no regime III (BERNARDES, ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020), foi escolhido os Estados Unidos pela facilidade de acesso aos dados de renda, população, publicação de artigos e depósitos de patentes. De todas essas, as informações

sobre a produção anual de artigos em cada UF brasileira, do Brasil como um todo e dos Estados Unidos e as informações sobre o dispêndio público em CT&I pelo estado de Minas Gerais não estavam consolidadas e disponíveis para a coleta. Por isso, esses dois indicadores foram construídos para esse trabalho, conforme será descrito a seguir.

O *Science Citation Index Expanded* é uma das bases de dados da WOS²³ e, de acordo com última atualização da empresa (em primeiro de julho de 2020), ele oferece acesso bibliográfico a uma coleção com curadoria de mais de 9.200 periódicos em 178 disciplinas científicas das chamadas ciências naturais e ciências exatas (ver Quadro 2 no Anexo). Esse índice permite a filtragem da busca de acordo com diversas variáveis como: autor, assunto, tipo de publicação, periódico, data de publicação, endereço, etc.

A seleção do SCIE foi feita principalmente graças aos trabalhos sobre os regimes de interação (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020), que a utilizaram como fonte de dados sobre a produção científica dos países. Foram selecionadas essas disciplinas, dada a relação direta que elas possuem com o processo de desenvolvimento econômico (CHAVES *et al.*, 2020, p. 50). Ademais, cabe também justificar essa escolha devido às qualidades dessa base, dentre elas: suas longas séries estatísticas, sua comparabilidade internacional, seu fácil acesso por meio do Portal de Periódicos Capes e a possibilidade de identificação geográfica dos autores e de suas instituições.

Nesse trabalho, foram filtradas três variáveis do conjunto do SCIE: artigo, como tipo de publicação; ano de publicação, compreendido no período de 2010 a 2019; e endereço, selecionando as UFs brasileiras. A plataforma permite a filtragem de mais de um endereço simultaneamente, ou seja, usando o código "SAME", os resultados incluirão somente as publicações endereçadas nas duas ou mais localidades selecionadas, por exemplo, Brasil e Minas Gerais. Foram usadas diversas combinações nesse campo, que sempre irão conter o nome do país em português ou em inglês combinados ao nome dos estados ou à sigla deles. Por exemplo, para filtrar os artigos endereçados em Minas Gerais, esse campo foi preenchido com "Brasil SAME MG", "Brasil SAME Minas Gerais", "Brazil SAME MG"

²³ A Web of Science é um produto do Thomson Reuters Institute of Scientific Information (ISI), fruto do *Science Citation Index*, criado por Eugene Garfield na década de 1960 (CHADEGANI *et al.*, 2013, p. 19). Atualmente, a WOS e suas diversas bases de dados são mantidas pela empresa norte-americana Clarivate Analytics.

e “Brazil SAME Minas Gerais”. Essas combinações são uma tentativa de incluir todas as publicações dos estados brasileiros indexadas no SCIE e de excluir publicações endereçadas em locais com o mesmo nome de algum desses estados, mas que não se referem exatamente a eles.

Apesar desse esforço, deve-se reconhecer que a base não possui dados padronizados e que, por isso, foram considerados os artigos que contém no campo endereço a expressão “Brasil” ou “Brazil” somada ao nome ou à sigla do estado, como, por exemplo, aqueles que contém apenas “MG” ou apenas “Minas Gerais”. Assim, os números obtidos nela são apenas uma representação, sendo importante destacar que não constituem números absolutos dos estados.

Além disso, é importante pontuar outras limitações dessa base. Em primeiro lugar, nem todos os artigos publicados dessas disciplinas científicas são indexados pelo SCIE devido ao altíssimo nível de exigência para indexação de um periódico na *Web of Science*. Em segundo lugar, o viés linguístico das estatísticas do SCIE favorece a produção científica dos países de língua inglesa (SANDELIN; SARAFLOU, 2004 *apud* CHAVES *et al.*, 2020, p. 51). Em terceiro lugar, a produção científica não se expressa apenas por meio da publicação de artigos científicos, sendo os debates, as conferências e os congressos, bem como as informações sobre os fluxos tecnológicos, também fundamentais (COHEN; NELSON; WALSH, 2002 *apud* CHAVES *et al.*, 2020, p. 51).

Sobre as estatísticas de patentes, pensou-se primeiramente em utilizar os dados da USPTO, que permitem uma comparabilidade internacional dessas informações e que foram utilizadas nos artigos sobre os regimes de interação. Porém, essa base norte americana não permite a desagregação ao nível das unidades federativas brasileiras, sem o desenvolvimento de um algoritmo específico de busca – o que não foi possível construir neste trabalho. Por isso, será utilizada a Base de Dados Estatísticos de Propriedade Intelectual (BADEPI) do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para construção dos indicadores de produção tecnológica brasileira. Serão extraídos os dados referentes às patentes de invenção (PI) e aos modelos de utilidade (MU) depositados no INPI segundo as unidades da federação no período 2010-2019.

De acordo com o INPI, patentes de invenção são concedidas aos depositantes de “produtos ou processos que atendam aos requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial” (BRASIL, 2018). Já o modelo de utilidade,

se refere a um “objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação” (BRASIL, 2018). Dessa forma, serão extraídos os dados referentes a essas duas modalidades de propriedade intelectual devido ao caráter inovador que elas possuem.

Entretanto, o valor estatístico das patentes é impactado por diversas questões como:

[...] nem todo novo conhecimento economicamente útil é codificável, há o conhecimento tácito, uma dimensão importante, porém não captada nessas estatísticas; [...] diferentes setores industriais possuem diferentes “propensões a patentear”, ou seja, em alguns setores as patentes são mais importantes que em outros; inovações radicais e pequenos melhoramentos patenteados tornam-se equivalentes nas estatísticas, mas não possuem o mesmo valor econômico (BRENTANI *et al.*, 2011, p. 5-6).

Apesar disso, o uso dessas estatísticas vem sendo comum entre os pesquisadores da cientometria²⁴ e se justifica por permitir uma comparabilidade intertemporal, pois elas têm sido coletadas por mais de um século, e porque:

As estatísticas de patentes podem contribuir especificamente para a identificação de algumas “pontas de iceberg” de fenômenos ligados às atividades inovativas. Os fenômenos mais profundos ligados a variações estruturais na produção tecnológica não podem ser captados por essas estatísticas, mas podem ser percebidos indiretamente por meio das “fotografias” dessas “pontas de iceberg”, que as estatísticas permitem obter (BRENTANI *et al.*, 2011, p. 5-5).

A terceira fonte de dados, os dados populacionais e econômicos do IBGE, será utilizada por dois motivos. Primeiramente, os dados populacionais dos estados do período 2010-2019 serão usados para o cálculo dos valores da produção científica e tecnológica em relação ao número de habitantes, já que o resultado que se pretende obter é o de artigos por milhão de habitantes e patentes por milhão de habitantes. Essa relativização dos dados de artigos e patentes por meio dos dados populacionais se justifica por não fazer sentido a comparação de números absolutos de produção científica e tecnológica entre os estados brasileiros, pois a população do país está distribuída de forma extremamente heterogênea.

²⁴ A cientometria busca analisar a ciência, entendida como o conjunto das ciências físicas, biológicas e sociais, para compreender sua estrutura, evolução e conexões, e relacioná-la com os fatores de influência, os resultados, o desenvolvimento tecnológico, econômico e social (BRENTANI *et al.*, 2011, p. 4-7).

Segundamente, os dados de PIB dos estados referente ao ano de 2017 servirão para levantamento da renda per capita das UFs brasileiras. Foram selecionados os dados de 2017, porque eles são os mais recentes disponibilizados pelo IBGE, que, a partir de uma metodologia única, calcula os PIBs estaduais. Essa renda, por sua vez, será usada para a construção de um gráfico de dispersão tridimensional com outras duas variáveis além dela: artigos e patentes por milhão de habitantes. Esse gráfico será uma importante ferramenta visual para uma análise comparativa entre os sistemas de inovação dos estados brasileiros.

Sobre a quarta fonte, os dados sobre a despesa pública do governo de Minas Gerais ao longo dos anos de 2010 a 2019 serão retirados dos Quadros Demonstrativos de Despesa (QDD) por unidade orçamentária, que se encontram espalhados pelas Demonstrações Contábeis anuais, disponibilizadas em cinco arquivos diferentes (conforme a unidade orçamentária executora) para cada ano e em formato PDF, no site da Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais (SEF MG). Dessa forma, foram extraídos 50 documentos de texto desse site, que foram, então, transformados em planilhas de Excel (.xlsx), para que as análises pudessem ser feitas. Isso foi feito por meio de um *script* na linguagem de programação Python.

Uma vez que todas as informações foram reorganizadas em um arquivo único, que discrimina, para cada despesa, o ano de execução, a unidade orçamentária, a função, a subfunção, o programa e a ação, foram filtrados os gastos em CT&I. Para isso, foi utilizada a metodologia definida pela Rede Estadual de Indicadores de CT&I (RIECTI) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)²⁵. Essa metodologia divide os dispêndios em CT&I em dois tipos, as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e as Atividades Científicas e Técnicas Correlatas (ACTC), além de seguir algumas observações internacionais:

Os indicadores de dispêndio e de recursos humanos em P&D observam as recomendações do Manual Frascati, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, 2020. [...] Já os indicadores de dispêndio em ACTC, seguem as Recomendações para a Normalização Internacional de Dados Estatísticos sobre Ciência e Tecnologia da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, 1978. (BRASIL, 2014, p. 7).

²⁵ Essa Rede objetiva a consolidação dos indicadores de CT&I estaduais “por meio de um processo participativo e coordenado, balizado pelas normas e recomendações metodológicas internacionais, de modo a garantir a comparabilidade entre os indicadores estaduais, e destes com os indicadores nacionais e de outros países” (BRASIL, 2014, p. 6).

Dessa forma, todas as despesas executadas no período 2010-19 foram classificadas conforme suas respectivas dotações orçamentárias e os valores despendidos foram somados a cada ano. Ou seja, foram analisadas, de cada item de despesa, a unidade orçamentária, a função e a subfunção e o programa e a ação de governo, de forma a avaliar se aquele dispêndio se enquadraria ou não como gasto em CT&I. Para a avaliação dos programas e ações orçamentárias relacionados à CT&I, foram analisados cada programa e cada ação (nome, finalidade, produto e unidade orçamentária) descritos em cada Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG) do governo de Minas Gerais correspondentes ao período em questão (PPAG 2008-2011, PPAG 2012-2015 e PPAG 2016-2019). Nesse sentido, vale pontuar que, até o ano de 2013, essas análises e esse cálculo eram feitos, no âmbito de Minas Gerais, pela Fundação João Pinheiro (FJP) e entregues ao MCTI para integrar a RIECTI. Por isso, foi possível comparar os resultados dos cálculos da FJP com os desse trabalho para os quatro primeiros anos de análise, conforme mostrado na próxima seção. Além disso, para fins de comparação, foram retirados os valores da despesa pública total executada pelo governo mineiro para os anos de 2011-19 do Portal da Transparência de Minas Gerais, que disponibiliza esse histórico em seu *website* na página inicial sobre a despesa.

A sexta fonte de dados foi obtida mediante tratativas com os servidores da Fapemig, que concordaram em disponibilizar a base de dados utilizada para a elaboração de um vídeo público de divulgação sobre a distribuição do orçamento da Fundação em projetos de pesquisas ao longo do período 2010 a 2019. Essa a informação interna de gestão financeira da Fapemig foi enviada em formato de uma tabela com as colunas de ano de referência (2010-2019), elementos da despesa (bolsas, equipamentos, consultorias, *softwares*, etc.) e total geral.

Por fim, foram coletados dados referentes aos Estados Unidos para fins de comparação. Os dados da produção científica também foram retirados do SCIE da *Web of Science*, utilizando o código “USA OR United States of America” para cada ano do período 2010-19. Os dados da produção tecnológica foram retirados do *Patent Technology Monitoring Team* (PTMT) do *U.S. Patent and Trademark Office* (USPTO), que disponibilizam, em seu *website*, as estatísticas de patente de cada ano desde 1963. Das patentes registradas no escritório, foram consideradas apenas aquelas de origem nos Estados Unidos. Já as estatísticas populacionais foram

retiradas do *United States Census Bureau* para cada ano do período de análise. Por fim, os dados sobre o PIB norte-americano foram retirados do *International Comparison Program* do Banco Mundial. Dessa forma, na comparação entre as rendas *per capita* brasileira e norte-americana, foi utilizado esse indicador.

Todos esses dados numéricos foram reunidos em uma planilha no programa “Excel”, que permitiu a construção de algumas tabelas com as informações reunidas e organizadas. Além disso, também foi utilizada a linguagem de programação “Python” para a construção dos gráficos de dispersão tridimensionais, úteis a uma análise comparativa entre as UFs, e o *software* “Power Bi” da Microsoft, que serviu para a construção de mapas e dos outros tipos de gráficos.

A finalidade das tabelas, dos gráficos e dos mapas gerados, por sua vez, é a elaboração de algumas análises. A primeira delas é o exame da produção científica e tecnológica do estado de Minas Gerais nos últimos dez anos e como esses indicadores têm se comportado, ou seja, se essas produções cresceram e o quão rápido foi esse crescimento. Todos esses dados coletados também servirão para uma análise comparativa entre as outras unidades da federação brasileira e Minas Gerais, que permitirá a verificação da posição relativa do estado e de sua trajetória. Em outras palavras, observar-se-á se estamos nos destacando com o passar do tempo, se ficamos estagnados ou se estamos ficando para trás, assim como foi feito nas pesquisas trazidas no item 6 do referencial teórico. Além disso, serão comparadas também as rendas *per capita* dos estados brasileiros e sua correlação com os indicadores de CT&I.

Para investigar se há um processo de convergência entre os indicadores dos estados brasileiros e do país como um todo com os indicadores dos países desenvolvidos, as estatísticas reunidas foram comparadas com as dos Estados Unidos, o que também será útil para uma verificação sobre a armadilha da renda média e o efeito da rainha vermelha. Por fim, foi feito um exame do gasto público em CT&I pelo governo mineiro ao longo dos últimos anos, tanto em termos reais, como em função do PIB e do total de gastos públicos, que buscou demonstrar se esse gasto cresceu, se manteve estável ou diminuiu. Tudo isso será descrito na próxima seção.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise do trabalho foi feita a partir da metodologia e da revisão da literatura descritas nas seções anteriores, ou seja, tomando como base as teorias neoschumpeterianas, dos sistemas de inovação e dos regimes de interação e os dados coletados das bases descritas anteriormente. As tabelas contendo todos os dados consolidados e organizados encontram-se sistematizadas no Apêndice. No intuito de facilitar a visualização das informações apresentadas, foram utilizados também recortes e gráficos baseados nelas, que serão interpretados nesse capítulo.

O capítulo subdivide-se em três sessões, sendo cada uma relativa a um dos objetivos específicos estabelecidos na introdução. Na primeira, buscou-se situar Minas Gerais em relação às demais Unidades da Federação e ao contexto brasileiro no que diz respeito à trajetória da produção científica e tecnológica, utilizando-se os indicadores de artigos e de patentes por milhão de habitantes, bem como os de renda *per capita*. Na segunda, foi feita uma análise comparativa dos indicadores mineiros e brasileiros com os indicadores estadunidenses, de forma a verificar a possível ocorrência ou de um *catch up* ou de uma estagnação das produções científicas e tecnológicas brasileiras, bem como uma correlação dessa situação com a armadilha da renda média e o efeito da rainha vermelha. Por fim, na terceira seção, são examinados os gastos públicos estaduais de Minas Gerais em CT&I a partir de duas fontes: o total de dispêndios públicos anuais que se encaixam nessa categoria e os dados sobre os valores totais anuais investidos em projetos de pesquisa pela Fapemig.

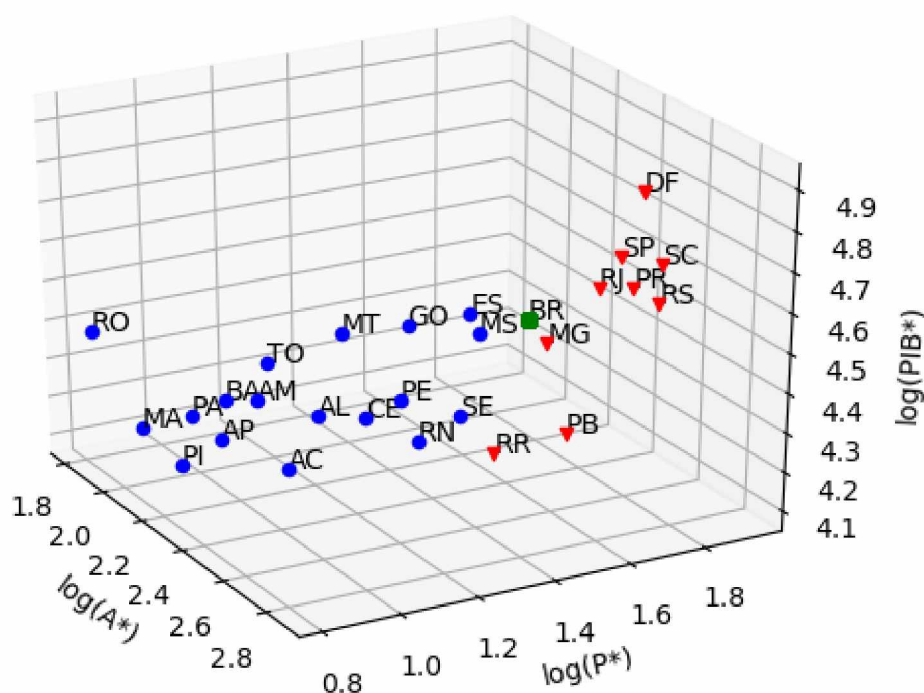
4.1 Os indicadores de C&T em Minas Gerais e nas demais UFs brasileiras do período 2010-19

De acordo com as pesquisas trazidas na seção 2.6 deste trabalho (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020), os indicadores da produção de artigos e de patentes por milhão de habitantes de um país ou região são úteis para a análise de seus respectivos sistemas de inovação e foi a partir desses indicadores que tais autores agruparam os sistemas nacionais de inovação do mundo em três regimes de interação diferentes. A seguir serão analisadas as mesmas estatísticas, porém no nível estadual para as unidades da federação brasileiras, a partir de gráficos de dispersão, de um gráfico das

trajetórias intertemporais dos estados, de mapas quantitativos graduados e de mapas de calor. Nesse sentido, foram destacados os estados com os melhores indicadores de produção científica, tecnológica e de renda ao longo do período 2010-19, sendo eles o Distrito Federal, Minas Gerais, Paraná, Paraíba, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, sendo Roraima também realçada em algumas análises. As tabelas completas encontram-se no Apêndice do trabalho (Tabelas 2-11).

Será examinado primeiramente o gráfico de dispersão tridimensional (Gráfico 9), que relaciona a renda *per capita* (PIB*) com a produção de artigos por milhão de habitantes (A*) e com a produção de patentes por milhão de habitantes (P*) de cada estado brasileiro para o ano de 2017. O ano de 2017 foi escolhido, porque a última divulgação dos produtos internos brutos estaduais pelo IBGE foi referente a esse ano (IBGE, 2017).

Gráfico 9: Artigos por milhão de habitantes (A*), patentes por milhão de habitantes (P*) e PIB *per capita* (PIB*) em valores constantes de cada UF brasileira referentes ao ano de 2017 (em escala logarítmica)



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

No gráfico é possível perceber que há uma fraca correlação positiva entre os dados. O coeficiente de determinação (r^2) equivale a apenas 0,133, um valor

baixo que indica que há uma elevada dispersão dos dados, ou seja, o grau de relacionamento linear entre as variáveis é fraco. Essa baixa correlação positiva, acompanhada de uma alta dispersão, é característica dos países do segundo regime de interação dos sistemas de inovação (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al*, 2006; CHAVES *et al*, 2020).

Apesar disso, é visível o destaque do grupo composto por Distrito Federal, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, que possuem maior renda *per capita* e maiores produções científica e tecnológica. O coeficiente de determinação para esse grupo é de 0,7581, o que indica uma forte relação entre as variáveis, algo que aproxima esses estados do terceiro regime de interação. O fato de o PIB desses estados apresentar uma maior correlação com os indicadores de ciência e tecnologia é provavelmente fruto tanto da maior produção de CT&I, como da maior diversificação econômica²⁶, características essas que se retroalimentam entre si. Apesar disso, os níveis de renda, produção de artigos e produção de patentes deles ainda são consideravelmente inferiores aos dos países desenvolvidos, como será discutido na próxima seção.

Além desse grupo de estados, foram destacados no gráfico 9 outros três: MG, PB e RR. Minas Gerais está em destaque especialmente por ser o foco desse trabalho. A Paraíba, por ter apresentado um elevado crescimento recente de seus indicadores de produção tecnológica, que se sobressai em relação às trajetórias dos outros estados (ver Gráfico 11). Por fim, Roraima, por apresentar os melhores indicadores de produção científica do país (751,96 artigos por milhão de habitantes em 2017), uma distorção explicada pelo fato de esse estado ser também o menos populoso, com apenas 0,03% da população brasileira total, apenas 522 mil habitantes (IBGE, 2017). Dessa forma, quando analisada a produção bruta de artigos, o estado fica na 23ª posição, com apenas 393 artigos publicados em 2017 e indexados na SCIE (ver Tabela 9).

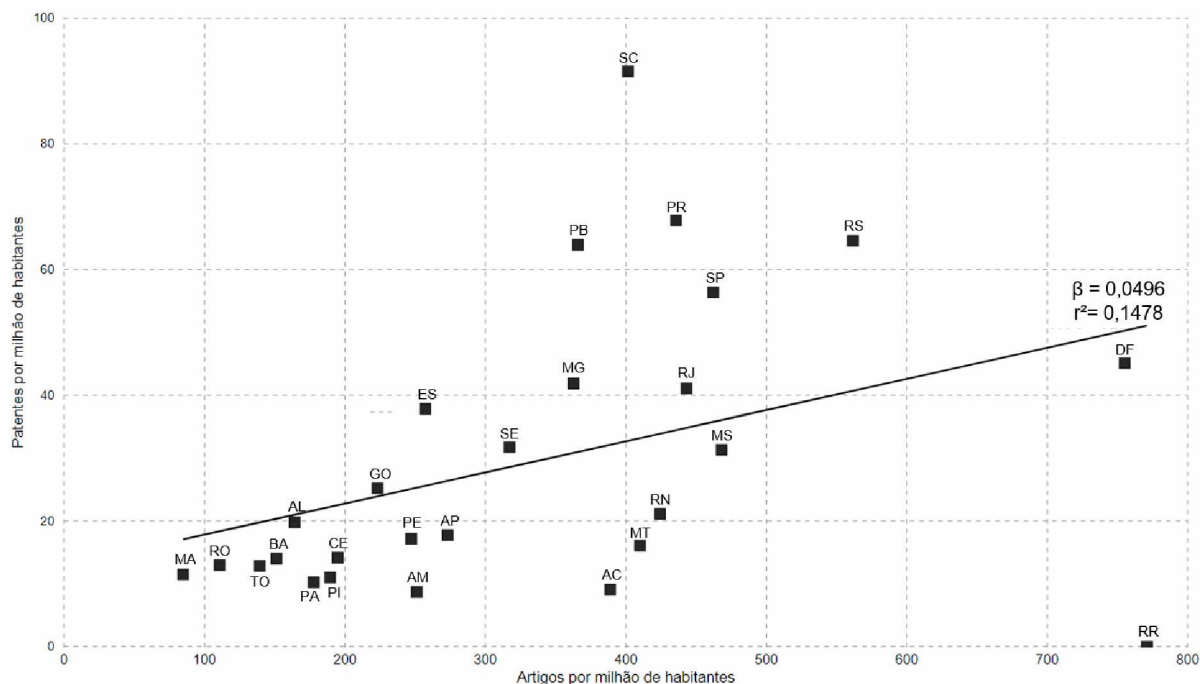
No geral, a situação dos estados brasileiros como um todo é semelhante à situação do próprio regime de interação em que o país se encontra. Isso indica que a renda *per capita* dos estados brasileiros ainda não pode ser determinada por

²⁶ Uma vez que “a sofisticação e complexificação do tecido produtivo parecem ser características das economias mais desenvolvidas” (SILVA, 2019, p. 12) e, para o Brasil, a “conclusão da análise é que nos últimos anos a participação da agricultura e pecuária, da extração de petróleo e gás natural aumentou, enquanto as atividades de alta, média alta, alta e média baixa, quando não declinaram, ficaram estagnadas [...]”. Este fenômeno foi batizado de “reprimarização” das trocas internacionais brasileiras (GONÇALVES, 2001) ainda no início dos anos 2000, e, infelizmente, se acentuou desde então” (p. 14).

meio dos indicadores de ciência e de tecnologia, como acontece nos países desenvolvidos. Em outras palavras, são outros os fatores que determinam o produto dos estados, uma característica que contrasta com o centro capitalista, que tem na ciência, na tecnologia e na inovação o motor de sua economia. “Em geral, os países que têm maiores capacidades tecnológicas e que endogenizaram suas dinâmicas tecnológicas geram mais riquezas e são os mais ricos do mundo” (CHAVES *et al.*, 2020, p. 54). Da mesma forma, ainda que em um nível baixíssimo comparado a esses países, os estados brasileiros com maior renda são aqueles com maior capacidade científica e tecnológica. As exceções são Roraima, que possui bons indicadores por ter uma população extremamente pequena, e a Paraíba, que tem apresentado um crescente aumento de seus indicadores de ciência e de tecnologia (como veremos adiante), mas que ainda possui uma renda *per capita* baixa em termos relativos.

A seguir, temos o gráfico 10, também um gráfico de dispersão, porém referente ao ano de 2019, em escala linear e com apenas duas variáveis: a produção de artigos (A^*) e a produção de patentes (P^*), ambos por milhão de habitantes. Esse gráfico nos permite analisar como essas duas variáveis se relacionam dentro do Brasil, traçar a reta de regressão linear e verificar o coeficiente de determinação (r^2) e o coeficiente da inclinação da reta (β), que servirão para analisar a dispersão e a correlação dos dados.

Gráfico 10: Gráfico de dispersão da produção de artigos pela produção de patentes (por milhão de habitantes) das UFs brasileiras em 2019



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

É possível ver nele uma fraca correlação positiva entre os dados ($\beta = 0,0496$) e um coeficiente de determinação baixo ($r^2 = 0,1478$). Isso significa que para cada aumento unitário de artigos publicados nos estados brasileiros, o número de patentes depositadas sobe apenas 0,05 e que apenas 14,78% da variância das estatísticas de patentes pode ser explicada pela variância das estatísticas de artigos. Em outras palavras, a produção científica brasileira não é capaz de se traduzir em produção tecnológica, ou seja, a interação entre os atores dos sistemas de inovação dos estados do Brasil, incluindo Minas Gerais, é fraca e incapaz de promover uma retroalimentação entre as produções de ciência e de tecnologia. Essas características também são marcas do regime II:

Os países em uma posição intermediária representariam o 'regime 2', que se caracterizaria por uma produção [científica e tecnológica] quantitativamente inferior e qualitativamente menos sofisticada. A retroalimentação entre as dimensões existe, mas é fraca (CHAVES, 2020, p. 55, tradução nossa).

É interessante notar que apesar da produção tecnológica ser pequena em comparação à científica, ainda é pequeno o número de artigos publicados por milhão de habitantes nos estados brasileiros e no Brasil como um todo em relação aos países desenvolvidos. Além disso, os estados brasileiros não atingiram e não estão

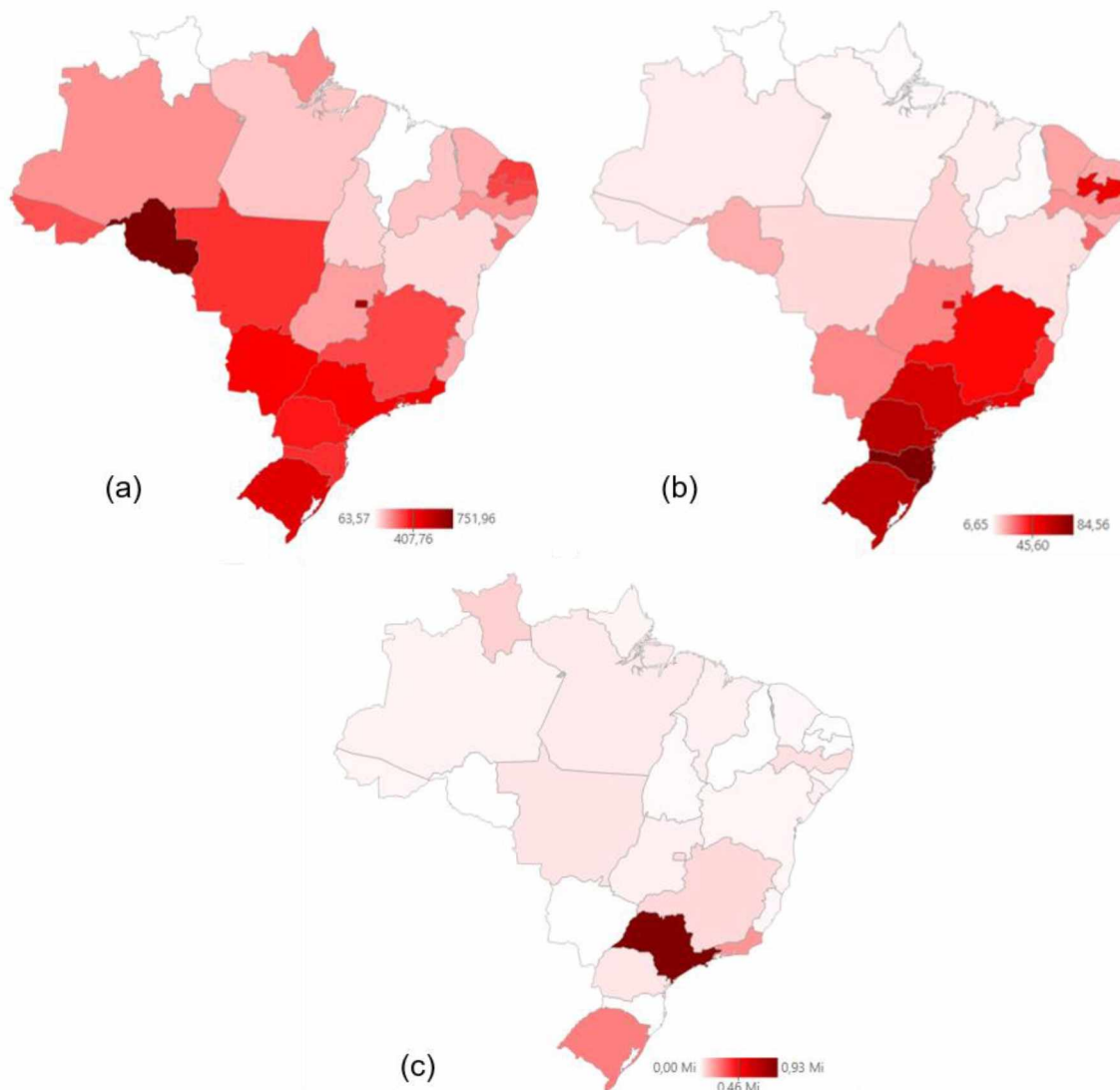
próximos do nível limiar de produção científica estabelecido por Bernardes e Albuquerque (2003), Ribeiro *et al.* (2006) e Chaves *et al.* (2020), que, segundo os valores e a taxa de crescimento exponencial apontada por eles de 6,6% ao ano (CHAVES *et al.*, 2020), seria de aproximadamente 1.300 artigos por milhão de habitantes em 2019. Se esse nível limiar é uma pré-condição para o alcance de um sistema de inovação desenvolvido e sofisticado, atingi-lo é um requisito para a interação positiva entre as dimensões científica e tecnológica que permitirá uma “transformação” da produção de artigos em produção de patentes (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003).

Além disso, esses dois gráficos podem ser interpretados como uma ilustração das desigualdades regionais brasileiras, uma vez que as posições dos estados são muito diferentes. Nesse sentido, a análise de mapas também é útil e, para isso, foram elaborados mapas quantitativos graduados dos estados brasileiros a partir das produções científicas e tecnológicas por milhão de habitantes e também da renda *per capita* (Figura 3). Ademais, também foram construídos mapas de calor para a identificação da produção bruta de ciência e tecnologia no país (Figura 4).

A visualização dos mapas graduados (Figura 3) deixa clara a desigualdade regional brasileira. Ela é mais fraca quando se trata da produção de artigos por milhão de habitantes (a), se acentua quando se trata da produção de patentes por milhão de habitantes (b) e é muito forte quando se trata da renda *per capita* (c). Nesse caso, os indicadores de ciência são mais homogêneos dentre os estados provavelmente porque o investimento nessa área é majoritariamente público e feito por universidades e institutos de pesquisa, sendo as primeiras distribuídas por todo o país. Todos as unidades federativas brasileiras possuem ao menos uma universidade federal e, apesar de as regiões sudeste e sul possuírem uma concentração maior delas e também de outras universidades, elas também possuem um adensamento populacional muito mais forte, o que resulta produções estaduais de artigos por milhão de habitantes menos desiguais. Cabe ainda pontuar que os dois estados com destaque no primeiro mapa são Roraima, que possui a menor população dentre os estados brasileiros (apenas 522.636 habitantes em 2017), e o Distrito Federal, que recebe mais investimentos em ciência, sendo um polo universitário, por ser lar da capital do país, e que, apesar de possuir mais habitantes que Roraima (3.039.444 em 2017), ainda é o oitavo menos populoso do país. Esses fatos podem ser a explicação por trás da distorção vista nos mapas, conforme

Albuquerque: “[...] o caráter de capital do país e a decorrente concentração de recursos educacionais e de pesquisa acadêmica podem distorcer o quadro” (ALBUQUERQUE, 2001 [b], p. 24).

Figura 3: Mapas quantitativos graduados das UFs brasileiras em escala de cor conforme: (a) a produção científica por milhão de habitantes, (b) a produção tecnológica por milhão de habitantes e (c) a renda per capita anual referentes ao ano de 2017



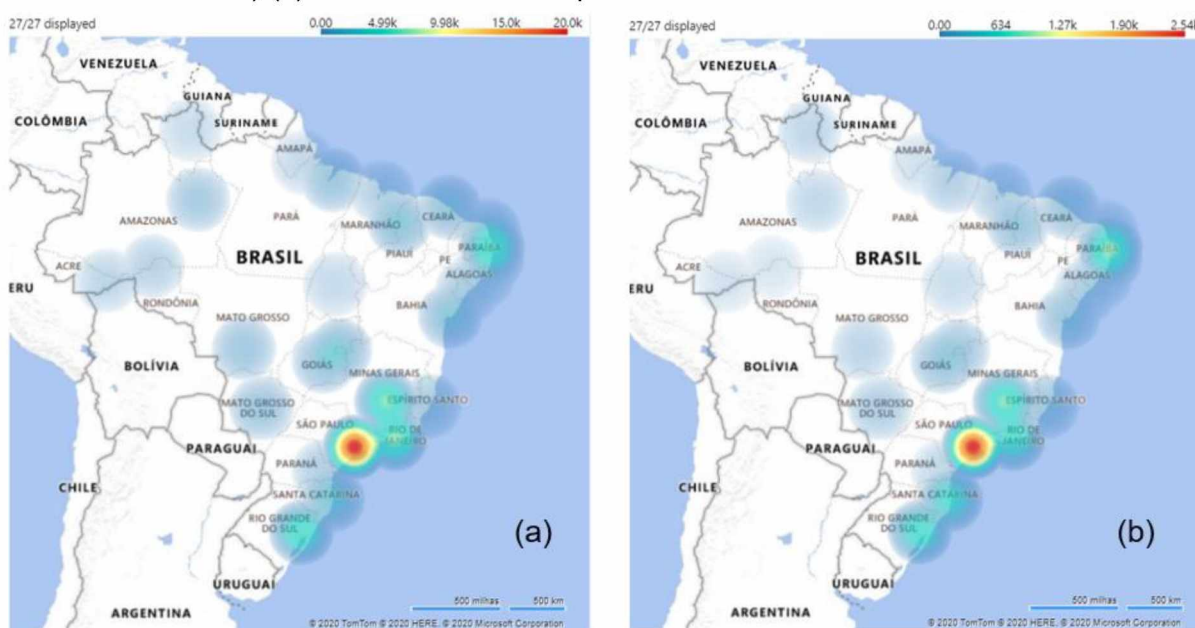
Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

Por outro lado, a distribuição dos indicadores de produção tecnológica é mais desigual, sendo ela concentrada nas regiões sudeste e sul do país. Diferentemente dos artigos, o depósito de patentes depende fortemente do interesse comercial, ou seja, é ainda mais dependente de uma articulação entre os atores do sistema de inovação, no qual o conhecimento gerado é apropriado e aprimorado por

empresas inovadoras. Dessa forma, essa concentração da produção tecnológica no sul e sudeste brasileiros pode ser entendida a partir da concentração das atividades econômicas, das universidades e dos centros de pesquisa nessas regiões, instituições fundamentais para os sistemas de inovação.

Por fim, o mapa da renda *per capita* é o que retrata a maior concentração e desigualdade dentre os três indicadores. Isso pode ser explicado pela concentração das atividades econômicas de maior valor agregado no sudeste e no sul do Brasil, em especial no estado de São Paulo. Assim, é possível olhar os mapas na ordem que eles estão posicionados como uma sequência em que a concentração das produções e a desigualdade aumentam. Da mesma forma, a partir da abordagem dos sistemas de inovação e dos regimes de interação, uma produção científica desigual está relacionada a uma produção tecnológica ainda mais desigual, devido à questão da “massa crítica”, e ambas estão relacionadas a níveis de desenvolvimento econômico ainda mais desiguais. Essas desigualdades regionais ficam mais evidentes em mapas de calor que ilustram a produção bruta de ciência e tecnologia (Figura 4).

Figura 4: Mapa de calor das produções científicas brutas (artigos indexados no SCIE) (a) e das produções tecnológicas brutas (patentes e modelos de utilidade depositados no INPI) (b) estaduais média no período de 2017-19



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

Nos mapas de calor, foi usada a média dos últimos três anos para os indicadores de produção científica e tecnológica para evitar distorções na representação dos indicadores estaduais, uma vez que há anos atípicos em que é produzida mais ou menos ciência e tecnologia do que o estado tem produzido em média, especialmente no caso das patentes. Neles, vemos que o estado de São Paulo sozinho concentra boa parte das produções científica e tecnológica do país (29,16% da primeira e 31,68% da segunda respectivamente nesse período). Além disso, é possível notar que as produções de ciência e tecnologia no Brasil estão quase inteiramente localizadas nas regiões sul e no sudeste do país, que representam 64,68% da primeira e 70,46% da segunda nesse período, sendo a Paraíba uma exceção, representando sozinha 6,71% da publicação de artigos nacional e 9,29% do depósito de patentes.

Todos esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Albuquerque (2001 [b], p. 22-24), que verificou uma enorme desigualdade regional brasileira no que tange à renda e as produções de ciência e tecnologia, todas concentradas nos estados do sul e sudeste, especialmente em São Paulo. Porém, de 1999 para 2019, essa concentração caiu. A produção brasileira de artigos que vinham dessas duas regiões caiu de 80,94%, em 1999, para 69,93% e, no que se refere às patentes, passou de 89,57%, em 2000, para 79,09%, em 2019. A Tabela 1 traz um comparativo entre os anos para os estados de maior destaque, comparando a produção bruta de artigos (A) e de patentes (P), bem como a produção por milhão de habitantes de artigos (A*) e de patentes (P*). Apesar das desigualdades, mesmo hoje, nenhum estado brasileiro apresenta estatísticas próximas àquelas dos países no regime de interação III, na faixa dos quase dois mil artigos e das mais de mil patentes por milhão de habitantes (CHAVES *et al.*, 2020, p. 53). Os estados brasileiros com os melhores indicadores de ciência e tecnologia em 2019 poderiam, então, ser enquadrados no segundo regime de interação, o mesmo do Brasil. São eles: Distrito Federal, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo.

Tabela 1: Produções científicas e tecnológicas brutas (A e P) e por milhão de habitantes (A* e P*) dos estados brasileiros com os maiores valores em 2019.

Estado	1999 (A e A*) e 2000 (P e P*)						2019					
	A	A*	P	P*	A / Prod. Total Brasil (%)	P / Prod. Total Brasil (%)	A	A*	P	P*	A / Prod. Total Brasil (%)	P / Prod. Total Brasil (%)
DF	329	2,09	117	0,74	2,93%	1,83%	2277	755,16	136	45,10	3,07%	1,65%
MG	1113	7,09	496	3,16	9,90%	7,78%	7678	362,7	886	41,85	10,36%	10,78%
PR	541	3,44	537	3,42	4,81%	8,42%	4982	475,28	776	72,29	6,72%	9,44%
RJ	1936	12,32	546	3,48	17,23%	8,56%	7652	443,21	709	41,07	10,32%	8,62%
RS	746	4,75	564	3,59	6,64%	8,84%	6389	561,56	735	67,87	8,62%	8,94%
SC	320	2,04	391	2,49	2,85%	6,13%	2876	401,41	656	91,56	3,88%	7,98%
SP	4703	29,94	2952	18,79	41,85%	46,28%	21223	425,33	2588	49,05	28,63%	31,48%
Outros	1549	9,86	775	4,93	13,78%	12,15%	21045	226,77	1735	18,70	28,39%	21,10%
Brasil	11237	71,54	6378	40,60	100,00%	100,00%	74122	245,54	8221	39,12	100,00%	100,00%

Fonte: Dados básicos: ALBUQUERQUE, 2001 [b]; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

Sobre Minas Gerais, o estado produzia 9,9% dos artigos brasileiros em 1999 e 7,78% das patentes em 2000, se encaixando no regime II de interação e sendo um estado intermediário brasileiro (ALBUQUERQUE, 2001 [b], p. 23). Em 2019, a produção científica mineira equivalia a 10,36% da brasileira e a tecnológica a 10,78%, ou seja, houve crescimento ao longo de duas décadas, pequeno para a produção científica e maior para a tecnológica. Esses valores o colocaram, em 2019, como o segundo maior produtor bruto de artigos (A), com 7.678, atrás apenas de São Paulo (21.233) e pouco à frente do Rio de Janeiro (7.652), e como o segundo maior produtor bruto de patentes (P), com 886, atrás novamente de São Paulo (2.588) e à frente do terceiro colocado, Paraná (776). Porém, em termos relativos, no ano de 2019, o estado ficou em 13º na produção de artigos por milhão de habitantes (A*), com apenas 362,70 artigos indexados na SCIE a cada milhão de habitantes, e em 7º na produção de patentes por milhão de habitantes (P*), com 41,85 patentes depositadas por milhão de habitantes, um reflexo sua grande população (21,17 milhões de habitantes nesse ano)²⁷.

Essa estagnação relativa da participação de Minas Gerais na produção científica e tecnológica brasileira e seus fracos indicadores em termos de milhões de habitantes, bem como sua distância dos estados mais bem colocados nas estatísticas que consideram a população e também do nível limiar de produção científica para o ano de 2019 (aproximadamente 1.300 artigos por milhão de habitantes), colocam o estado mineiro ainda como um estado intermediário situado

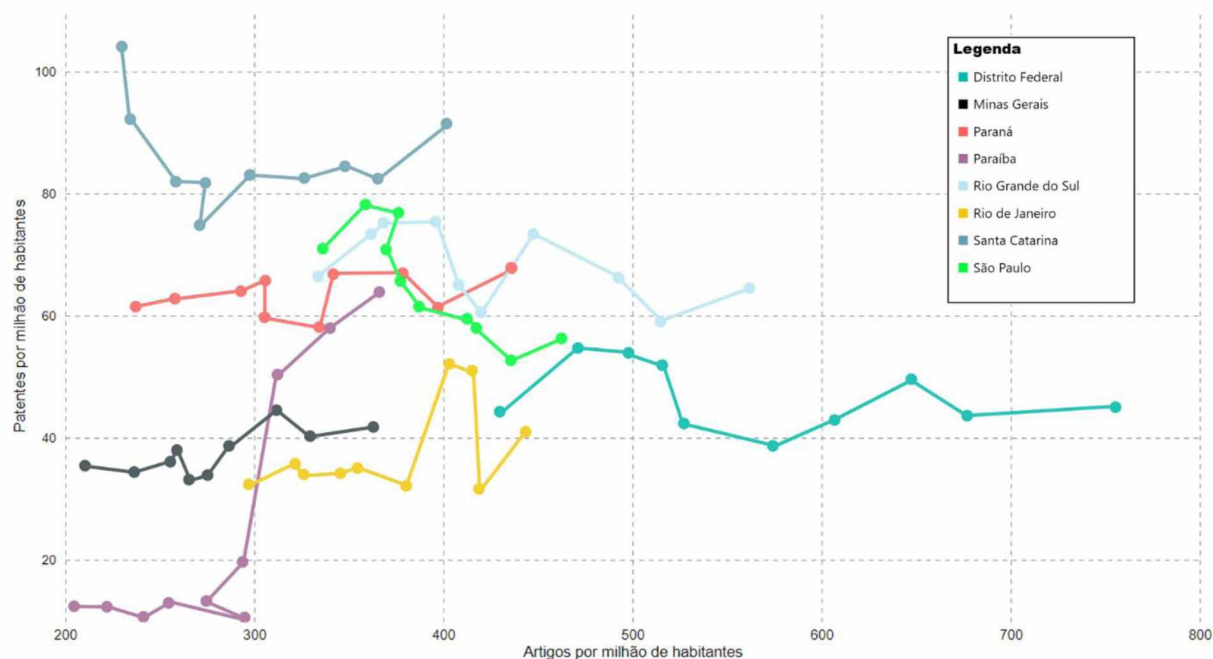
²⁷ Ver Tabelas 2 a 11 (Apêndice).

no regime II de interação dos sistemas de inovação, mas em posição de vantagem perante a alguns outros estados nesse regime.

Sobre as disparidades regionais, elas podem ser um grave empecilho para o processo de *catch up* brasileiro, conforme aponta Albuquerque (2001 [b], p.22) em uma passagem já analisada na seção 2.7. Segundo ele, não seria possível a criação de uma interação positiva entre a ciência, a tecnologia e a inovação e de um processo de *feedback* mútuo entre elas em apenas alguns poucos estados do país. Dessa forma, ampliar a capacidade científica e tecnológica dos estados brasileiros seria também uma pré-condição para o *catching up* e para o desenvolvimento do sistema de inovação brasileiro. “Há nesse segundo caso [processo de redução das desigualdades regionais], a necessidade de um processo de diminuição do atraso de regiões do país em relação aos polos internos mais avançados, sem detrimento ao contínuo avanço dessas regiões” (ALBUQUERQUE, 2001 [b], p. 22).

Por fim, objetivando uma análise comparativa das trajetórias das produções científicas e tecnológicas dos estados brasileiros, bem como a verificação dos possíveis processos internos de *catch up*, foi elaborado um gráfico de trajetórias (Gráfico 11) no modelo daquele apresentado pelos trabalhos de Ribeiro *et al.* (2006, p. 86) e Chaves *et al.* (2020, p. 57). Esse gráfico permite a visualização ano a ano de como esses indicadores se comportaram em cada estado e também ilustra o comportamento relativo deles entre si.

Gráfico 11: Trajetórias intertemporais das produções científicas e tecnológicas por milhão de habitantes dos estados brasileiros com os melhores indicadores no período 2010-19



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. Elaboração própria.

Nesse gráfico podemos ver que, com exceção do Distrito Federal e da Paraíba, as unidades federativas brasileiras mantiveram os mesmos níveis de produção científica e tecnológica por milhão de habitantes ao longo da última década. A primeira exceção é o Distrito Federal, que quase dobrou seu indicador de produção científica nesse período e a segunda é a Paraíba, que apresentou uma trajetória de *catch up* perante os outros estados. O estado paraibano quase dobrou sua produção científica (de 204,43, em 2010, para 365,84 artigos por milhão de habitantes em 2019) e quadruplicou sua produção tecnológica (de 12,48, em 2010, para 63,96 patentes por milhão de habitantes em 2019).

Além disso, o Gráfico 11 também ilustra a estagnação do estado mineiro, que foi ultrapassado nos dois indicadores pela Paraíba e se manteve distante dos estados melhor posicionados. Minas Gerais, assim como todos os outros estados representados exceto pela Paraíba, apesar de ter aumentado, ainda que pouco, sua produção científica, manteve aproximadamente o mesmo nível de produção tecnológica. Novamente isso parece ser um reflexo da geração insuficiente de ciência, incapaz de desencadear uma relação de *feedback* mútuo entre os atores inovativos e de se converter em geração de tecnologia e de inovação.

Além disso, apesar de não compor o escopo desse trabalho, é importante apontar a falta de diversificação econômica no estado de Minas Gerais e em todo o país também como um dos fatores que explicam nosso atraso em termos de avanços tecnológicos. Nos países menos desenvolvidos, a composição setorial da economia tende a ser diferente e menos diversificada quando comparada aos países desenvolvidos, dependendo fortemente da agropecuária e da extração mineral e tendo uma indústria que produz itens simples de consumo, e isso é um empecilho para a inovação (LUNDVAL *et al.*, 2009, p. 46). Esse é o caso do Brasil:

A experiência mundial indica que países ricos são países que produzem bens complexos que exigem muita pesquisa e desenvolvimento, e que exportam intensivamente estes produtos. O Brasil trilhou um caminho oposto: os resultados positivos das exportações estão apoiados em commodities. Este fato é um reflexo da evolução da estrutura econômica, que refluí em direção a um passado de já se julgava superado (SILVA, 2019, p. 17).

Nesse sentido,

A dificuldade de manter trajetória estável de crescimento é apenas um dos efeitos perversos decorrentes da especialização produtiva em recursos naturais. Há décadas, a literatura econômica discute se a maior concentração da estrutura produtiva na extração de recursos naturais seria uma “maldição” para as economias que se especializam nesses setores, por impedir o desenvolvimento de indústrias dinâmicas. [...] A concentração das exportações em produtos de baixa complexidade, efeito associado à doença holandesa, comprometem o desenvolvimento de indústrias dinâmicas [...] o aumento de concentração das exportações em produtos como petróleo, minério de ferro ou soja leva à perda de complexidade econômica futura, comprometendo o desenvolvimento das regiões que se especializam na produção desses produtos (SALLES *et al.*, 2018, p. 35).

Especificamente sobre o estado mineiro, os autores apontam que

A economia de Minas Gerais encontra-se presa em uma armadilha de baixa complexidade econômica: a estrutura produtiva existente enfraquece as bases econômicas necessárias para o desenvolvimento das capacidades requeridas para a sofisticação futura. Esse resultado foi confirmado a partir da análise dos indicadores de complexidade econômica, prognóstico de complexidade e complexidade dos produtos exportados por Minas Gerais. A análise apresentada sugere que a superação dessa armadilha será mais difícil para Minas Gerais do que para os outros estados brasileiros que possuem níveis similares de desenvolvimento econômico (SALLES *et al.*, 2018, p. 336).

Por isso, a diversificação econômica do Brasil e de Minas Gerais é importante, uma vez que, mesmo que todos os setores possam se utilizar de novas

tecnologias, são nos setores mais tecnologicamente sofisticados que os fluxos tecnológicos são maiores (PAVITT, 1984). Conseqüentemente, o desenvolvimento dos sistemas de inovação e a superação da renda média dependem dessa diversificação.

Retomando nossa discussão sobre as produções de C&T no Brasil, é possível ainda relacionar o efeito da rainha vermelha com as trajetórias estaduais ilustradas no Gráfico 11. Isso porque todos os estados aumentaram suas respectivas produções científicas, porém não rápido o suficiente para ultrapassar o nível limiar, que em 2010 era de 784 artigos por milhão de habitantes, em 2015, 1.012, e em 2019, 1.393 (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020). Dessa forma, fica claro que, se os estados pretendem elevar seus sistemas de inovação ao mesmo nível de desenvolvimento daqueles dos países desenvolvidos, é necessário um esforço maior, uma vez que quanto mais atrasados estão esses sistemas, mais radicais são as medidas necessárias.

Em resumo, o que esses gráficos e mapas revelam para Minas Gerais é que, apesar de concentrar boa parte da produção brasileira bruta de artigos e de patentes, o estado se encontra estagnado em níveis baixos quando considerada a publicação de artigos científicos indexados no SCIE por milhão de habitantes e o depósito de patentes e modelos de utilidade no INPI por milhão de habitantes. Isso aumenta cada vez mais a distância do sistema estadual de inovação mineiro daqueles dos países centrais em termos de avanço na produção de inovações e do desenvolvimento e sofisticação das interações entre os agentes inovadores. Além disso, apesar de estarmos aumentando nossa produção científica por milhão de habitantes, esse aumento é lento demais e insuficiente para um processo de *catch up* bem-sucedido tanto em relação aos estados brasileiros melhor colocados, como em relação aos países desenvolvidos.

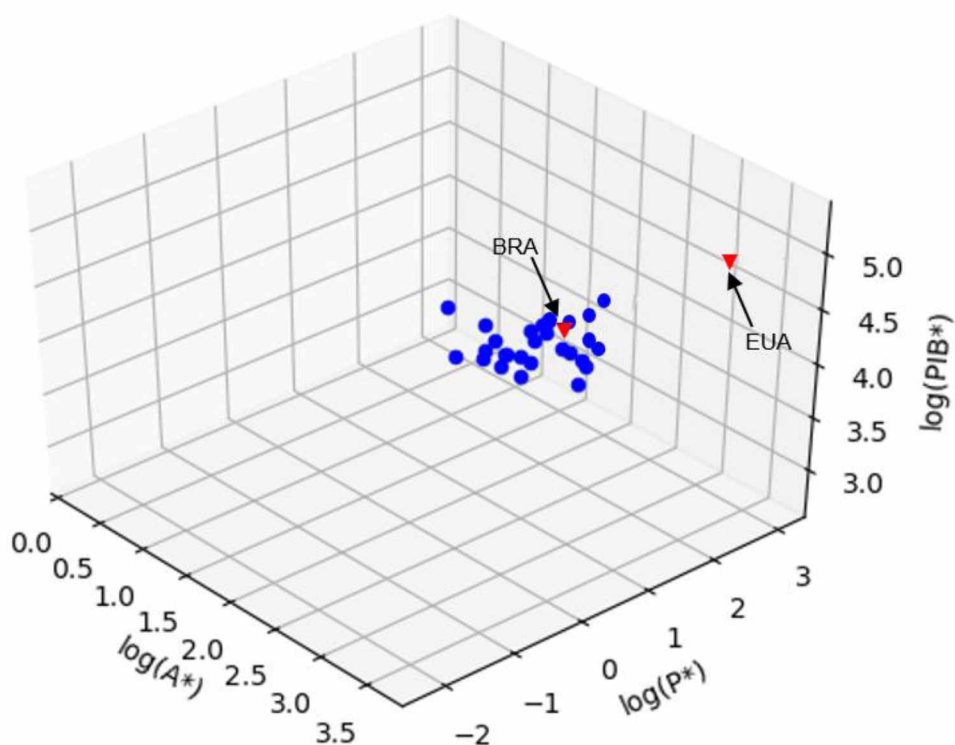
A produção tecnológica, por sua vez, se manteve estagnada no mesmo nível, um reflexo, de um lado, da produção científica insuficiente e, de outro, das fracas interações das universidades e institutos de pesquisa com as empresas inovadoras. Dessa forma, é preciso aumentar os esforços de coordenação das relações entre os atores do SI mineiro, além da clara necessidade de aumento das produções científicas em áreas relacionadas à inovação tecnológica. Essas observações valem também para os outros estados ilustrados e para o Brasil como um todo.

4.2 A inexistência de um processo de *catch up* no Brasil e em seus estados ao longo da última década

Após analisar os indicadores dos estados e das regiões brasileiras, é interessante também compará-los aos indicadores de um país que já possua um sistema de inovação no regime III de interação (BERNARDES, ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020). Para isso, foram escolhidas as estatísticas estadunidenses, conforme explicado no capítulo sobre a metodologia desse estudo. Dessa forma, será possível analisar a posição e a trajetória dos SIs brasileiros estaduais e nacional em relação aos Estados Unidos, que servirá como um ponto de referência para o *catch up*. Além disso, essa análise será então relacionada com os fenômenos da armadilha da renda média e o efeito da rainha vermelha.

A começar pelo gráfico tridimensional de renda *per capita* em dólares internacionais de paridade do poder de compra (PPC) referentes a 2017, artigos por milhão de habitantes e patentes por milhão de habitantes referentes ao mesmo ano (Gráfico 12), em que fica evidente o atraso de Brasil e das UFs brasileiras em relação aos indicadores norte-americanos, especialmente tendo em mente que os eixos estão em escala logarítmica.

Gráfico 12: Artigos por milhão de habitantes (A^*), patentes por milhão de habitantes (P^*) e PIB per capita (PIB^*) em dólares PPC de 2017 das UFs brasileira, do Brasil e dos Estados Unidos no ano de 2017 (em escala logarítmica)



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; WORLD BANK, 2018; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020. Elaboração própria.

Contraponto esse gráfico ao Gráfico 1 (CHAVES *et al.*, 2020, p. 23), que está na mesma escala, é possível ver que o Brasil e seus estados se encontram no mesmo nível dos países do regime II de interação, conforme já apontado na seção anterior a partir de outras comparações. Isso significa que, em uma comparação internacional, as unidades federativas brasileiras estão numa posição intermediária, com produções científicas e tecnológicas menos expressivas e menos sofisticadas que as dos países desenvolvidos. Além disso, há uma certa produção de artigos e de patentes, mas conexões entre os agentes são fracas, o que faz com que a conversão da primeira na segunda seja baixa. Em outras palavras a produção científica pode determinar alguma produção tecnológica, mas não a ponto de viabilizar um efeito retroalimentador.

Vale pontuar que a comparação entre as estatísticas do INPI (escritório nacional brasileiro) e do USPTO (escritório nacional estadunidense) possui algumas

limitações. Em primeiro lugar, há uma diferenciação das legislações das patentes, que envolve:

1) as exigências que devem ser cumpridas; 2) os setores de atividade que estão excluídos do direito de patentear; 3) duração da patente; 4) a abrangência da patente; 5) facilidade (e dificuldade) para a oposição ao direito à patente por indivíduos e/ou empresas que se sintam lesados; 6) local para resolução das disputas em torno da propriedade das patentes; 7) conexões com legislações antitruste e pró-competição (ALBUQUERQUE, 2000, p. 10).

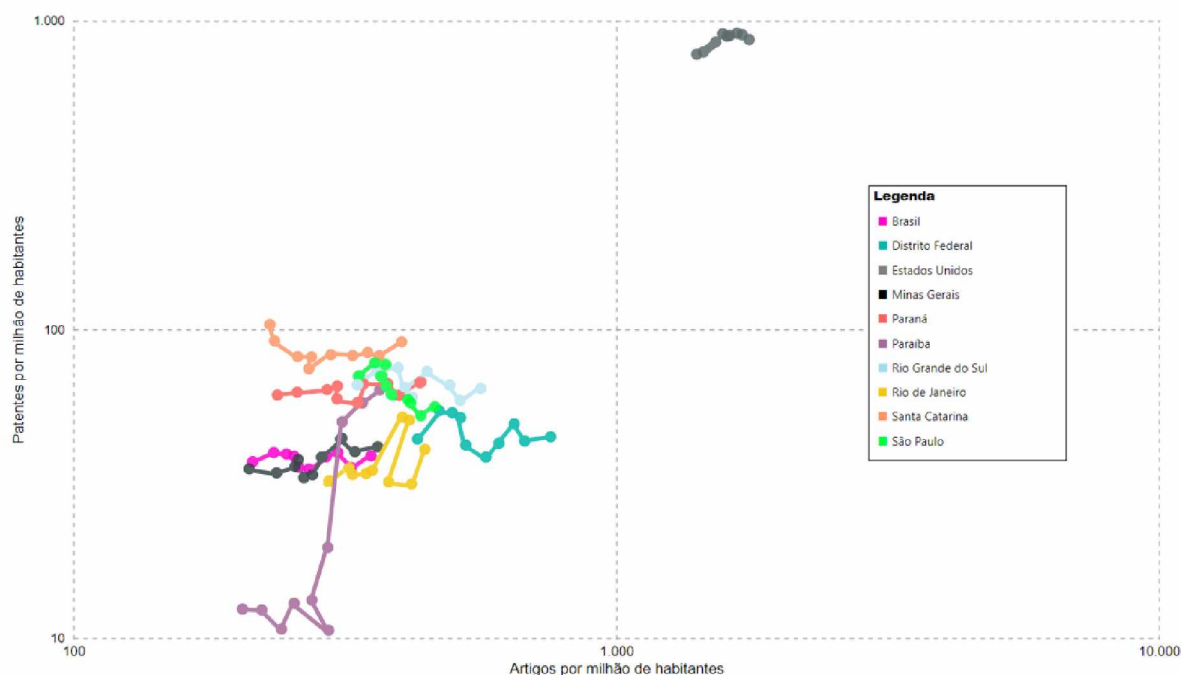
Além disso, há também algumas diferenças administrativas que limitam a comparabilidade estatística:

Os Escritórios Nacionais se diferenciam quanto à agilidade, presteza, burocracia etc. Em especial, a relação entre pedidos e concessões de patentes pode variar de forma significativa. Questões administrativas, portanto, ampliam os problemas da comparabilidade das patentes domésticas. (ALBUQUERQUE, 2000, p. 11).

Porém, o uso das estatísticas domésticas para cada país também possui algumas vantagens para a análise feita por esse trabalho: maior número de patentes depositadas em comparação ao total de patentes concedidas pela USPTO aquele país; fornecimento de um quadro mais completo das atividades econômicas do país, uma vez que as patentes na USPTO são influenciadas pelas relações comerciais com os EUA (ALBUQUERQUE, 2000, p. 11); e a possibilidade de desagregação a nível estadual, a principal razão por trás do uso das estatísticas do INPI nesse trabalho.

De volta aos resultados do trabalho, o Gráfico 13 foi elaborado com o intuito de comparar as trajetórias intertemporais brasileiras com a estadunidense, para examinar se, com o passar do tempo, a distância verificada acima está se reduzindo ou aumentando. Tem-se, então, um segundo gráfico de trajetórias, dessa vez com as estatísticas dos dois países.

Gráfico 13: Trajetórias intertemporais das produções científicas e tecnológicas por milhão de habitantes dos Estados Unidos, do Brasil e dos estados brasileiros com os melhores indicadores no período 2010-19 (em escala logarítmica)

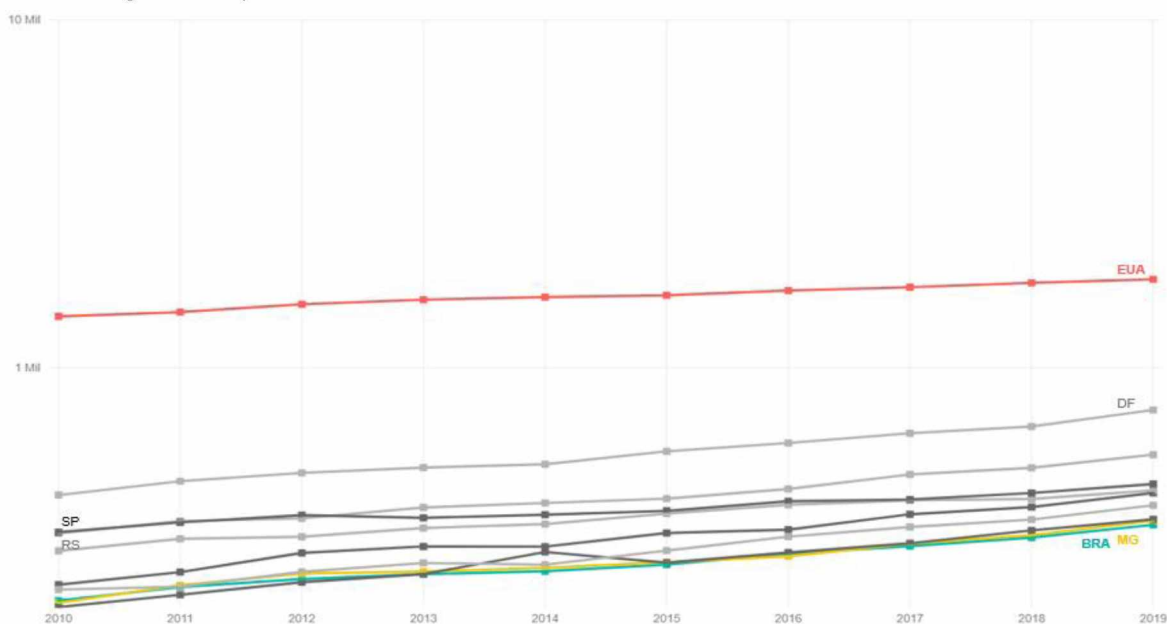


Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; WORLD BANK, 2018; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020. Elaboração própria.

No Gráfico 13, cada ponto representa um ano do período 2010-2019²⁸. Primeiramente, deve-se ter atenção à escala logarítmica do gráfico: no terceiro quadrante, onde estão localizadas as trajetórias brasileiras, o eixo x vai de 100 a 1.000 artigos por milhão de habitantes e o eixo y de 10 a 100 patentes por milhão de habitantes; já no primeiro quadrante, onde se encontra os EUA e representado com o mesmo tamanho do terceiro, tanto o eixo x, como o eixo y possuem um escopo 10 vezes maior, indo de 1.000 a 10.000 e de 100 a 1.000 respectivamente. Isso significa que as produções científicas e tecnológicas brasileiras precisam apresentar um ritmo de crescimento anual exponencial para alcançar as norte-americanas, que crescem exponencialmente em valores baixos e constantes. Porém não é isso que vemos nos gráficos 14 e 15.

²⁸ Para os Estados Unidos, os dados de depósitos de patentes e modelos de utilidade depositados no USPTO com origem estadunidense vão até 2018. Por isso, sua trajetória vai de 2010 a 2018, diferentemente das outras, que vão até 2019.

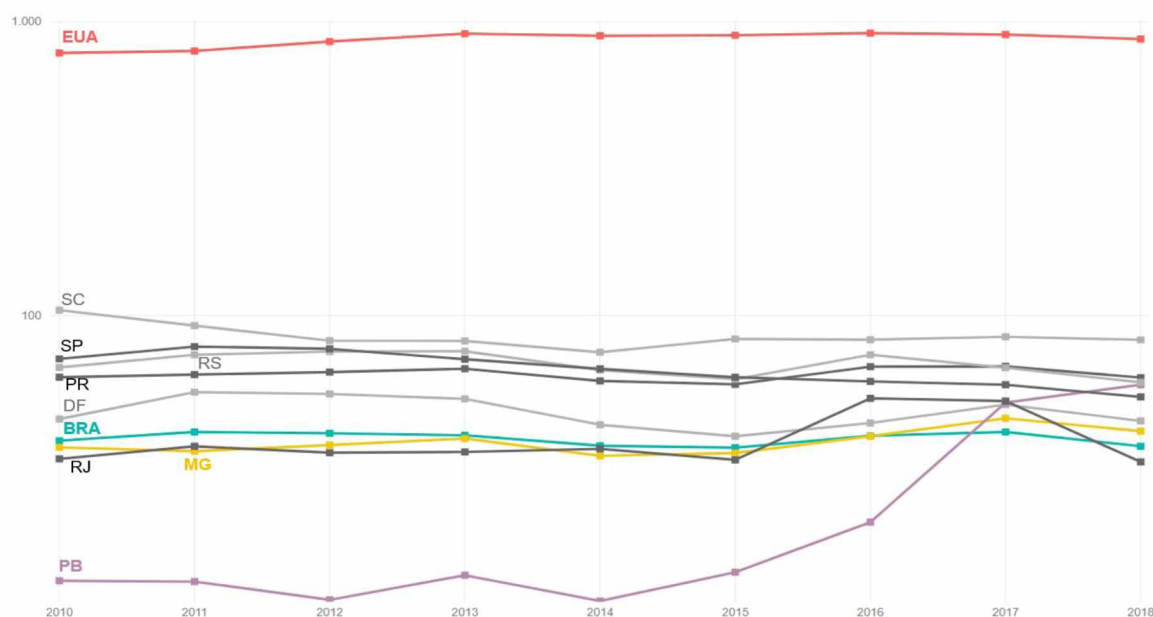
Gráfico 14: Trajetória da produção de artigos indexados no SCIE por milhão de habitantes das UFs brasileiras, do Brasil e dos Estados Unidos ao longo dos anos 2010-2019 (em escala logarítmica)



Fonte: Dados básicos: WEB OF SCIENCE, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020. Elaboração própria.

No que se refere à produção científica, nenhum dos estados brasileiros reduziu significativamente sua distância relativa a produção estadunidense. Além disso, considerando a taxa de crescimento anual de 6,6% do limiar de produção científica (CHAVES *et al.*, 2020, p. 57), o valor de 1.393 artigos por milhão de habitantes desse limiar no ano de 2019, a produção brasileira no mesmo ano, de 352,91 artigos indexados no SCIE a cada milhão de habitantes e a taxa média de crescimento desse valor nos últimos 5 anos (6,8% ao ano), o Brasil levará aproximadamente 730 anos para ultrapassar o limiar e atingir o regime III de interação. Para fins de comparação, a Coreia do Sul levou aproximadamente quatro décadas para sair de uma posição anterior à brasileira em 1974 (em termos das produções científicas e tecnológicas) e ultrapassar o limiar que divide o regime II do regime III, no século XXI, passando a fazer parte do grupo de países com um SI maduro e sofisticado.

Gráfico 15: Trajetória da produção de patentes por milhão de habitantes das UFs brasileiras, do Brasil e dos Estados Unidos ao longo dos anos 2010-2018 (em escala logarítmica)



Fonte: Dados básicos: INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020. Elaboração própria.

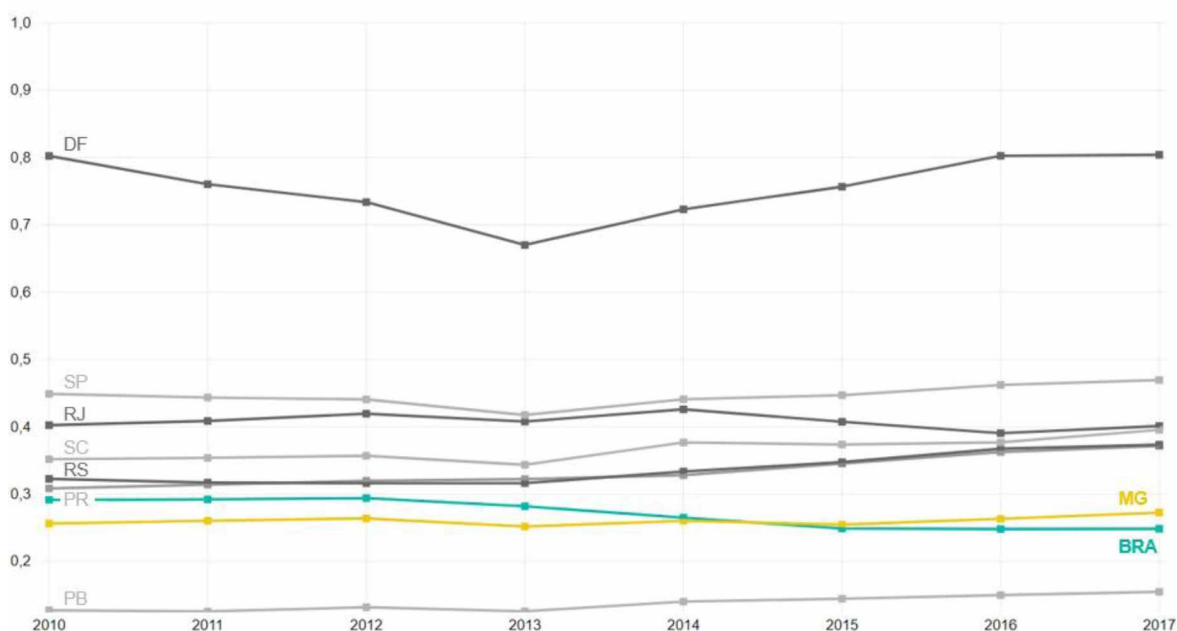
A situação referente à produção tecnológica é ainda pior, porque diferentemente das estatísticas da produção científica, ela não aumentou de maneira significativa em nenhum estado, com exceção da Paraíba, ao longo do período de 2010 a 2018²⁹, pelo contrário, caiu em seis dos oito estados selecionados. Minas Gerais foi um dos dois estados que cresceram, tendo passado de 35,52 para 40,35 patentes por milhão de habitantes, um pequeno aumento, mas que se destaca em meio às quedas dos outros estados destacados. Porém, vale pontuar que Minas Gerais manteve sua produção tecnológica estagnada quando colocada em razão da estadunidense: o depósito de patentes por milhão de habitantes de Minas representava, em 2010, 4,54% do americano e, em 2019, passou para 4,62%. O outro estado que apresentou um resultado positivo é a Paraíba, que merece destaque por ter passado de 12,48 para 58,05 patentes por milhão de habitantes, com uma taxa de crescimento média anual de 27% ao ano no período. Se o estado paraibano e os Estados Unidos continuarem crescendo nos ritmos observados

²⁹ Novamente, os dados de depósitos de patentes e modelos de utilidade depositados no USPTO com origem estadunidense referentes a 2019 ainda não foram divulgados. Por isso, o gráfico ilustra o período de 2010-18.

nesse intervalo de tempo, o primeiro alcançará o segundo em 13 anos. No caso de Minas Gerais, nessas mesmas condições, o tempo aproximado seria de 390 anos.

Esses três gráficos (13, 14 e 15) ilustram a estagnação relativa do Brasil e dos seus estados perante os países centrais. Isso vale inclusive para a Paraíba, que apresentou um forte crescimento da produção tecnológica, mas que se manteve estagnada em sua produção científica, que, conforme apresentado na revisão da literatura (capítulo 2), é fundamental no processo de *catch up*. Dessa forma, as UFs brasileiras são como o “Brasil e outros países de renda média [que] conseguem aumentar sua produção de ciência e tecnologia, mas em uma intensidade apenas suficiente para manter o hiato em relação à fronteira tecnológica internacional relativamente constante” (ALBUQUERQUE, 2018, p. 410). Essa estagnação dos nossos sistemas de inovação é, possivelmente, a principal razão por trás da nossa estagnação em um nível de renda média, representada no Gráfico 16.

Gráfico 16: Razão entre o PIB per capita das UFs brasileiras e o PIB *per capita* dos Estados Unidos: 2010-2017 (medido em dólares PPC internacionais constantes de 2017).

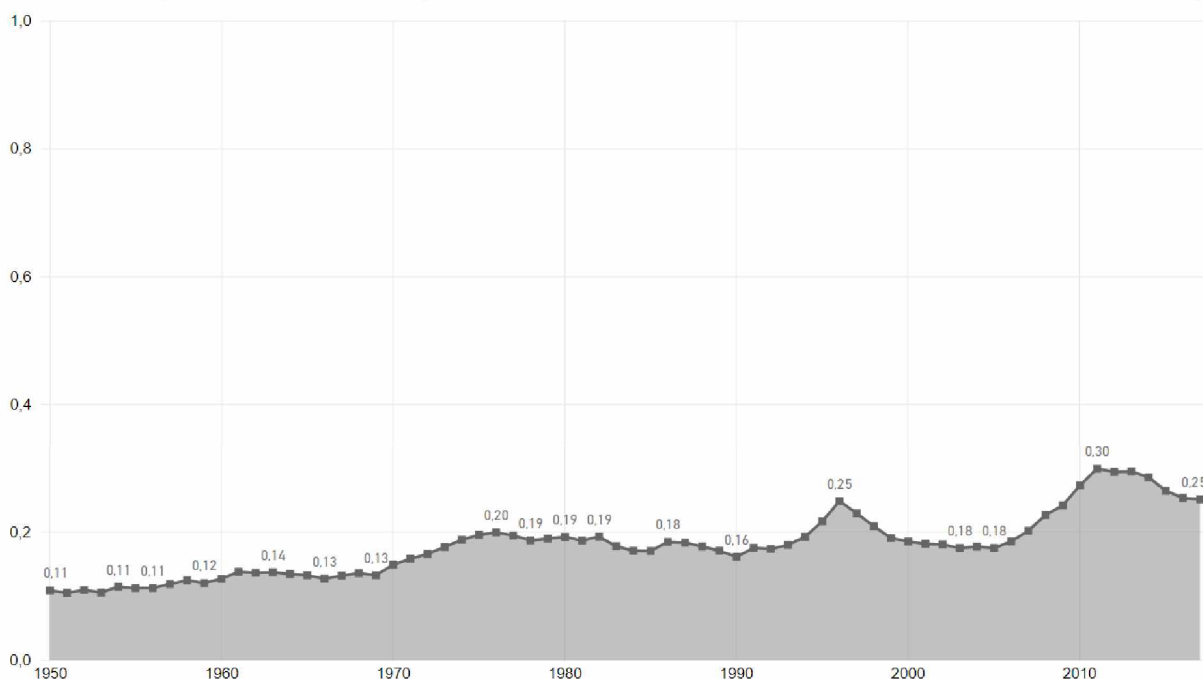


Fonte: Dados básicos: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; WORLD BANK, 2018; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020. Elaboração própria.

Podemos ver, então, no Gráfico 16, que as estagnações científicas e tecnológicas do Brasil e de seus estados é acompanhada pela estagnação econômica deles, uma vez que não é significativa a redução do hiato entre as rendas per capita estaduais e nacional em relação à renda per capita dos Estados Unidos. Os estados que mais avançaram foram os da região sul: Paraná passou de

um PIB *per capita* equivalente a 0,31 do estadunidense, em 2010, para 0,37, em 2019; Santa Catarina, de 0,35 para 0,40; e Rio Grande do Sul, de 0,32 para 0,37.

Gráfico 17: Razão entre o PIB per capita do Brasil em relação ao dos Estados Unidos no período 1950-2017 (medido em dólares PPC internacionais constantes de 2011)



Fonte: FEENSTRA; INKLAAR; TIMMER, 2015. Elaboração própria.

Conforme ilustrado pelo Gráfico 17, essa estagnação relativa não é um fenômeno recente para o Brasil, visto que a renda *per capita* brasileira tem correspondido à uma fração equivalente a entre 15% e 30% da renda estadunidense desde 1970. Dessa forma, ao longo de 67 anos, o Brasil avançou apenas de 11% para 25% em termos de renda *per capita* comparada à norte americana. Para fins de comparação, a Coreia do Sul conseguiu, em apenas 25 anos, ter sua renda *per capita* elevada de um equivalente a 30% da estadunidense, em 1990, para 66% em 2015 (ALBUQUERQUE, 2018, p. 412). Essa é mais uma evidência do fenômeno da armadilha da renda média no Brasil.

Como o *catch up* tem suas pré-condições transformadas com o passar do tempo, devido às dinâmicas tecnológicas, mesmo que o Brasil, Minas Gerais e os outros estados brasileiros – todos presos em um nível de renda média – venham aumentando suas respectivas produções científicas há décadas, as posições tecnológicas deles em relação ao resto do mundo se mantém relativamente estagnadas. Dessa forma, contrapondo-se os gráficos 13 e 16, vemos que os estados brasileiros que sofrem com o efeito da rainha vermelha, em que suas

produções científicas crescem a um ritmo insuficiente e não se convertem em produções tecnológicas, são os mesmos que sofrem com a armadilha da renda média. Fica, então, evidente que a superação desse problema envolve um grande esforço em nome do desenvolvimento dos nossos sistemas de inovação, tanto a nível federal, como nos níveis estaduais e até mesmo municipais. Nesse sentido, a próxima seção irá avaliar os esforços do governo estadual mineiro em nome do desenvolvimento científico e tecnológico do estado.

4.3 O investimento público do governo de Minas Gerais em CT&I no período 2010-19

O cenário de estagnação relativa da produção mineira de artigos por milhão de habitantes e de patentes por milhão de habitantes, bem como sua colocação intermediária no *ranking* dos estados brasileiros desses dois indicadores, são preocupantes e merecem a atenção do poder público. Vimos na seção 2.4 e 2.5 a importância de um Estado que invista em seu sistema de inovação e que coordene os agentes dele, já que o desenvolvimento do SI é uma pré-condição para o *catching up* e para a superação da armadilha da renda média. Por isso, é de se esperar que o governo mineiro tenha interesse em reverter esse quadro negativo e em transformar o estado numa referência no quesito inovação.

Para verificar essa hipótese, foram calculados o total da despesa pública executada no período 2010-19 pelo governo de Minas Gerais em CT&I, a partir da metodologia descrita no capítulo 3. Os resultados, disponíveis na Tabela 12 no Apêndice, são importantes porque, além de servirem aos objetivos desse trabalho, constituem uma continuação da série histórica da RIECTI do MCTI, que compilava os gastos públicos estaduais em CT&I de todas as unidades federativas brasileiras e que foi interrompida em 2013. Nesse sentido, vale destacar que os resultados encontrados por esse trabalho para os anos 2010-2013 foram comparados com os encontrados pela FJP e enviados ao MCTI para a composição da RIECTI e se encontram na Tabela 13 (Apêndice). A diferença entre os resultados foi pequena, representando, em média, apenas 2,14% (média dos módulos das diferenças percentuais de cada ano).

Além disso, foram analisados também os investimentos totais em projetos de pesquisa pela Fapemig ano a ano durante o mesmo período. Os resultados se

encontram na Tabela 13 (Apêndice). Essas duas estatísticas foram compiladas em gráficos, que serão apresentados a seguir.

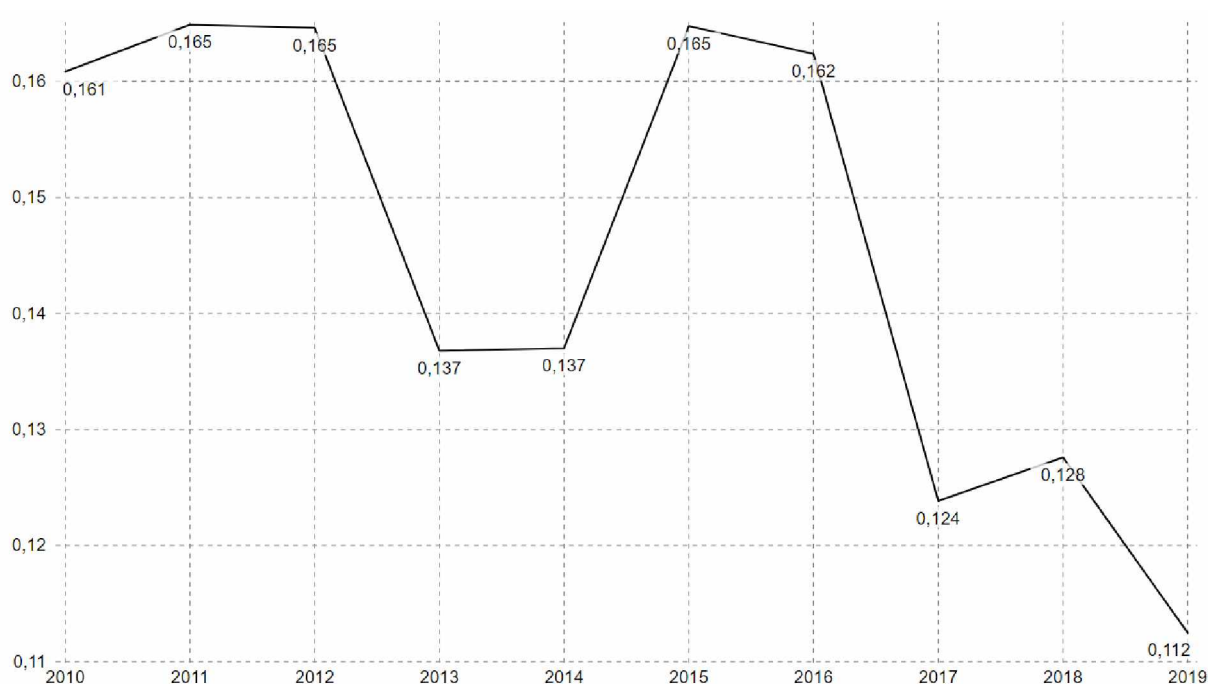
O primeiro deles (Gráfico 18) contém a série histórica da última década sobre as despesas executadas pelo governo de Minas nas áreas de CT&I em valores correntes de 2019. Nele é possível perceber que o valor bruto investido caiu de R\$ 1,08 bilhões, em 2015, para R\$ 710,9 milhões em 2019 (em valores correntes). Isso representa uma queda de 35,43%, em termos reais, do investimento público mineiro total em CT&I ao longo de apenas quatro anos. Essa queda também aparece quando os dispêndios são colocados em razão do PIB do estado, como ilustra o Gráfico 19. Nesse sentido, o valor caiu de 0,16%, em 2010, para 0,11% em 2019, uma forte queda de aproximadamente de 30%.

Gráfico 18: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA)



Fonte: Dados Básicos: SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DE MINAS GERAIS (SEF/MG), 2019. Elaboração própria.

Gráfico 19: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 em pontos percentuais do PIB do estado.



Fonte: Dados Básicos: SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DE MINAS GERAIS, 2019; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2019. Elaboração própria.

Dessa forma, não é possível relacionar esse desinvestimento somente à estagnação econômica vivida pelo estado de Minas Gerais, já que mesmo em termos do PIB, o valor gasto pelo governo mineiro em CT&I diminuiu consideravelmente, representando 0,165% do produto interno bruto estadual em 2015 e caindo para 0,112% em 2019.

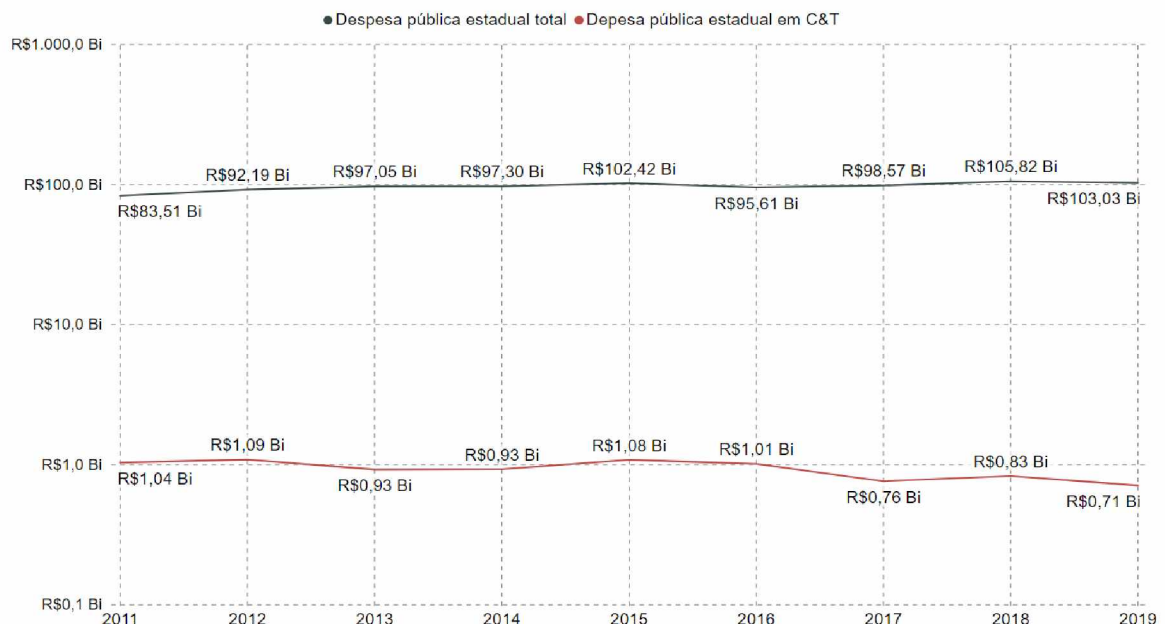
Nesse sentido, vale também analisar os dispêndios nessa área em relação aos dispêndios totais do poder público mineiro, afim de verificar se essa queda pode ser explicada por uma queda global das despesas, fruto da crise vivida pelo estado. Com esse fim, foram elaborados os gráficos 20 e 21, que ilustram a trajetória do gasto público em CT&I em razão da despesa pública total de Minas Gerais (Gráfico 20) e as trajetórias dos dispêndios públicos totais comparada com a do dispêndio público em CT&I (Gráfico 21).

Gráfico 20: Dispêndios do governo de Minas Gerais em Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2010-19 em razão dos dispêndios públicos totais



Fonte: Dados Básicos: SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DE MINAS GERAIS, 2019; PORTAL DA TRANSPARÊNCIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2020. Elaboração própria.

Gráfico 21: Trajetórias do dispêndio público mineiro em CT&I no período 2011-19 e do dispêndio público estadual total (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA e em escala logarítmica).



Fonte: Dados Básicos: SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DE MINAS GERAIS, 2019; PORTAL DA TRANSPARÊNCIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2020. Elaboração própria.

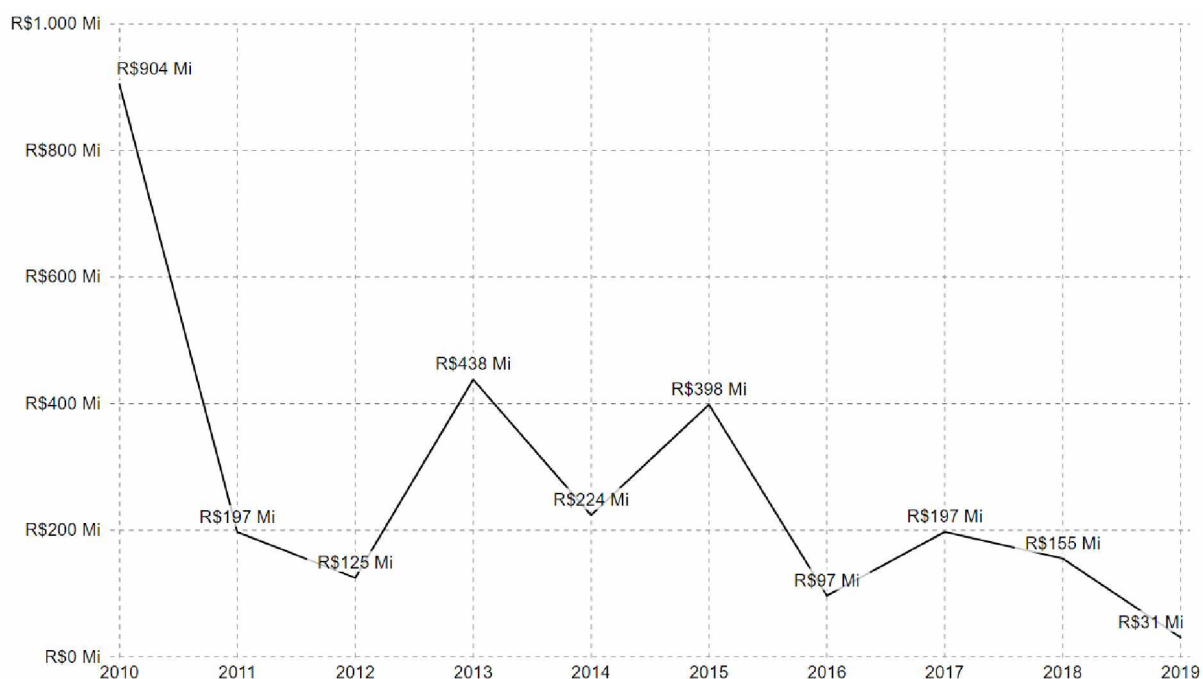
Dessa forma, é possível ver que, mesmo em termos da despesa total do governo de Minas, o investimento público em ciência, tecnologia e inovação caiu, e

mais: a queda, nesse caso, foi ainda maior, passando de 1,24%, em 2011, para 0,69% em 2019. Em outras palavras, houve uma redução de 44,35% na participação dos gastos estaduais em CT&I em relação aos gastos totais.

Além disso, o Gráfico 21 demonstra que essa queda não pode ser inteiramente explicada pela atual crise vivida pelo estado, que causaria uma estagnação ou queda global dos gastos públicos, que, por sua vez, forçaria uma restrição dos gastos discricionários. Na realidade, a despesa pública total aumentou 23,37% em termos reais entre 2011 e 2019, passando de R\$ 83,51 bi, para R\$ 103,03 bi, enquanto o investimento público em CT&I caiu 35,43% como já mencionado (p.88).

Esses gráficos ilustram, então, a inegável e forte queda do investimento público estadual em CT&I ao longo da última década³⁰. Ademais, quando se trata especificamente dos investimentos em projetos de pesquisa, feitos pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, a queda é ainda mais expressiva, conforme ilustram os gráficos 22 e 23.

Gráfico 22: Dispêndios da Fapemig em projetos de pesquisa no período 2010-19 (em valores correntes de 2019 corrigidos pelo IPCA)

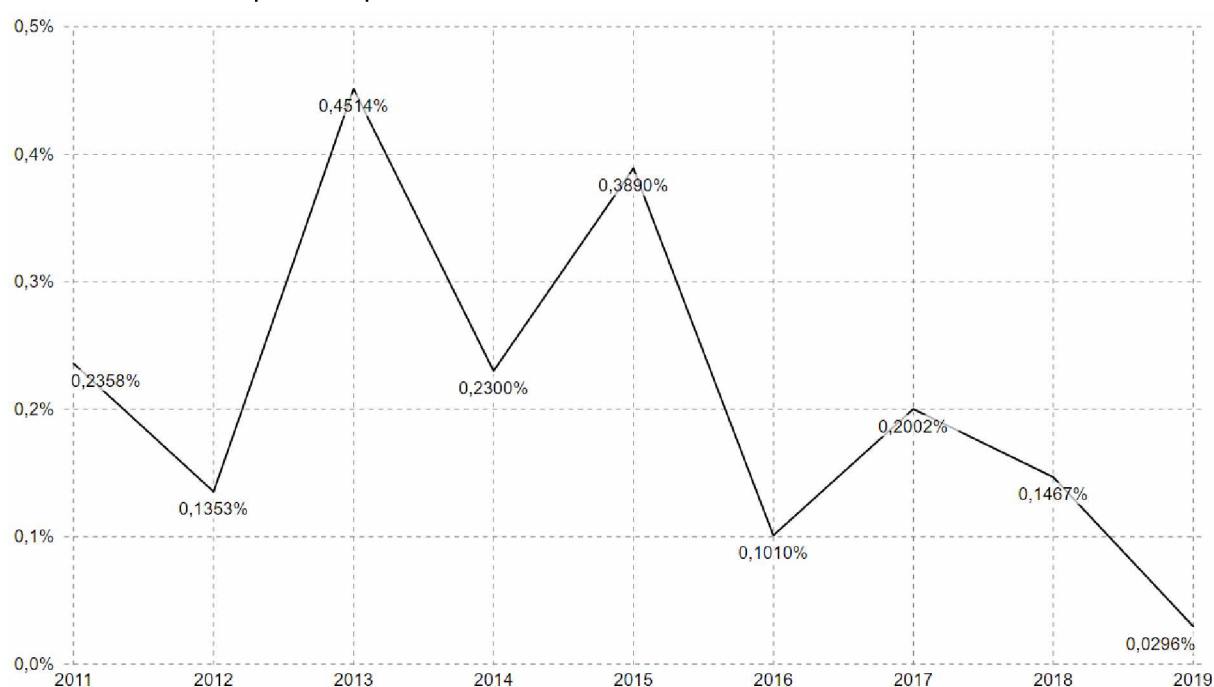


Fonte: Dados Básicos: FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DE MINAS GERAIS, 2020. Elaboração própria.

³⁰ Vale pontuar que, concomitantemente ao desinvestimento estadual em CT&I, desde 2015, governo federal também tem reduzido os investimentos em P&D, assim como os gastos com o MCTI e com o CNPq (NORTE, 2020).

No Gráfico 22, vemos uma espantosa queda de 96,57% no montante investido anualmente em projetos de pesquisa pela Fapemig, que passou de R\$ 904 milhões, em 2010, para R\$ 31 milhões em 2019 (em valores correntes). Vale lembrar que esse montante é calculado a partir do valor total gasto pela fundação nas seguintes rubricas: bolsas de pesquisa, consultorias, equipamentos e materiais permanentes, manutenção dos equipamentos, materiais de consumo, passagens, softwares, despesas operacionais, serviços de terceiros e outros. Dessa forma, vemos que a principal agência de fomento à pesquisa em Minas Gerais tem apoiado cada vez menos a produção de ciência no estado. Isso vale também para uma análise que considera esse gasto em razão das despesas estaduais totais no mesmo período, conforme ilustra o Gráfico 23.

Gráfico 23: Dispendios em projetos de pesquisa pela Fapemig no período 2010-19 em razão dos dispendios públicos estaduais totais de Minas Gerais



Fonte: Dados Básicos: FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DE MINAS GERAIS, 2020; PORTAL DA TRANSPARÊNCIA DE MINAS GERAIS, 2020. Elaboração própria.

Nesse caso, a fração correspondente ao gasto da Fapemig em projetos de pesquisa em relação aos gastos públicos estaduais totais era de 0,24%, em 2011, aumentou para 0,45% em 2013, e chegou a apenas 0,03% em 2019. Essa queda entre os anos de 2013 e 2019 foi de impressionantes 93,44%³¹.

31 Em contraposição, em 2019, a Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp) desembolsou R\$ 1,26 bilhão em 24.806 projetos de pesquisa em todas as áreas do conhecimento.

Todas essas estatísticas vão na contramão do que foi feito pelo Estado em países bem-sucedidos no *catching up* (ver seção 2.4). Em primeiro lugar, é papel do poder público investir em CT&I, pois há uma natureza complementar dos investimentos públicos e privados em ciência e tecnologia, com aquele, no geral, se concentrando no longo prazo e este, no curto prazo e no específico. (PAVIT, 1991, p. 112). Isso porque o Estado, diferentemente do mercado, está disposto a investir em atividades arriscadas (incertezas *knightianas*) e possui os recursos necessários para investimentos maiores (NELSON, 1959, p. 302-4; ARROW, 1971, p. 152).

Além disso, apesar da globalização, os laços nacionais entre cientistas e inventores de um país ainda são fortes e, por isso, uma base científica robusta é necessária para uma tecnologia nacional robusta em áreas muito dependentes da ciência (NARIN *et al.*, 1998, p. 322). Nesse sentido, os pesquisadores e os profissionais treinados são fundamentais para atividades científicas aplicadas, pois eles trazem consigo não apenas o conhecimento resultante de suas respectivas pesquisas, mas também habilidades, métodos e uma rede de contatos profissionais que irão ajudá-los a solucionar os problemas tecnológicos que eles enfrentarão posteriormente. (PAVIT, 1991, p. 114). Em outras palavras a ciência nacional ainda alimenta majoritariamente as tecnologias controladas nacionalmente, uma vez que, em geral, as transferências de habilidade e de conhecimento entre ciência e tecnologia são personificadas (PATEL; PAVITT, 1990, p. 17).

Há ainda o papel do governo na própria geração de tecnologias, pois, o investimento em grande escala e de longo prazo é a fonte principal da absoluta maioria das tecnologias de propósito geral, que possuem uma grande capacidade de geração de valor (RUTTAN, 2006, p. 177). Também cabe ao Estado a atuação como um “catalisador das revoluções tecnológicas”, despertando toda a rede de inovação para a ação e a difusão do conhecimento (MAZZUCATO, 2018, cap. 1).

Finalmente, a maior inspiração para o investimento público em ciência e tecnologia é o fato de que a liderança ou o atraso tecnológico são de central importância em um sistema global de competição acirrada e em uma época em que as revoluções tecnológicas são cada vez mais sofisticadas, o que exige um aprimoramento crescente das capacidades científicas e tecnológicas dos sistemas de inovação. Sendo assim, o desinvestimento do governo mineiro em CT&I ao longo dos últimos anos é preocupante e deve ser revertido para que o sistema de inovação do estado não se distancie ainda mais de um estágio de maiores e melhores

produções de CT&I e para que o estado, bem como o Brasil, consiga ser bem-sucedido em um processo de *catch up*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os primeiros objetivos desse estudo foram: identificar a posição do Estado de Minas Gerais em relação aos outros estados brasileiros em termos de produção de C&T; apontar em qual regime de interação estão os sistemas estaduais de inovação brasileiros; e determinar o comportamento deles em relação ao limiar que separa os SIs dos países desenvolvidos dos SIs de outros países (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2020), de forma a verificar uma possível ocorrência de um *catching up*.

A começar pela posição de Minas Gerais, pode-se dizer que o estado é bem colocado em termos de produção bruta de ciência e de tecnologia, tendo sido, em 2019, o segundo maior produtor bruto de artigos indexados da SCIE e de patentes depositadas no INPI. Porém, em termos de artigos e patentes produzidos por milhão de habitantes, Minas ocupa uma posição intermediária no contexto brasileiro, tendo sido o 13º colocado em relação aos artigos e o 7º em relação às patentes nesse mesmo ano. Vale lembrar que, em 2010, MG era o 11º em relação às primeiras e o 6º em relação às segundas. Ou seja, nos últimos dez anos, em termos de produção científica por milhão de habitantes, Minas Gerais ultrapassou o Amapá, mas foi ultrapassada por Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Paraíba e, em termos de produção tecnológica por milhão de habitantes, perdeu uma posição também para a Paraíba.

Além disso, o Minas Gerais não integra o grupo de destaque com os melhores indicadores de renda *per capita* e de produções científica e tecnológica por milhão de habitantes, composto por Distrito Federal, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Esse grupo, além de possuir melhores indicadores, possui um coeficiente de determinação maior entre essas três variáveis (0,76), o que indica que o PIB desses estados apresenta uma maior correlação com os indicadores de ciência e tecnologia, uma consequência, dentre outros fatores, de uma maior produção de CT&I. Dessa forma, os dados apontam que os estados brasileiros com maior renda são aqueles com maior capacidade científica e tecnológica.

Além disso, outra característica marcante dos sistemas estaduais de inovação brasileiros é a grande desigualdade, uma vez que as produções de ciência e tecnologia no Brasil estão quase inteiramente localizadas nas regiões sul e no

sudeste do país, que representam 69,93% da primeira e 79,09% da segunda (2019). Vale pontuar que essa concentração era ainda maior há duas décadas, sendo o sul e o sudeste responsáveis por 80,94% da produção de artigos indexados no SCIE em 1999, e por 89,57% da produção de patentes em 2000. Essa redução é positiva na medida em que as desigualdades regionais podem ser um entrave para o processo de *catch up* brasileiro, pois ela poderia dificultar a criação de uma interação positiva entre os agentes inovativos e de um processo de feedback mútuo entre eles em apenas alguns poucos estados do país.

Apesar disso, mesmo com as fortes desigualdades, a produção de ciência no Brasil como um todo é pequena em comparação aos países desenvolvidos e a de tecnologia é ainda menor, sendo esse um resultado também da publicação insuficiente de artigos nas áreas mais tecnologicamente sofisticadas. Assim, nenhum estado se encontra no regime III de interação dos sistemas de inovação, formado pelos países desenvolvidos. Assim como o Brasil, as unidades da federação estão no regime II, sendo caracterizadas por uma produção científica considerável, porém bem abaixo do nível limiar necessário para o desencadeamento de uma relação positiva entre os agentes inovativos e, conseqüentemente, insuficiente para se converter em tecnologia.

Em outras palavras, a produção científica brasileira não é capaz de se traduzir em produção tecnológica, ou seja, a interação entre os atores dos sistemas de inovação dos estados do Brasil, incluindo Minas Gerais, é fraca e incapaz de promover uma retroalimentação entre as produções de ciência e de tecnologia. Conseqüentemente, as rendas estaduais não são determinadas pela produção de C&T, como ocorre nos países desenvolvidos. São outros os fatores que determinam o produto dos estados, uma característica que contrasta com o centro capitalista, que tem na ciência, na tecnologia e na inovação o motor de sua economia.

Ademais, ao analisar as trajetórias das produções de C&T estaduais e nacional em comparação com a dos Estados Unidos ao longo do período 2010-19, é possível apontar o efeito da rainha vermelha: todos os estados aumentaram suas respectivas produções científicas, porém não rápido o suficiente para ultrapassar o nível limiar e reduzir o hiato em relação à norte-americana. A situação referente à produção tecnológica é ainda pior, porque diferentemente das estatísticas de produção científica, ela não aumentou de maneira significativa em nenhum estado, (com exceção da Paraíba). Isso vale também para Minas Gerais, que apesar de

concentrar boa parte da produção brasileira bruta de artigos e de patentes, se encontra estagnada, há uma década, em níveis baixos em termos da produção por milhão de habitantes, não apresentando um processo de *catch up* nem mesmo em relação aos estados brasileiros melhor colocados, um reflexo, de um lado, da produção científica insuficiente e, de outro, das fracas interações das universidades e institutos de pesquisa com as empresas inovadoras. Nesse sentido, considerando as atuais posições e os ritmos de crescimento da produção de artigos por milhão de habitantes apresentados pelo Brasil e por Minas Gerais ao longo dos últimos dez anos, o país levaria aproximadamente 730 anos para ultrapassar o nível limiar que separa o regime II do regime III, e o estado, 390 anos.

Essa estagnação relativa dos nossos sistemas de inovação é, possivelmente, uma das principais razões por trás da nossa estagnação em um nível de renda média, uma vez que o hiato entre os PIB *per capita* estaduais em razão do PIB dos Estados Unidos se manteve também estagnado a níveis baixos ao longo da década estudada. O mesmo vale para o Brasil, que ao longo de 67 anos avançou apenas de 11% para 25% em termos de renda *per capita* comparada à norte americana. Em comparação, a Coreia do Sul passou de um equivalente a 30%, em 1990, para 66% em 2015 (ALBUQUERQUE, 2018, p. 412).

Esse resultado está de acordo com o que foi colocado pela literatura exposta no capítulo 2 desse trabalho: para que um país seja bem-sucedido em seu processo de *catch up*, é necessário um sistema de inovação sofisticado que guie a estrutura industrial para os setores de alta tecnologia. Dessa forma, o país terá um papel ativo nas revoluções tecnológicas e, conseqüentemente, um crescimento acelerado de sua renda. Por isso, os esforços em nome do desenvolvimento dos sistemas de inovação são fundamentais, especialmente considerando que o *catch up* tem suas pré-condições transformadas com o passar do tempo, devido às dinâmicas tecnológicas. Dessa forma, é preciso aumentar os esforços de coordenação das relações entre os atores dos SIs brasileiros, além da necessidade de aumento das produções científicas em áreas relacionadas à inovação tecnológica e de maior diversificação da economia rumo a setores de alta tecnologia. Essas observações valem também para o estado de Minas Gerais.

Entretanto, indo de encontro a essa necessidade, o governo mineiro tem investido cada vez menos em CT&I. Tendo em vista a necessidade de um sistema de inovação desenvolvido para o *catch up* e para a superação da armadilha da

renda média, o investimento público em CT&I é não apenas justificável, como fundamental. Porém, o valor total da despesa executada nessa área pelo governo de Minas Gerais caiu de R\$ 1,08 bilhões, em 2015, para R\$ 710,9 milhões em 2019 (em valores correntes), ou seja, caiu em mais de um terço em apenas cinco anos. Essa despesa foi reduzida de um equivalente a 0,16% do PIB do estado, em 2010, para 0,11% em 2019. Quando colocada em termos da despesa total do estado, o investimento em CT&I, que equivalia a 1,24% do gasto público total em 2011, equivale agora a apenas 0,69% (2019). Essa forte redução dos gastos públicos de Minas Gerais em ciência, tecnologia e inovação não pode ser explicada apenas como um reflexo da crise vivida pelo estado, já que a despesa pública total aumentou 23,37% em termos reais de 2011 para 2019.

Esse desinvestimento vem acontecendo também em relação aos dispêndios em projetos de pesquisa, realizados pela Fapemig. O valor total investido em projetos de pesquisa chegou a ser de R\$ 904 milhões em 2010 e foi reduzido em quase 97%, atingindo um montante de apenas R\$ 31 milhões em 2019. Em contraposição, em 2019, a Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp) desembolsou R\$ 1,26 bilhão em 24.806 projetos de pesquisa em todas as áreas do conhecimento, o equivalente a mais de 40 vezes o total investido pela Fapemig. Dessa forma, vemos que a principal agência de fomento à pesquisa em Minas Gerais tem apoiado cada vez menos a produção de ciência no estado, o que se reflete na estagnação mineira em termos das produções científica e tecnológica, bem como no atraso em relação aos estados mais bem colocados e no nível intermediário de renda *per capita*.

Esses resultados mostram que o governo do estado de Minas Gerais tem se esforçado cada vez menos no desenvolvimento do SEI mineiro e, conseqüentemente, em um possível *catching up*. Isso é preocupante uma vez que o Estado possui um papel importante em um sistema de inovação, especialmente quando ele ainda não se desenvolveu. Conforme visto na seção 2.4, cabe ao estado: criar uma base científica robusta para haja um corpo de trabalho qualificado e uma rede de profissionais que troque e construa conhecimento; investir em atividades de CT&I arriscadas, dispendiosas e de longo prazo, nas quais o mercado não está disposto a apostar; desempenhar um papel ativo na construção de tecnologias catalisadoras de novas revoluções tecnológicas; e estimular e promover as interações entre os atores do sistema de inovação. Todo esse esforço se justifica em nome da liderança tecnológica,

chave em um sistema de competição acirrada e global e de tecnologias cada vez mais sofisticadas.

Finalmente, o desinvestimento do governo mineiro em CT&I ao longo dos últimos anos é preocupante e deve ser revertido. Os governos estaduais devem se empenhar em desenvolver seus sistemas de inovação, assim como o governo federal, para que eles não se distanciem ainda mais de um estágio de maiores e melhores produções de CT&I. Estamos diante de uma grande oportunidade para um processo de *catch up*, com a emergência de novas tecnologias de propósito geral e com desafios complexos como o aquecimento global e o envelhecimento populacional, que têm como parte da solução a inovação tecnológica. Dessa forma, as decisões tomadas agora serão chave para nossa futura posição de liderança das próximas revoluções tecnológicas ou de ainda mais atraso e dependência, uma vez que “a ciência não é um luxo para os países menos desenvolvidos, mas uma importante pré-condição para o desenvolvimento econômico contemporâneo” (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003, tradução nossa).

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVITZ, M.. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. **The Journal of Economic History**, vol. 46, nº. 2, p. 385-406, 1986. Disponível em: www.jstor.org/stable/2122171. Acesso em 30 jun. 2020.
- ALBUQUERQUE, E. M.. Patentes domésticas: avaliando estatísticas internacionais para localizar o caso brasileiro. Textos para Discussão Cedeplar-UFMG. **Ensaio FEE**, vol. 21, nº. 1, p. 119-143, 2000.
- ALBUQUERQUE, E. M.. Scientific infrastructure and catching-up process: Notes about a relationship illustrated by science and technology statistics. **Revista Brasileira de Economia**, v. 55, n. 4, p. 545-566, 2001 [a]
- ALBUQUERQUE, E. M.. **Sistema Estadual de Inovação em Minas Gerais**: um balanço introdutório e uma discussão do papel (real e potencial) da FAPEMIG para a sua construção. Belo Horizonte: FAPEMIG (mimeo), 2001 [b].
- ALBUQUERQUE, E. M., *et al.* Produção científica e tecnológica das regiões metropolitanas brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 9, n.3, p. 615-642, 2005.
- ALBUQUERQUE, E. M.. Catch up: ciência e tecnologia, desenvolvimento e desafios ambientais e demográficos em tempos de uma nova revolução tecnológica. *In*: ALBUQUERQUE, Eduardo; ANDRADE, Mônica (eds.). **Alternativas para uma crise de múltiplas dimensões**. Belo Horizonte: CEDEPLAR (UFMG), p. 409-425, 2018.
- AREZKI, R.; FAN, Y.; NGUYEN, H. M.. Technology Adoption and the Middle-Income Trap: Lessons from the Middle East and East Asia. **Policy Research working paper** (World Bank Group), nº 8870, mai. 2019. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/314521559247613834/Technology-Adoption-and-the-Middle-Income-Trap-Lessons-from-the-Middle-East-and-East-Asia>. Acesso em 29 jun. 2020.
- ARROW K.. Economic welfare and the allocation of resources for invention (1962). In LAMBERTON, D. (ed.), **Economics of information and knowledge**. Harmondsworth: Penguin Books, 1971. p. 141-159.
- BERNARDES, A.; ALBUQUERQUE, E. M.. Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: Lessons for less-developed countries. **Research Policy**, v. 32, n. 5, p. 865-885, 2003.
- BLOCK, F. L.. Innovation and the Invisible Hand of the Government. *In*: BLOCK, F. L.; KELLER, M. R. (Orgs.). **State of Innovation: The U.S. Government's Role in Technology Development**. Boulder, CO: Paradigm Publishers, 2011. p. 1-26.
- BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. Governo Federal. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**: 2016-2022. Brasília: 2016. 132 p. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/Arquivos/PlanosDeAcao/PACTI_Sumario_executivo_Web.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. Governo Federal. **Nota metodológica – Patentes**, 30 ago. 2018. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/Notas_Metodologicas/Patentes.html?searchRef=patente&tipoBusca=expressaoExata. Acesso em: 05 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. Governo Federal. **Rede Estadual de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação**: instruções para a mensuração dos dispêndios dos governos estaduais em ciência e tecnologia. Brasília: maio de 2014.

BRENTANI, R. *et al.* **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011.

BUSH, V.. **Science, The Endless Frontier**: a Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research. Washington: United States Government Printing Office, 1945.

CHADEGANI *et al.* A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases. **Asian Social Science**, vol. 9, nº. 5, p. 18-26, 2013. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=2257540>. Acesso em: 5 jul. 2020.

CHAVES, C. V. *et al.* Sistemas de innovación y cambios en la división centro-periferia: notas sobre una metodología para determinar las trayectorias de los países a partir de las estadísticas de ciencia y tecnología. **Cepal Review**, v. 2020, n. 130, p. 45–64, 2020.

CIMOLI, M.; DOSI, G.. Technological paradigms, patterns of learning and development: an introductory roadmap. **Journal of Evolutionary Economics**, vol. 5, 1995, p. 243–268.

COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J.. Links and impacts: the influence of public R&D on industrial research. **Management Science**, vol. 48, nº 1, 2002 *apud* CHAVES, C. V. *et al.* Sistemas de innovación y cambios en la división centro-periferia: notas sobre una metodología para determinar las trayectorias de los países a partir de las estadísticas de ciencia y tecnología. **Cepal Review**, v. 2020, n. 130, p. 45–64, 2020

CONDE, M.V. F.; ARAÚJO-JORGE, T. C.. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 3, p.727-741, 2003. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v8n3/17453>. Acesso em: 25 jun. 2020.

COOKE, P.; SCHALL, N. Schumpeter and varieties of innovation: lessons from the rise of regional innovation systems research. In: HANUSCH, H.; PYKA, A. **Elgar Companion to NeoSchumpeterian Economics**. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar Publishing Limited, 2007.

COOKE, P. Regional Innovation Systems, Clusters and the Knowledge Economy. **Industrial And Corporate Change**, Cardiff, v. 10, n. 4, p.945-974, 2001. Disponível

em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/029d/d78ebebaf4546930423b6e1e8403e8b3be1.pdf>. Acesso em 29 jun. 2020.

DOMANY, E. Superparamagnetic clustering of data: The definitive solution of an ill-posed problem. **Physica A**, nº 263, p. 158-169, 1999.

DOSI, Gi.. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, vol. 11, n. 3, p 147-162, jun. 1982.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L.. **The Economics of Technical Change and International Trade**. Londres: Harvester Wheatsheaf, 1990.

FAGERBERG, J.. Technology and international differences in growth rates. **Journal of Economic Literature**, vol. 32, p. 1147-1175, set. 1994.

FAGABERG, J.; GODINHO, M.. Innovation and Catching-Up. *In*: FAGABERG, J; MOWERY, D.; NELSON, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2004. p. 514-544.

FAPESP. **Relatório de Atividades 2019**. Governo do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://fapesp.br/14484/relatorio-de-atividades-fapesp-2019>. Acesso em: 09 dez. 2020.

FEENSTRA, R. C.; INKLAAR, R.; TIMMER, M. P.. The Next Generation of the Penn World Table. **American Economic Review**, vol.105, nº 10, p. 3150-3182, 2015. Disponível em: www.ggdc.net/pwt. Acesso em: 09 dez. 2020.

FREEMAN, C.. **Technology and Economic Performance: Lessons from Japan**. Londres: Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C.. The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, vol. 19, p. 15-24, 1995.

GERSCHENKRON, A.. **Economic backwardness in historical perspective**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962.

GILL *et al.* **An East Asian Renaissance: Ideas for Economic Growth**. Washington, DC: World Bank, 2007.

IBGE. Estimativas da população dos municípios brasileiros para os anos de 2010-19: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 28 ago. 2020.

JANSKY, K. Radio Waves from Outside the Solar System. **Proceedings of the Institute of Radio Engineers**, vol. 20, nº 12, dez. 1932, p. 1920-32. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/132066a0#Bib1>. Acesso em 15 jul. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL: Base de Dados Estatísticos sobre Propriedade Industrial [Internet]. Rio de Janeiro: INPI. 2000-2019. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas>. Acesso em: 28 ago. 2020.

KLINE, S. J., ROSENBERG, N.. "An Overview of innovation", in LANDAU R, ROSENBERG N, editors. **The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth**. Washington: National Academy of Sciences, p.275-305, 1986. Disponível em: [ftp://ftp.ige.unicamp.br/pub/CT010/aula%202/KlineRosenberg\(1986\).pdf](ftp://ftp.ige.unicamp.br/pub/CT010/aula%202/KlineRosenberg(1986).pdf). Acesso em: 25 jun. 2020.

KRETZER, J.. Sistemas de inovação: as contribuições das abordagens nacionais e regionais ou locais. Porto Alegre: **Ensaio FEE**, v. 30, n. 2, p. 863-892, dez. 2009.

KUHN, T; S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 5. ed., 1997.

KUZNETS, S.. **Modern Economic Growth**. New Heaven: Yale University Press, 1966.

LEITE, L. A. M.; SANTIAGO, L. P.; TEIXEIRA, J. P.. Opções reais sob Incerteza Knightiana na avaliação econômica de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P & D). **Prod.**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 641-656, set. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015000300641&lng=en&nrm=iso. Acesso em 15 jul. 2020.

LUNDEVALL, B. A. (ed.). **National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. Londres: Pinter Publishers, 1992.

LUNDEVALL, B. *et al.* **Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.

MARX, K. **O capital**, Livro I. Trad. port., Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968.

MARX, K. **O capital**, Livro III Trad. port., Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1970.

MARX, K.; ENGELS, F. Manifest der kommunistischen Partei. In: MARX, K.; ENGELS, F.. **Studienausgabe. Band III: Geschichte und Politik** 1. Frankfurt am Main: Fischer, 1990.

MARQUES, F.. Os impactos do investimento. São Paulo: **Revista Pesquisa Fapesp**, ed. 246., p. 16-23, 2016.

MAZZUCATO, M.. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. Elvira Serapicos (trad.). São Paulo: Portfolio-Penguin, 1ª ed., 2014.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 17347, de 16 de janeiro de 2008. **Dispõe sobre o Plano Plurianual de Ação Governamental - PPAG - para o período 2008-2011**. Belo Horizonte, Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova->

min.html?tipo=LEI&num=17347&comp=&ano=2008&texto=original>. Acesso em: 30 set. 2020.

_____. Lei nº 20024, de 09 de janeiro de 2012. **Institui o Plano Plurianual de Ação Governamental para o quadriênio 2012-2015 – PPAG 2012-2015**. Belo Horizonte, Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=LEI&num=20024&comp=&ano=2012&texto=original>>. Acesso em: 30 set. 2020.

_____. Lei nº 21968, de 14 de janeiro de 2016. **Institui o Plano Plurianual de Ação Governamental para o quadriênio 2016-2019 – PPAG – PPAG 2016-2019**. Belo Horizonte, Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=LEI&num=21968&comp=&ano=2016&texto=original>>. Acesso em: 30 set. 2020.

_____. Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais – Superintendência Central de Controladoria Geral (SCCG) da Subsecretaria do Tesouro Estadual (STE). **Demonstrações contábeis**. Disponível em:

http://www.fazenda.mg.gov.br/governo/contadoria_geral/relatorio_contabil/. Acesso em 02/10/2020.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N.. The Influence of Market Demand Upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies. **Research Policy**, vol. 8, p. 102-53, 1979.

NELSON, R.. The challenge of building an effective innovation system for catch-up. **Oxford Development Studies**, vol. 32, N° 3, 2004. p. 365-374.

NELSON, R. (ed.). **National Innovation Systems: A Comparative analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R.. Capitalism as an engine of economic growth. **Research Policy**, vol. 19, 3ª ed., p. 193-214, jun. 1990.

NELSON, R.. The simple economics of basic research. **Journal of Political Economy**, v.67, n.3, p.297-306, jun., 1959.

NELSON, R.; LEVIN, R.. The influence of Science, University Research and Technical Societies on Industrial R&D and Technical Advance. **Policy Discussion Paper Series** nº 3. Newhaven, Connecticut: Yale University.

NELSON, R.; ROSENBERG, N.. Technical innovation and national systems. In: NELSON, Richard (Ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993. p. 5-9.

NELSON, R.; WINTER, S. [1982]. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora Unicamp, 2005.

NORTE, D. B.. Cortes e mais cortes: o que será da ciência e da pesquisa no Brasil?. **Você S/A**, São Paulo, 9 mar. 2020. Disponível em:

<https://vocesa.abril.com.br/carreira/cortes-bolsas-pesquisa-ciencia>. Acesso em: 09 dez. 2020.

OCDE. **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015**: Innovation for Growth and Society. Paris: OECD Publishing, 2015. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2015_sti_scoreboard-2015-en. Acesso em 29 jun. 2020.

OECD. **OECD Science, Technology and Industry Outlook 2016**. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en. Acesso em 29 jun. 2020.

PATEL, P.; PAVITT, K. Large Firms in the Production of the World's Technology: An Important Case of "Non-Globalisation. **Journal of International Business Studies**, v. 22, n. Jun. 1990, p. 56–79.

PATEL, P; PAVITT, K.. National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared. **Economics of Innovation and New Technology**, vol. 3, N° 1, 1994.

PATHAK *et al.*. Fifth Revolution: Applied AI & Human Intelligence with Cyber Physical Systems. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 8, n. 3, fev. 2019, p. 23-28.

PAULA, J. A.; CERQUEIRA, H. E. A. Da G.; ALBUQUERQUE, E. M.. Ciência e tecnologia na dinâmica capitalista: a elaboração neo-schumpeteriana e a teoria do capital. Belo Horizonte: **Cedeplar-UFMG**, Texto Para Discussão nº 152, 2001.

PAVITT, K. The social shaping of the national science base. **Research Policy**, v. 27, n. 8, p. 793–805, 1998.

PAVITT, K. What Makes Basic Research Economically Useful?. **Research Policy**, vol. 91, nº 20, p. 109-119, 1991.

PEREZ, C.; SOETE, L., Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. 1988. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R., *et al.* **Technical Change and Economic Theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988, p. 458–479.

RAPINI, M. S.. Uma investigação sobre a relação de Granger-causalidade entre ciência e tecnologia para países em *catching up* e para o Brasil. Monografia de Graduação. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2000.

RIBEIRO, L. C.; RUIZ, R. M.; BERNARDES, A. T.; ALBUQUERQUE, E. M.. Science in the developing world: running twice as fast?. California: **Computing in Science & Engineering**, v. 8, n.4, p. 81-87, 2006.

ROSENBERG, N.. How exogenous is science? In: _____ (org.). **Inside the Black Box**: Technology and Economics. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. p. 141-160.

ROSENBERG, N.. Science, Invention and Economic Growth. **The Economic Journal**, vol. 84, p. 90-108, 1974.

ROSENBERG, N.. Why do Firms do Basic Research (with Their Own Money)? **Research Policy**, vol. 19, nº 2, p. 165-174, abr. 1990.

RUTTAN, V.. **Is War Necessary for Economic Growth?**: Military Procurement and Technology Development. New York: Oxford University Press, 2006.

SALLES *et al.* A armadilha da baixa complexidade em Minas Gerais: o desafio da sofisticação econômica em um estado exportador de commodities. **Revista Brasileira de Inovação**, vol. 17 (1), p. 33-62, 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8650857/17157>. Acesso em 09 dez. 2020.

SANDELIN, B.; SARAFIOGLOU N.. Language and scientific publication statistics: a note. **Language Problems & Language Planning**, vol. 28, Nº 1, 2004 *apud* CHAVES, C. V. *et al.* Sistemas de innovación y cambios en la división centro-periferia: notas sobre una metodología para determinar las trayectorias de los países a partir de las estadísticas de ciencia y tecnología. **Cepal Review**, v. 2020, n. 130, p. 45–64, 2020.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, socialism and democracy**. New York: Harper and Brothers, 1961.

SCHUMPETER, J. A. O fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. In: SCHUMPETER, Joseph A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, p. 68-92, 1997.

SILVA, C. R. L.. Comércio internacional e desenvolvimento econômico: uma análise a partir da complexidade econômica. **Revista do Conselho Federal de Economia – COFECON**, nº. 34, p. 10-17, out. 2019.

SMITH, A.. **A riqueza das nações**: investigação sobre sua natureza e suas causas. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

SOLOW, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economics and Statistics**, vol. 39, no. 3, 1957, pp. 312–320. Disponível em: www.jstor.org/stable/1926047. Acesso em: 23 jun. 2020.

STOKES, D. E.. Science: the Endless Frontier as a Treatise. **Learning From The Past, Designing For The Future**, p. 5-111, dez. 1994. Disponível em: <http://www.phys.utk.edu/th/Physics405/VBushConference/complete94.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2020.

SUZIGAN, W.; TESSARIN, M. S. O Perfil das Interações de Universidades e Empresas no Brasil a Partir de Alguns Segmentos da Indústria. **Anais do I Circuito de Debates Acadêmicos do IPEA**, p. 1–15, 2011.

TOCQUEVILLE, A.. **A Democracia na América**: Leis e Costumes de Certas Leis e Certos Costumes Políticos que Foram Naturalmente Sugeridos aos Americanos por seu Estado Social Democrático. Tradução: Eduardo Brandão. Prefácio, Bibliografia e Cronologia: François Furet. São Paulo: Martins Fontes, 2005. (Livro 1 – Leis e Costumes).

UNITED STATES CENSUS BUREAU. County Population Totals: 2010-2019. Washington, D. C., 2020. Disponível em: <https://www.census.gov/data/datasets/time-series/demo/popest/2010s-counties-total.html>. Acesso em: 08 out. 2020.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, Washington D. C., 2020. Disponível em: <http://www.uspto.gov>. Acesso em: 08 out. 2020.

VALEB, L. V.. A new evolutionary law. Chicago: **Evolutionary Theory**, vol.1, p. 1-30, jul. 1973.

WEB OF SCIENCE [Internet]. [S.l.]: Clarivate Analytics. 1975-2019. Disponível em: <https://login.webofknowledge.com> . Acesso em: 25 ago. 2020.

WORLD BANK. Data. 2018. Disponível em <http://data.worldbank.org/indicator>. Acesso em: 08 out. 2020.

APÊNDICE

Esse apêndice contém todas as tabelas elaboradas e utilizadas na construção dos gráficos e mapas apresentados no Capítulo 4 desse trabalho.

Nas tabelas 2 a 11, estão os dados sobre a renda, a produção científica e a produção tecnológica dos estados brasileiros, do Brasil e dos Estados Unidos, sendo cada uma delas referente a um ano do período 2010-2019. Nelas, as colunas se referem, da esquerda para a direita, aos seguintes indicadores: nome do estado ou país; nº de habitantes; nº de artigos produzidos e indexados no SCIE da *Web of Science* (A); nº de patentes e modelos de utilidade depositados (no INPI, para o Brasil, e na USPTO, para os Estados Unidos) (P); a produção de artigos por milhão de habitantes (A*); a produção de patentes por milhão de habitantes (P*); o PIB em dólares PPC constantes internacionais de 2017 (PIB (PPP)); e o PIB *per capita* em dólares PPC constantes internacionais de 2017 (PIB* (PPP)). Vale lembrar que, para os anos de 2018 e 2019, não temos os PIBs estaduais, pois eles ainda não foram divulgados pelo IBGE. Além disso, para o ano de 2019, ainda não temos o número de patentes e modelos de utilidade de origem estadunidense depositados na USPTO.

Nas três últimas tabelas desse apêndice estão os dados sobre a despesa pública estadual mineira executada na área de CT&I (Tabela 11), a comparação dos resultados sobre essa despesa encontrados por esse trabalho com aqueles encontrados pela Fundação João Pinheiro e enviados ao MCTI para a construção do RIECTI (Tabela 12) e os dados sobre o gasto anual total da Fapemig em projetos de pesquisa (Tabela 13). Vale lembrar que nelas não está colocado o valor do gasto público total do governo de Minas Gerais no ano de 2010, porque esse valor consolidado não está disponível no Portal da Transparência, a fonte de coleta desse indicador.

Tabela 2: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2010

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.570.160	1.104	8º	114	8º	429,55	1º	44,36	5º	\$ 112.256.465.756,87	8º	\$48.231,07	1º
Goiás	6.003.788	662	13º	105	10º	110,26	19º	17,49	9º	\$ 83.133.066.243,37	9º	\$15.291,44	9º
Mato Grosso	3.035.122	556	14º	28	18º	183,19	13º	9,23	16º	\$ 44.070.489.348,25	15º	\$ 3,62	27º
Mato Grosso do Sul	2.449.024	774	11º	41	15º	316,04	6º	16,74	10º	\$ 36.805.756.110,79	16º	\$16.597,45	7º
Centroeste	14.058.094	3.096	4º	288	4º	220,23	3º	20,49	3º	\$ 276.265.777.459,28	4º	\$18.240,50	3º
Alagoas	3.120.494	260	20º	29	17º	83,32	21º	9,29	15º	\$ 21.126.255.698,59	20º	\$ 7.476,89	23º
Bahia	14.016.906	1.021	9º	169	7º	72,84	23º	12,06	14º	\$ 120.233.748.228,24	6º	\$ 9.471,89	19º
Ceará	8.452.381	889	10º	104	11º	105,18	20º	12,30	13º	\$ 61.772.623.966,35	13º	\$ 8.070,29	21º
Maranhão	6.574.789	172	23º	22	20º	26,16	27º	3,35	23º	\$ 36.057.486.648,45	17º	\$ 6.056,83	25º
Paraíba	3.766.528	770	12º	47	14º	204,43	12º	12,48	12º	\$ 26.101.195.702,29	19º	\$ 7.653,13	22º
Pernambuco	8.796.448	1.231	7º	67	12º	139,94	15º	7,62	17º	\$ 75.673.639.704,31	10º	\$ 9.499,97	18º
Piauí	3.118.360	221	22º	13	21º	70,87	25º	4,17	22º	\$ 17.339.147.250,80	23º	\$ 6.140,94	24º
Rio Grande do Norte	3.168.027	526	16º	24	19º	166,03	14º	7,58	18º	\$ 28.173.883.562,07	18º	\$ 9.820,96	16º
Sergipe	2.068.017	285	19º	11	22º	137,81	16º	5,32	20º	\$ 20.559.309.606,30	21º	\$10.979,39	13º
Nordeste	53.081.950	5.375	3º	486	3º	101,26	5º	9,16	4º	\$ 407.037.290.367,40	3º	\$ 8.467,92	5º
Acre	733.559	156	24º	2	25º	212,66	10º	2,73	25º	\$ 6.495.503.261,26	25º	\$ 9.779,26	17º
Amapá	669.526	229	21º	2	25º	342,03	2º	2,99	24º	\$ 6.414.090.890,81	26º	\$10.580,55	14º
Amazonas	3.483.985	388	18º	50	13º	111,37	18º	14,35	11º	\$ 47.399.987.670,12	14º	\$15.025,62	10º
Pará	7.581.051	538	15º	32	16º	70,97	24º	4,22	21º	\$ 64.379.605.201,22	12º	\$ 9.378,79	20º
Rondônia	1.562.409	54	27º	4	24º	34,56	26º	2,56	26º	\$ 18.615.096.993,13	22º	\$13.158,36	11º
Roraima	450.479	154	25º	1	27º	341,86	3º	2,22	27º	\$ 5.169.358.157,47	27º	\$12.673,03	12º
Tocantins	1.383.445	108	26º	10	23º	78,07	22º	7,23	19º	\$ 12.773.075.435,67	24º	\$10.196,85	15º
Norte	15.864.454	1.627	5º	101	5º	102,56	4º	6,37	5º	\$ 161.246.717.609,68	5º	\$11.225,23	4º
Espírito Santo	3.514.952	399	17º	113	9º	113,52	17º	32,15	8º	\$ 66.424.072.907,61	11º	\$ 9,04	26º
Minas Gerais	19.597.330	4.120	3º	696	3º	210,23	11º	35,52	6º	\$ 273.390.806.552,71	3º	\$15.406,10	8º
Rio de Janeiro	15.989.929	4.746	2º	519	6º	296,81	7º	32,46	7º	\$ 350.267.350.126,82	2º	\$24.190,60	4º
São Paulo	41.262.199	13.863	1º	2933	1º	335,97	4º	71,08	2º	\$ 1.008.072.838.917,31	1º	\$26.978,43	2º
Sudeste	80.364.410	23.128	1º	4.261	1º	287,79	1º	53,02	2º	\$ 1.698.155.068.504,44	1º	\$22.422,19	1º
Paraná	10.444.526	2.476	5º	643	5º	237,06	8º	61,56	4º	\$ 175.348.732.417,05	5º	\$25.630,36	3º
Rio Grande do Sul	10.693.929	3.566	4º	711	2º	333,46	5º	66,49	3º	\$ 187.840.799.467,43	4º	\$19.398,00	6º
Santa Catarina	6.248.436	1.435	6º	651	4º	229,66	9º	104,19	1º	\$ 119.693.745.906,49	7º	\$21.154,62	5º
Sul	27.386.891	7.477	2º	2.005	2º	273,01	2º	73,21	1º	\$ 482.883.277.790,96	2º	\$22.175,61	2º
Brasil	190.755.799	48.180	-	7141	-	252,57	-	37,44	-	\$ 3.025.588.131.731,76	-	\$15.861,05	-
Estados Unidos	309.321.666	434.108	-	241997	-	1403,42	-	782,35	-	\$16.839.000.000.000,00	-	\$54.438,48	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 3: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2011

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.609.998	1.229	8º	143	9º	470,88	1º	54,79	5º	\$ 108.913.363.249,20	8º	\$46.301,70	1º
Goiás	6.080.716	755	13º	147	8º	124,16	20º	24,17	9º	\$ 85.468.869.907,69	9º	\$15.599,52	9º
Mato Grosso	3.075.936	664	15º	34	16º	215,87	13º	11,05	17º	\$ 48.727.702.538,45	15º	\$ 3,43	27º
Mato Grosso do Sul	2.477.542	792	12º	29	19º	319,67	7º	11,71	16º	\$ 38.848.280.948,13	16º	\$17.409,68	6º
Centroeste	14.244.192	3.440	4º	353	4º	241,50	3º	24,78	3º	\$ 281.958.216.643,47	4º	\$18.172,14	2º
Alagoas	3.143.384	287	21º	23	21º	91,30	23º	7,32	22º	\$ 22.306.583.467,08	20º	\$ 7.880,65	22º
Bahia	14.097.534	1.132	9º	197	7º	80,30	25º	13,97	12º	\$ 117.392.740.589,47	7º	\$ 9.245,55	20º
Ceará	8.530.155	1.062	10º	93	12º	124,50	19º	10,90	18º	\$ 63.202.047.323,74	13º	\$ 8.223,17	21º
Maranhão	6.645.761	211	23º	23	21º	31,75	27º	3,46	26º	\$ 36.741.710.794,73	17º	\$ 6.141,86	25º
Paraná	3.791.315	841	11º	47	14º	221,82	12º	12,40	14º	\$ 26.148.076.819,31	19º	\$ 7.659,36	23º
Pernambuco	8.864.906	1.454	7º	108	10º	164,02	16º	12,18	15º	\$ 77.622.741.052,11	10º	\$ 9.719,70	18º
Piauí	3.140.328	296	20º	25	20º	94,26	22º	7,96	21º	\$ 18.278.968.405,50	23º	\$ 6.464,52	24º
Rio Grande do Norte	3.198.657	633	16º	32	18º	197,90	14º	10,00	20º	\$ 28.884.696.489,55	18º	\$10.028,48	17º
Sergipe	2.089.819	359	19º	34	16º	171,79	15º	16,27	10º	\$ 20.559.309.606,30	21º	\$10.898,28	12º
Nordeste	53.501.859	6.275	3º	582	3º	117,29	5º	10,88	4º	\$ 411.136.874.547,78	3º	\$ 8.531,12	5º
Acre	746.386	170	25º	4	26º	227,76	11º	5,36	23º	\$ 6.306.007.156,16	26º	\$ 9.386,64	19º
Amapá	684.309	224	22º	1	27º	327,34	5º	1,46	27º	\$ 6.629.990.339,60	25º	\$10.764,45	14º
Amazonas	3.538.387	454	18º	55	13º	128,31	18º	15,54	11º	\$ 49.841.325.423,92	14º	\$15.639,74	8º
Pará	7.688.593	665	14º	40	15º	86,49	24º	5,20	24º	\$ 69.554.188.967,28	12º	\$10.047,14	16º
Rondônia	1.576.455	64	27º	22	23º	40,60	26º	13,96	13º	\$ 19.429.871.308,62	22º	\$13.687,71	10º
Roraima	460.165	194	24º	5	25º	421,59	2º	10,87	19º	\$ 5.146.393.304,42	27º	\$12.424,05	11º
Tocantins	1.400.892	135	26º	7	24º	96,37	21º	5,00	25º	\$ 12.926.855.622,31	24º	\$10.250,88	15º
Norte	16.095.187	1.906	5º	134	5º	118,42	4º	8,33	5º	\$ 169.834.632.122,30	5º	\$11.718,76	4º
Espírito Santo	3.547.055	470	17º	98	11º	132,50	17º	27,63	8º	\$ 74.673.642.327,77	11º	\$ 9,07	26º
Minas Gerais	19.728.701	4.661	3º	680	3º	236,25	9º	34,47	7º	\$ 281.938.411.750,54	3º	\$15.864,02	7º
Rio de Janeiro	16.112.678	5.178	2º	577	6º	321,36	6º	35,81	6º	\$ 361.309.795.050,41	2º	\$24.878,80	3º
São Paulo	41.587.182	14.910	1º	3256	1º	358,52	4º	78,29	2º	\$ 1.012.317.497.297,36	1º	\$26.990,79	2º
Sudeste	80.975.616	25.219	1º	4.611	1º	311,44	1º	56,94	2º	\$ 1.730.239.346.426,07	1º	\$22.677,74	1º
Paraná	10.512.349	2.710	5º	661	4º	257,79	8º	62,88	4º	\$ 181.175.134.558,23	5º	\$10.864,52	13º
Rio Grande do Sul	10.733.030	3.879	4º	788	2º	361,41	3º	73,42	3º	\$ 186.765.744.419,68	4º	\$19.313,90	5º
Santa Catarina	6.317.054	1.479	6º	583	5º	234,13	10º	92,29	1º	\$ 122.653.132.275,22	6º	\$21.555,05	4º
Sul	27.562.433	8.068	2º	2.032	2º	292,72	2º	73,72	1º	\$ 490.594.011.253,13	2º	\$16.604,95	3º
Brasil	192.379.287	44.908	-	7.712	-	233,43	-	40,09	-	\$ 3.083.714.227.756,88	-	\$16.029,35	-
Estados Unidos	311.556.874	449.959	-	247.750	-	1444,23	-	795,20	-	\$17.100.000.000.000,00	-	\$54.885,65	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 4: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2012

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.648.532	1.318	8º	143	9º	497,63	1º	53,99	5º	\$ 108.260.307.716,87	8º	\$45.448,82	1º
Goiás	6.154.996	841	12º	145	8º	136,64	19º	23,56	9º	\$ 91.540.783.021,96	9º	\$16.533,46	7º
Mato Grosso	3.115.336	706	15º	56	13º	226,62	13º	17,98	10º	\$ 52.556.745.863,45	14º	\$ 3,55	27º
Mato Grosso do Sul	2.500.365	787	13º	44	15º	314,75	6º	17,60	11º	\$ 40.911.112.331,74	16º	\$18.205,23	6º
Centroeste	14.419.229	3.652	4º	388	4º	253,27	3º	26,91	3º	\$ 293.268.948.934,02	4º	\$18.563,19	2º
Alagoas	3.165.472	300	20º	32	20º	94,77	22º	10,11	19º	\$ 22.859.428.040,53	20º	\$ 8.035,72	23º
Bahia	14.175.341	1.209	9º	192	7º	85,29	25º	13,54	14º	\$ 120.446.053.083,77	7º	\$ 9.444,61	20º
Ceará	8.606.005	1.157	10º	82	12º	134,44	20º	9,53	20º	\$ 63.975.154.338,99	13º	\$ 8.263,02	21º
Maranhão	6.714.314	198	24º	42	16º	29,49	27º	6,26	23º	\$ 39.906.303.645,39	17º	\$ 6.614,67	25º
Paráiba	3.815.171	920	11º	41	18º	241,14	12º	10,75	16º	\$ 28.030.251.657,79	19º	\$ 8.177,26	22º
Pernambuco	8.931.028	1.517	7º	93	11º	169,86	16º	10,41	18º	\$ 84.436.443.446,76	10º	\$10.510,14	17º
Piauí	3.160.748	289	21º	27	21º	91,43	23º	8,54	21º	\$ 18.892.744.112,68	23º	\$ 6.652,41	24º
Rio Grande do Norte	3.228.198	715	14º	55	14º	221,49	14º	17,04	13º	\$ 30.618.885.050,88	18º	\$10.553,94	16º
Sergipe	2.110.867	395	19º	36	19º	187,13	15º	17,05	12º	\$ 21.673.775.119,96	21º	\$11.412,44	13º
Nordeste	53.907.144	6.700	3º	600	3º	124,29	5º	11,13	4º	\$ 430.839.038.496,74	3º	\$ 8.887,37	5º
Acre	758.786	206	23º	2	26º	271,49	9º	2,64	26º	\$ 6.688.153.014,16	26º	\$ 9.803,51	19º
Amapá	698.602	209	22º	1	27º	299,17	7º	1,43	27º	\$ 7.343.213.646,43	25º	\$11.704,66	12º
Amazonas	3.590.985	551	17º	42	16º	153,44	17º	11,70	15º	\$ 47.659.678.912,32	15º	\$14.771,00	9º
Pará	7.777.543	690	16º	22	22º	88,72	24º	2,83	25º	\$ 70.642.990.284,90	12º	\$10.088,02	18º
Rondônia	1.590.011	87	27º	9	24º	54,72	26º	5,66	24º	\$ 19.865.848.981,26	22º	\$13.899,75	10º
Roraima	469.524	181	25º	5	25º	385,50	2º	10,65	17º	\$ 5.087.379.668,88	27º	\$12.066,23	11º
Tocantins	1.417.694	144	26º	12	23º	101,57	21º	8,46	22º	\$ 13.645.853.217,01	24º	\$10.712,10	15º
Norte	16.303.145	2.068	5º	93	5º	126,85	4º	5,70	5º	\$ 170.933.117.724,96	5º	\$11.658,53	4º
Espírito Santo	3.578.067	524	18º	105	10º	146,45	18º	29,35	8º	\$ 77.088.219.255,90	11º	\$ 9,15	26º
Minas Gerais	19.855.332	5.070	3º	718	3º	255,35	11º	36,16	6º	\$ 291.781.141.388,46	3º	\$16.338,52	8º
Rio de Janeiro	16.231.365	5.290	2º	553	5º	325,91	5º	34,07	7º	\$ 379.260.921.511,99	2º	\$25.968,27	3º
São Paulo	41.901.219	15.753	1º	3224	1º	375,96	3º	76,94	2º	\$ 1.028.519.596.372,27	1º	\$27.254,19	2º
Sudeste	81.565.983	26.637	1º	4.600	1º	326,57	1º	56,40	2º	\$ 1.776.649.878.528,61	1º	\$23.145,97	1º
Paraná	10.577.755	3.096	5º	678	4º	292,69	8º	64,10	4º	\$ 188.428.269.886,02	5º	\$11.121,79	14º
Rio Grande do Sul	10.768.025	3.963	4º	811	2º	368,03	4º	75,32	3º	\$ 189.725.810.930,25	4º	\$19.580,77	5º
Santa Catarina	6.362.734	1.643	6º	522	6º	258,22	10º	82,04	1º	\$ 126.530.036.287,55	6º	\$22.122,42	4º
Sul	27.708.514	8.702	2º	2.011	2º	314,06	2º	72,58	1º	\$ 504.684.117.103,82	2º	\$16.935,19	3º
Brasil	193.904.015	47.759	-	7.692	-	246,30	-	39,67	-	\$ 3.176.375.100.788,15	-	\$16.381,17	-
Estados Unidos	313.830.990	477.478	-	268782	-	1521,45	-	856,45	-	\$17.484.000.000.000,00	-	\$55.711,52	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 5: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2013

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.789.761	1.438	8º	145	9º	515,46	1º	51,98	5º	\$ 105.326.651.971,08	8º	\$37.757,14	1º
Goiás	6.434.048	921	12º	127	10º	143,14	19º	19,74	9º	\$ 90.593.130.189,28	9º	\$14.081,17	10º
Mato Grosso	3.182.113	843	15º	41	17º	264,92	10º	12,88	17º	\$ 53.417.502.935,29	14º	\$16.787,88	7º
Mato Grosso do Sul	2.587.269	889	13º	49	16º	343,61	6º	18,94	10º	\$ 41.436.400.300,01	16º	\$16.016,52	8º
Centroeste	14.993.191	4.091	4º	362	4º	272,86	3º	24,14	3º	\$ 290.773.685.395,66	4º	\$19.394,96	2º
Alagoas	3.300.935	343	20º	36	20º	103,91	22º	10,91	20º	\$ 22.323.444.186,45	20º	\$ 6.763,20	25º
Bahia	15.044.137	1.405	9º	177	7º	93,39	25º	11,77	19º	\$ 122.653.420.112,62	7º	\$ 8.153,43	22º
Ceará	8.778.576	1.207	10º	115	11º	137,49	20º	13,10	15º	\$ 65.287.187.788,78	13º	\$ 7.437,58	23º
Maranhão	6.794.301	230	23º	37	18º	33,85	27º	5,45	25º	\$ 40.533.250.275,92	17º	\$ 5.966,15	26º
Paraná	3.914.421	996	11º	51	14º	254,44	12º	13,03	16º	\$ 27.769.067.073,58	19º	\$ 7.094,50	24º
Pernambuco	9.208.550	1.670	7º	112	12º	181,35	16º	12,16	18º	\$ 84.515.719.348,34	10º	\$ 9.178,55	18º
Piauí	3.184.166	317	21º	19	23º	99,56	23º	5,97	24º	\$ 18.731.495.935,43	22º	\$ 5.883,08	27º
Rio Grande do Norte	3.373.959	794	16º	60	13º	235,33	13º	17,78	11º	\$ 30.847.408.060,82	18º	\$ 9.143,38	19º
Sergipe	2.195.662	442	19º	37	18º	201,31	14º	16,85	12º	\$ 21.157.923.870,79	21º	\$ 9.636,86	17º
Nordeste	55.794.707	7.404	3º	644	3º	132,70	5º	11,54	4º	\$ 433.818.916.652,72	3º	\$ 7.775,77	5º
Acre	776.463	223	24º	5	25º	287,20	8º	6,44	23º	\$ 6.870.178.759,11	26º	\$ 8.848,61	21º
Amapá	734.996	138	26º	0	27º	187,76	15º	0,00	27º	\$ 7.642.318.772,95	25º	\$10.398,43	15º
Amazonas	3.807.921	616	17º	51	14º	161,77	17º	13,39	14º	\$ 49.728.106.091,91	15º	\$13.059,96	11º
Pará	7.969.654	875	14º	26	21º	109,79	21º	3,26	26º	\$ 72.585.099.795,58	11º	\$ 9.108,27	20º
Rondônia	1.728.214	110	27º	18	24º	63,65	26º	10,42	21º	\$ 18.634.388.063,26	23º	\$10.664,88	14º
Roraima	488.072	233	22º	4	26º	477,39	2º	8,20	22º	\$ 5.395.299.823,74	27º	\$11.055,02	12º
Tocantins	1.478.164	145	25º	20	22º	98,09	24º	13,53	13º	\$ 14.248.586.236,36	24º	\$ 9.640,00	16º
Norte	16.983.484	2.340	5º	124	5º	137,78	4º	7,30	5º	\$ 175.103.977.542,91	5º	\$10.298,88	4º
Espírito Santo	3.839.366	585	18º	166	8º	152,37	18º	43,24	6º	\$ 70.219.681.983,42	12º	\$18.290,57	5º
Minas Gerais	20.593.356	5.330	3º	784	3º	258,82	11º	38,07	7º	\$ 292.199.871.404,41	3º	\$14.189,94	9º
Rio de Janeiro	16.369.179	5.652	2º	561	5º	345,28	5º	34,27	8º	\$ 376.159.287.638,01	2º	\$22.981,20	3º
São Paulo	43.663.669	16.132	1º	3096	1º	369,46	4º	70,91	3º	\$ 1.027.023.379.593,35	1º	\$23.522,74	2º
Sudeste	84.465.570	27.699	1º	4.607	1º	327,93	2º	54,54	2º	\$ 1.765.602.220.619,17	1º	\$20.904,56	1º
Paraná	10.997.465	3.361	5º	724	4º	305,62	7º	65,83	4º	\$ 199.676.579.428,41	4º	\$10.751,24	13º
Rio Grande do Sul	11.164.043	4.416	4º	843	2º	395,56	3º	75,51	2º	\$ 198.964.992.424,41	5º	\$17.823,09	6º
Santa Catarina	6.634.254	1.817	6º	543	6º	273,88	9º	81,85	1º	\$ 128.442.253.376,92	6º	\$19.361,71	4º
Sul	28.795.762	9.594	2º	2.110	2º	333,17	1º	73,27	1º	\$ 527.083.825.229,73	2º	\$15.476,74	3º
Brasil	201.032.714	51.128	-	7.847	-	254,33	-	39,03	-	\$ 3.192.382.625.440,20	-	\$15.879,92	-
Estados Unidos	315.993.715	495.470	-	287831	-	1567,97	-	910,88	-	\$17.806.000.000.000,00	-	\$56.349,22	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 6: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2014

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.852.372	1.503	8º	121	11º	526,93	1º	42,42	5º	\$ 118.215.251.028,73	8º	\$36.880,65	1º
Goiás	6.523.222	952	12º	131	10º	145,94	19º	20,08	11º	\$ 98.805.267.197,75	9º	\$13.478,74	9º
Mato Grosso	3.224.357	865	15º	35	18º	268,27	10º	10,85	16º	\$ 60.615.607.797,14	14º	\$16.729,10	7º
Mato Grosso do Sul	2.619.657	917	13º	60	13º	350,05	6º	22,90	9º	\$ 47.272.514.031,30	16º	\$16.058,15	8º
Centroeste	15.219.608	4.237	4º	347	4º	278,39	3º	22,80	3º	\$ 324.908.640.054,92	4º	\$18.997,18	2º
Alagoas	3.321.730	304	21º	27	20º	91,52	25º	8,13	22º	\$ 24.534.360.019,36	20º	\$ 6.572,67	25º
Bahia	15.126.371	1.420	9º	167	7º	93,88	24º	11,04	15º	\$ 134.081.249.830,35	7º	\$ 7.887,96	22º
Ceará	8.842.791	1.149	11º	113	12º	129,94	20º	12,78	14º	\$ 75.476.906.423,51	12º	\$ 7.595,49	23º
Maranhão	6.850.884	304	21º	22	21º	44,37	27º	3,21	25º	\$ 46.010.256.162,37	17º	\$ 5.976,40	27º
Paraíba	3.943.885	1.162	10º	42	16º	294,63	8º	10,65	17º	\$ 31.696.471.590,26	19º	\$ 7.151,84	24º
Pernambuco	9.277.727	1.635	7º	143	9º	176,23	16º	15,41	13º	\$ 92.893.865.400,46	10º	\$ 8.909,98	19º
Piauí	3.194.718	366	20º	31	19º	114,56	21º	9,70	20º	\$ 22.587.479.755,06	21º	\$ 6.291,68	26º
Rio Grande do Norte	3.408.510	903	14º	54	14º	264,93	12º	15,84	12º	\$ 32.346.789.908,51	18º	\$ 8.444,97	20º
Sergipe	2.219.574	450	19º	46	15º	202,74	15º	20,72	10º	\$ 22.437.150.935,44	22º	\$ 8.995,58	18º
Nordeste	56.186.190	7.693	3º	645	3º	136,92	4º	11,48	4º	\$ 482.064.530.025,33	3º	\$ 7.634,96	5º
Acre	790.101	208	24º	8	25º	263,26	13º	10,13	19º	\$ 8.058.586.486,51	25º	\$ 9.076,27	17º
Amapá	750.912	166	26º	1	27º	221,06	14º	1,33	27º	\$ 8.023.610.249,86	26º	\$ 9.508,50	15º
Amazonas	3.873.743	647	17º	41	17º	167,02	17º	10,58	18º	\$ 51.894.082.227,73	15º	\$11.921,15	11º
Pará	8.073.924	829	16º	18	22º	102,68	23º	2,23	26º	\$ 74.597.006.485,05	13º	\$ 8.221,82	21º
Rondônia	1.748.531	105	27º	10	24º	60,05	26º	5,72	24º	\$ 20.376.534.118,66	23º	\$10.370,23	13º
Roraima	496.936	215	23º	3	26º	432,65	2º	6,04	23º	\$ 5.834.431.719,99	27º	\$10.447,91	12º
Tocantins	1.496.880	168	25º	14	23º	112,23	22º	9,35	21º	\$ 15.681.229.147,73	24º	\$ 9.322,33	16º
Norte	17.231.027	2.338	5º	95	5º	135,69	5º	5,51	5º	\$ 184.465.480.435,52	5º	\$ 9.526,54	4º
Espírito Santo	3.885.049	613	18º	149	8º	157,78	18º	38,35	6º	\$ 77.111.119.289,88	11º	\$17.662,48	5º
Minas Gerais	20.734.097	5.499	3º	689	3º	265,22	11º	33,23	8º	\$ 309.341.940.592,34	3º	\$13.276,54	10º
Rio de Janeiro	16.461.173	5.833	2º	578	5º	354,35	5º	35,11	7º	\$ 401.816.798.151,57	2º	\$21.721,94	3º
São Paulo	44.035.304	16.602	1º	2896	1º	377,02	4º	65,77	2º	\$ 1.112.621.297.674,30	1º	\$22.484,21	2º
Sudeste	85.115.623	28.547	1º	4.312	1º	335,39	2º	50,66	2º	\$ 1.900.891.155.708,08	1º	\$19.873,72	1º
Paraná	11.081.692	3.382	5º	663	4º	305,19	7º	59,83	4º	\$ 208.420.356.386,65	5º	\$10.291,21	14º
Rio Grande do Sul	11.207.274	4.569	4º	730	2º	407,68	3º	65,14	3º	\$ 214.247.669.197,13	4º	\$17.011,69	6º
Santa Catarina	6.727.148	1.822	6º	504	6º	270,84	9º	74,92	1º	\$ 145.232.278.065,39	6º	\$19.211,60	4º
Sul	29.016.114	9.773	2º	1.897	2º	336,81	1º	65,38	1º	\$ 567.900.303.649,17	2º	\$14.955,07	3º
Brasil	202.768.562	52.588	-	7.296	-	259,35	-	35,98	-	\$ 3.079.188.290.952,61	-	\$15.185,73	-
Estados Unidos	318.301.008	507.843	-	285096	-	1595,48	-	895,68	-	\$18.243.000.000.000,00	-	\$57.313,67	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 7: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2015

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.914.830	1.673	8º	113	12º	573,96	1º	38,77	6º	\$ 129.101.266.003,02	8º	\$36.743,97	1º
Goiás	6.610.681	964	14º	139	10º	145,82	19º	21,03	10º	\$ 103.964.897.318,86	9º	\$13.046,96	9º
Mato Grosso	3.265.486	1.009	12º	44	17º	308,99	8º	13,47	15º	\$ 64.318.244.954,27	14º	\$16.340,12	6º
Mato Grosso do Sul	2.651.235	1.007	13º	50	15º	379,82	6º	18,86	11º	\$ 49.746.860.438,48	16º	\$15.566,33	7º
Centroeste	15.442.232	4.653	4º	346	4º	301,32	3º	22,41	3º	\$ 347.131.268.714,62	4º	\$18.648,87	2º
Alagoas	3.340.932	370	20º	34	20º	110,75	23º	10,18	18º	\$ 27.763.026.341,42	20º	\$ 6.893,95	25º
Bahia	15.203.334	1.441	9º	158	9º	94,78	25º	10,39	17º	\$ 146.723.391.846,31	7º	\$ 8.006,25	21º
Ceará	8.904.459	1.200	10º	122	11º	134,76	20º	13,70	14º	\$ 78.216.478.370,12	12º	\$ 7.287,18	23º
Maranhão	6.904.241	324	22º	39	19º	46,93	27º	5,65	23º	\$ 46.988.616.644,23	17º	\$ 5.646,06	27º
Paraíba	3.972.202	1.090	11º	53	14º	274,41	12º	13,34	16º	\$ 33.615.754.701,24	19º	\$ 7.020,70	24º
Pernambuco	9.345.173	1.694	7º	175	8º	181,27	16º	18,73	12º	\$ 93.984.226.774,23	10º	\$ 8.343,27	19º
Piauí	3.204.028	370	20º	22	22º	115,48	22º	6,87	21º	\$ 23.441.430.750,67	21º	\$ 6.069,55	26º
Rio Grande do Norte	3.442.175	951	15º	77	13º	276,28	10º	22,37	9º	\$ 34.279.770.186,75	18º	\$ 8.261,78	20º
Sergipe	2.242.937	472	19º	42	18º	210,44	15º	18,73	13º	\$ 23.086.270.593,01	22º	\$ 8.538,97	17º
Nordeste	56.559.481	7.912	3º	722	3º	139,89	5º	12,77	4º	\$ 508.098.966.207,99	3º	\$ 7.452,67	5º
Acre	803.513	213	24º	4	25º	265,09	13º	4,98	25º	\$ 8.156.846.190,02	26º	\$ 8.421,67	18º
Amapá	766.679	178	26º	1	27º	232,17	14º	1,30	27º	\$ 8.299.646.349,02	25º	\$ 8.980,80	16º
Amazonas	3.938.336	662	17º	32	21º	168,09	17º	8,13	20º	\$ 51.833.930.652,18	15º	\$10.918,68	11º
Pará	8.175.113	889	16º	47	16º	108,74	24º	5,75	22º	\$ 78.377.939.085,26	11º	\$ 7.953,69	22º
Rondônia	1.768.204	125	27º	15	23º	70,69	26º	8,48	19º	\$ 21.892.815.107,26	23º	\$10.271,60	12º
Roraima	505.665	258	23º	2	26º	510,22	2º	3,96	26º	\$ 6.133.085.027,16	27º	\$10.062,01	13º
Tocantins	1.515.126	179	25º	8	24º	118,14	21º	5,28	24º	\$ 17.322.422.784,50	24º	\$ 9.484,81	15º
Norte	17.472.636	2.504	5º	109	5º	143,31	4º	6,24	5º	\$ 192.016.685.195,40	5º	\$ 9.116,95	4º
Espírito Santo	3.929.911	632	18º	195	7º	160,82	18º	49,62	5º	\$ 72.070.841.164,36	13º	\$15.214,08	8º
Minas Gerais	20.869.101	5.740	3º	709	2º	275,05	11º	33,97	7º	\$ 310.956.944.815,36	3º	\$12.361,33	10º
Rio de Janeiro	16.550.024	6.290	2º	533	6º	380,06	5º	32,21	8º	\$ 394.668.815.364,13	2º	\$19.783,50	3º
São Paulo	44.396.484	17.175	1º	2733	1º	386,85	4º	61,56	2º	\$ 1.008.072.838.917,31	1º	\$21.704,80	2º
Sudeste	85.745.520	29.837	1º	4.170	1º	347,97	2º	48,63	2º	\$ 1.785.769.440.261,16	1º	\$18.762,43	1º
Paraná	11.163.018	3.729	5º	650	4º	334,05	7º	58,23	4º	\$ 225.711.847.002,96	5º	\$ 9.881,56	14º
Rio Grande do Sul	11.247.972	4.720	4º	682	3º	419,63	3º	60,63	3º	\$ 228.723.498.955,50	4º	\$16.869,62	5º
Santa Catarina	6.819.190	2.028	6º	567	5º	297,40	9º	83,15	1º	\$ 149.139.975.838,16	6º	\$18.143,88	4º
Sul	29.230.180	10.477	2º	1.899	2º	358,43	1º	64,97	1º	\$ 603.575.321.796,61	2º	\$14.498,15	3º
Brasil	204.450.049	55.383	-	7.246	-	270,89	-	35,45	-	\$ 2.978.316.641.105,62	-	\$14.567,45	-
Estados Unidos	320.635.163	517.512	-	288335	-	1614,02	-	899,26	-	\$18.769.000.000.000,00	-	\$58.536,94	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 8: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2016

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	2.977.216	1.806	8º	128	12º	606,61	2º	42,99	7º	\$ 141.032.949.422,66	8º	\$38.081,30	1º
Goias	6.695.855	1.140	13º	139	11º	170,25	19º	20,76	9º	\$ 108.831.145.858,29	9º	\$13.066,18	9º
Mato Grosso	3.305.531	1.107	14º	53	16º	334,89	8º	16,03	16º	\$ 74.175.087.603,11	13º	\$18.039,24	4º
Mato Grosso do Sul	2.682.386	1.059	15º	53	16º	394,80	6º	19,76	11º	\$ 55.021.811.749,94	15º	\$16.489,79	7º
Centroeste	15.660.988	5.112	4º	373	4º	326,42	3º	23,82	3º	\$ 379.060.994.634,00	4º	\$19.457,70	1º
Alagoas	3.358.963	419	20º	42	19º	124,74	22º	12,50	18º	\$ 29.620.111.689,37	20º	\$ 7.088,97	25º
Bahia	15.276.566	1.683	9º	163	9º	110,17	25º	10,67	19º	\$ 154.923.635.745,54	6º	\$ 8.152,55	20º
Ceará	8.963.663	1.338	10º	153	10º	149,27	20º	17,07	14º	\$ 82.882.451.564,22	11º	\$ 7.433,25	23º
Maranhão	6.954.036	399	21º	59	14º	57,38	27º	8,48	23º	\$ 51.080.597.795,91	17º	\$ 5.905,01	27º
Paraíba	3.999.415	1.174	11º	79	13º	293,54	12º	19,75	12º	\$ 35.389.827.882,34	19º	\$ 7.113,50	24º
Pernambuco	9.410.336	1.910	7º	190	8º	202,97	16º	20,19	10º	\$ 100.200.215.833,82	10º	\$ 8.559,83	17º
Piauí	3.212.180	390	22º	31	22º	121,41	24º	9,65	21º	\$ 24.798.979.504,04	21º	\$ 6.206,34	26º
Rio Grande do Norte	3.474.998	1.036	16º	57	15º	298,13	11º	16,40	15º	\$ 35.732.684.731,16	18º	\$ 8.266,33	18º
Sergipe	2.265.779	532	19º	41	20º	234,80	14º	18,10	13º	\$ 23.278.418.833,26	23º	\$ 8.259,19	19º
Nordeste	56.915.936	8.881	3º	815	3º	156,04	5º	14,32	4º	\$ 537.906.923.579,64	3º	\$ 7.597,57	5º
Acre	816.687	269	24º	4	25º	329,38	9º	4,90	25º	\$ 8.235.546.667,75	26º	\$ 8.106,59	21º
Amapá	782.295	178	26º	2	26º	227,54	15º	2,56	26º	\$ 8.587.557.216,08	25º	\$ 8.824,71	16º
Amazonas	4.001.667	783	17º	37	21º	195,67	17º	9,25	22º	\$ 53.313.834.937,15	16º	\$10.710,27	11º
Pará	8.272.724	1.166	12º	49	18º	140,95	21º	5,92	24º	\$ 82.693.837.002,22	12º	\$ 8.035,74	22º
Rondônia	1.787.279	120	27º	28	23º	67,14	26º	15,67	17º	\$ 23.627.450.764,94	22º	\$10.627,38	12º
Roraima	514.229	333	23º	0	27º	647,57	1º	0,00	27º	\$ 6.594.332.305,94	27º	\$10.308,98	13º
Tocantins	1.532.902	188	25º	15	24º	122,64	23º	9,79	20º	\$ 18.911.857.591,97	24º	\$ 9.917,94	15º
Norte	17.707.783	3.037	5º	135	5º	171,51	4º	7,62	5º	\$ 201.964.416.486,05	5º	\$ 9.168,79	4º
Espírito Santo	3.973.697	734	18º	191	7º	184,71	18º	48,07	6º	\$ 65.423.626.237,89	14º	\$13.235,53	8º
Minas Gerais	20.997.560	6.013	3º	814	4º	286,37	13º	38,77	8º	\$ 326.213.011.019,16	3º	\$12.489,18	10º
Rio de Janeiro	16.635.996	6.701	2º	868	2º	402,80	5º	52,18	5º	\$ 383.449.324.005,71	2º	\$18.529,37	3º
São Paulo	44.749.699	18.449	1º	2666	1º	412,27	4º	59,58	4º	\$ 1.220.734.957.910,13	1º	\$21.929,70	2º
Sudeste	86.356.952	31.897	1º	4.539	1º	369,36	2º	52,56	2º	\$ 1.995.820.919.172,89	1º	\$18.579,15	2º
Paraná	11.242.720	3.840	5º	752	5º	341,55	7º	66,89	3º	\$ 240.591.941.694,19	5º	\$ 9.941,30	14º
Rio Grande do Sul	11.286.500	5.048	4º	829	3º	447,26	3º	73,45	2º	\$ 244.768.539.807,38	4º	\$17.434,03	6º
Santa Catarina	6.910.553	2.254	6º	571	6º	326,17	10º	82,63	1º	\$ 153.735.506.881,79	7º	\$17.883,93	5º
Sul	29.439.773	11.142	2º	2.152	2º	378,47	1º	73,10	1º	\$ 639.095.988.383,36	2º	\$14.678,25	3º
Brasil	206.081.432	60.069	-	8.014	-	291,48	-	38,89	-	\$ 3.017.715.870.282,25	-	\$14.643,32	-
Estados Unidos	322.941.311	537.943	-	295327	-	1665,76	-	914,49	-	\$19.063.000.000.000,00	-	\$59.029,30	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 9: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2017

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição	PIB (PPC)	Posição	PIB* (PPC)	Posição
Distrito Federal	3.039.444	1.967	7º	151	12º	647,16	2º	49,68	7º	\$ 146.507.277.970,87	8º	\$48.202,00	1º
Goiás	6.778.772	1.301	11º	171	10º	191,92	18º	25,23	11º	\$ 114.902.067.697,46	9º	\$16.950,28	9º
Mato Grosso	3.344.544	1.144	15º	41	20º	342,05	9º	12,26	19º	\$ 75.926.330.588,58	13º	\$22.701,55	5º
Mato Grosso do Sul	2.713.147	1.132	16º	67	16º	417,23	4º	24,69	12º	\$ 57.704.221.607,01	15º	\$21.268,37	8º
Centroeste	15.875.907	5.544	4º	430	4º	349,21	3º	27,09	3º	\$ 395.039.897.863,92	4º	\$24.882,98	1º
Alagoas	3.375.823	447	21º	60	19º	132,41	23º	17,77	17º	\$ 31.640.777.604,10	20º	\$ 9.372,76	24º
Bahia	15.344.447	1.700	9º	171	10º	110,79	25º	11,14	20º	\$ 160.864.496.737,88	7º	\$10.483,56	21º
Ceará	9.020.460	1.534	10º	187	9º	170,06	20º	20,73	14º	\$ 88.551.473.943,63	12º	\$ 9.816,74	23º
Maranhão	7.000.229	445	22º	62	18º	63,57	27º	8,86	23º	\$ 53.603.877.286,25	17º	\$ 7.657,45	27º
Paraíba	4.025.558	1.256	12º	203	8º	312,01	11º	50,43	6º	\$ 37.354.975.170,39	19º	\$ 9.279,45	25º
Pernambuco	9.473.266	1.966	8º	218	7º	207,53	17º	23,01	13º	\$ 108.706.027.178,34	10º	\$11.475,03	17º
Piauí	3.219.257	461	20º	24	22º	143,20	21º	7,46	26º	\$ 27.159.115.700,31	21º	\$ 8.436,45	26º
Rio Grande do Norte	3.507.003	1.150	14º	69	14º	327,92	10º	19,67	15º	\$ 38.497.273.529,17	18º	\$10.977,26	19º
Sergipe	2.288.116	577	19º	68	15º	252,17	14º	29,72	10º	\$ 24.371.958.403,15	23º	\$10.651,54	20º
Nordeste	57.254.159	9.536	3º	1.062	3º	166,56	5º	18,55	4º	\$ 570.749.975.553,23	3º	\$ 9.968,71	5º
Acre	829.619	245	24º	8	26º	295,32	13º	9,64	21º	\$ 8.545.001.881,90	26º	\$10.299,91	22º
Amapá	797.722	177	26º	6	27º	221,88	15º	7,52	25º	\$ 9.268.801.193,36	25º	\$11.619,09	16º
Amazonas	4.063.614	860	17º	39	21º	211,63	16º	9,60	22º	\$ 55.807.324.437,95	16º	\$13.733,42	14º
Pará	8.366.628	1.177	13º	67	16º	140,68	22º	8,01	24º	\$ 92.925.433.826,29	11º	\$11.106,68	18º
Rondônia	1.805.788	115	27º	12	24º	63,68	26º	6,65	27º	\$ 26.050.134.505,54	22º	\$14.425,91	12º
Roraima	522.636	393	23º	10	25º	751,96	1º	19,13	16º	\$ 7.246.984.792,12	27º	\$13.866,22	13º
Tocantins	1.550.194	193	25º	21	23º	124,50	24º	13,55	18º	\$ 20.418.869.982,40	24º	\$13.171,82	15º
Norte	17.936.201	3.160	5º	163	5º	176,18	4º	9,09	5º	\$ 220.262.550.619,55	5º	\$12.280,33	4º
Espírito Santo	4.016.356	751	18º	151	12º	186,99	19º	37,60	9º	\$ 67.871.038.711,73	14º	\$16.898,66	10º
Minas Gerais	21.119.536	6.578	3º	942	2º	311,47	12º	44,60	8º	\$ 345.007.370.676,35	3º	\$16.335,94	11º
Rio de Janeiro	16.718.956	6.937	2º	854	3º	414,92	6º	51,08	5º	\$ 401.987.757.040,66	2º	\$24.043,83	3º
São Paulo	45.094.866	18.810	1º	2619	1º	417,12	5º	58,08	4º	\$ 1.269.292.731.692,04	1º	\$28.147,17	2º
Sudeste	86.949.714	33.076	1º	4.566	1º	380,40	2º	52,51	2º	\$ 2.084.158.898.120,78	1º	\$23.969,70	2º
Paraná	11.320.892	4.282	5º	759	4º	378,24	7º	67,04	2º	\$ 252.304.230.090,74	5º	\$22.286,60	7º
Rio Grande do Sul	11.322.895	5.575	4º	751	5º	492,37	3º	66,33	3º	\$ 253.367.637.745,60	4º	\$22.376,58	6º
Santa Catarina	7.001.161	2.434	6º	592	6º	347,66	8º	84,56	1º	\$ 165.972.626.122,20	6º	\$23.706,44	4º
Sul	29.644.948	12.291	2º	2.102	2º	414,61	1º	70,91	1º	\$ 671.644.493.958,54	2º	\$22.656,29	3º
Brasil	207.660.929	63.607	-	8.323	-	306,30	-	40,08	-	\$ 3.057.465.947.938,42	-	\$14.723,36	-
Estados Unidos	324.985.539	553.296	-	293904	-	1702,52	-	904,36	-	\$19.485.000.000.000,00	-	\$59.956,51	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019; WORLD BANK, 2018. Elaboração própria.

Tabela 10: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2018

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição
Distrito Federal	2.974.703	2.013	8º	130	12º	676,71	1º	43,70	7º
Goiás	6.921.161	1.340	13º	127	13º	193,61	19º	18,35	15º
Mato Grosso	3.441.998	1.236	15º	41	21º	359,09	10º	11,91	20º
Mato Grosso do Sul	2.748.023	1.214	16º	81	14º	441,77	4º	29,48	11º
Centroeste	16.085.885	5.803	4º	379	4º	360,75	3º	23,56	3º
Alagoas	3.322.820	463	22º	73	16º	139,34	23º	21,97	12º
Bahia	14.812.617	1.923	9º	164	9º	129,82	24º	11,07	22º
Ceará	9.075.649	1.699	10º	158	10º	187,20	20º	17,41	16º
Maranhão	7.035.055	521	21º	62	17º	74,06	27º	8,81	24º
Paraíba	3.996.496	1.358	12º	232	7º	339,80	12º	58,05	4º
Pernambuco	9.496.294	2.102	7º	179	8º	221,35	16º	18,85	14º
Piauí	3.264.531	556	20º	22	23º	170,32	21º	6,74	26º
Rio Grande do Norte	3.479.010	1.261	14º	50	19º	362,46	9º	14,37	18º
Sergipe	2.278.308	694	19º	48	20º	304,61	14º	21,07	13º
Nordeste	56.760.780	10.577	3º	988	3º	186,34	5º	17,41	4º
Acre	869.265	302	24º	10	26º	347,42	11º	11,50	21º
Amapá	829.494	182	26º	12	25º	219,41	17º	14,47	17º
Amazonas	4.080.611	895	17º	28	22º	219,33	18º	6,86	25º
Pará	8.513.497	1.362	11º	53	18º	159,98	22º	6,23	27º
Rondônia	1.757.589	155	27º	78	15º	88,19	26º	44,38	6º
Roraima	576.568	387	23º	8	27º	671,21	2º	13,88	19º
Tocantins	1.555.229	190	25º	15	24º	122,17	25º	9,64	23º
Norte	18.182.253	3.473	5º	204	5º	191,01	4º	11,22	5º
Espírito Santo	3.972.388	880	18º	155	11º	221,53	15º	39,02	9º
Minas Gerais	21.040.662	6.928	3º	849	2º	329,27	13º	40,35	8º
Rio de Janeiro	17.159.960	7.182	2º	544	6º	418,53	6º	31,70	10º
São Paulo	45.538.936	19.827	1º	2403	1º	435,39	5º	52,77	5º
Sudeste	87.711.946	34.817	1º	3.951	1º	396,95	2º	45,05	2º
Paraná	11.348.937	4.503	5º	697	3º	396,78	7º	61,42	2º
Rio Grande do Sul	11.329.605	5.830	4º	670	4º	514,58	3º	59,14	3º
Santa Catarina	7.075.494	2.583	6º	584	5º	365,06	8º	82,54	1º
Sul	29.754.036	12.916	2º	1.951	2º	434,09	1º	65,57	1º
Brasil	208.494.900	67.586	-	7.473	-	324,16	-	35,84	-
Estados Unidos	326.687.501	572.858	-	285095	-	1753,54	-	872,68	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019. Elaboração própria.

Tabela 11: Estatísticas sobre a produção científica, tecnológica e a renda referentes ao ano de 2019

Brasil, Estados Unidos, Grandes Regiões e estados da federação brasileira	Nº de habitantes	A	Posição	P	Posição	A*	Posição	P*	Posição
Distrito Federal	3.015.268	2.277	8º	136	12º	755,16	2º	45,10	6º
Goiás	7.018.354	1.566	11º	177	9º	223,13	19º	25,22	12º
Mato Grosso	3.484.466	1.429	15º	56	20º	410,11	9º	16,07	17º
Mato Grosso do Sul	2.778.986	1.301	16º	87	15º	468,16	4º	31,31	11º
Centroeste	16.297.074	6.573	4º	456	4º	403,32	3º	27,98	3º
Alagoas	3.337.357	548	22º	66	19º	164,20	23º	19,78	14º
Bahia	14.873.064	2.073	9º	191	8º	139,38	25º	12,84	21º
Ceará	9.132.078	1.779	10º	129	13º	194,81	20º	14,13	18º
Maranhão	7.075.181	600	21º	81	16º	84,80	27º	11,45	22º
Paráíba	4.018.127	1.470	14º	257	7º	365,84	12º	63,96	4º
Pernambuco	9.557.071	2.362	7º	164	10º	247,15	18º	17,16	16º
Piauí	3.273.227	620	20º	36	21º	189,42	21º	11,00	23º
Rio Grande do Norte	3.506.853	1.488	13º	74	17º	424,31	8º	21,10	13º
Sergipe	2.298.696	729	19º	73	18º	317,14	14º	31,76	10º
Nordeste	57.071.654	11.669	3º	1.071	3º	204,46	5º	18,77	4º
Acre	881.935	343	24º	8	26º	388,92	11º	9,07	25º
Amapá	845.731	231	26º	15	25º	273,14	15º	17,74	15º
Amazonas	4.144.597	1.041	17º	36	21º	251,17	17º	8,69	26º
Pará	8.602.865	1.529	12º	88	14º	177,73	22º	10,23	24º
Rondônia	1.777.225	197	27º	23	23º	110,85	26º	12,94	20º
Roraima	605.761	467	23º	0	27º	770,93	1º	0,00	27º
Tocantins	1.572.866	238	25º	22	24º	151,32	24º	13,99	19º
Norte	18.430.980	4.046	5º	192	5º	219,52	4º	10,42	5º
Espírito Santo	4.018.650	1.034	18º	152	11º	257,30	16º	37,82	9º
Minas Gerais	21.168.791	7.678	2º	886	2º	362,70	13º	41,85	7º
Rio de Janeiro	17.264.943	7.652	3º	709	5º	443,21	6º	41,07	8º
São Paulo	45.919.049	21.223	1º	2588	1º	462,18	5º	56,36	5º
Sudeste	88.371.433	37.587	1º	4.335	1º	425,33	2º	49,05	2º
Paraná	11.433.957	4.982	5º	776	3º	435,72	7º	67,87	2º
Rio Grande do Sul	11.377.239	6.389	4º	735	4º	561,56	3º	64,60	3º
Santa Catarina	7.164.788	2.876	6º	656	6º	401,41	10º	91,56	1º
Sul	29.975.984	14.247	2º	2.167	2º	475,28	1º	72,29	1º
Brasil	210.147.125	74.122	-	8.221	-	352,71	-	39,12	-
Estados Unidos	328.239.523	589.054	-	-	-	1794,59	-	-	-

Fonte: IBGE, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2019; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2020; UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE, 2020; WEB OF SCIENCE, 2019. Elaboração própria.

Tabela 12: Dispêndios públicos estaduais em CT&I pelo governo de Minas Gerais ao longo do período 2010-19

Ano	Valor total das despesas executadas em CT&I (em valores correntes)	Valor total das despesas executadas em CT&I (em valores constantes de 2019)	Gasto público em CT&I em razão do PIB	Valor total do gasto público anual (em valores constantes de 2019)	Gasto público em CT&I em razão do gasto público total
2010	R\$ 564.725.905,05	R\$ 987.978.201,13	0,1608%	-	-
2011	R\$ 659.725.023,17	R\$ 1.036.791.783,78	0,1649%	R\$ 83.512.241.396,00	1,2415%
2012	R\$ 728.012.754,95	R\$ 1.088.614.653,58	0,1646%	R\$ 92.186.699.940,00	1,1809%
2013	R\$ 667.491.135,37	R\$ 925.792.983,49	0,1368%	R\$ 97.046.584.774,00	0,9540%
2014	R\$ 707.807.414,48	R\$ 930.305.118,05	0,1370%	R\$ 97.301.167.634,00	0,9561%
2015	R\$ 855.607.279,41	R\$ 1.084.703.914,50	0,1648%	R\$ 102.422.257.689,00	1,0591%
2016	R\$ 884.541.520,51	R\$ 1.014.421.936,32	0,1624%	R\$ 95.611.517.232,00	1,0610%
2017	R\$ 713.615.033,26	R\$ 763.496.866,81	0,1238%	R\$ 98.569.905.426,00	0,7746%
2018	R\$ 774.066.030,89	R\$ 832.607.793,33	0,1276%	R\$ 105.820.371.182,00	0,7868%
2019	R\$ 710.896.303,57	R\$ 710.896.303,57	0,1125%	R\$ 103.030.000.000,00	0,6900%

Fonte: SEF/MG, Portal da Transparência do Estado de Minas Gerais, FJP. Elaboração própria.

Tabela 13: Comparação entre os resultados encontrados pela Fundação João Pinheiro (A) com os resultados encontrados por esse trabalho (B) para a mensuração dos Dispêndios públicos estaduais em CT&I pelo governo de Minas Gerais ao longo do período 2010-13

Ano	Resultado do cálculo da FJP (A)	Resultado do cálculo desse trabalho (B)	B - A	(B - A) / B
2010	R\$ 546.729.871,06	R\$ 564.725.905,05	R\$ 17.996.033,99	3,2916%
2011	R\$ 645.098.109,14	R\$ 659.725.023,17	R\$ 14.626.914,03	2,2674%
2012	R\$ 715.642.433,64	R\$ 728.012.754,95	R\$ 12.370.321,31	1,7286%
2013	R\$ 676.182.140,52	R\$ 667.491.135,37	-R\$ 8.691.005,15	-1,2853%

Fonte: MCTI e SEF/MG. Elaboração própria.

Tabela 14: Investimento em projetos de pesquisa pela Fapemig ao longo do período 2010-19

Ano	Valor total investido em projetos de pesquisa pela Fapemig (em valores correntes)		Valor total investido em projetos de pesquisa pela Fapemig (em valores constantes de 2019)		Valor total investido em projetos de pesquisa pela Fapemig em razão do gasto público total do governo de MG
2010	R\$	516.854.661,05	R\$	904.228.287,92	-
2011	R\$	125.293.763,33	R\$	196.905.589,17	0,2358%
2012	R\$	83.400.903,40	R\$	124.711.339,12	0,1353%
2013	R\$	315.834.791,57	R\$	438.054.707,37	0,4514%
2014	R\$	170.290.224,11	R\$	223.820.581,42	0,2300%
2015	R\$	314.271.063,14	R\$	398.420.000,16	0,3890%
2016	R\$	84.169.601,23	R\$	96.528.526,79	0,1010%
2017	R\$	184.405.847,90	R\$	197.295.853,55	0,2002%
2018	R\$	144.329.096,56	R\$	155.244.547,37	0,1467%
2019	R\$	30.518.549,01	R\$	30.518.549,01	0,0296%

Fonte: Fapemig e Portal da Transparência do Estado de Minas Gerais. Elaboração própria.

ANEXO

Quadro 1: Lista de países por regime de interação

Regime I		Regime IIA			Regime IIB	Regime III	
Albânia	Nepal	África do Sul	Costa Rica	Macedônia	Eslovênia	Coréia do Sul*	Irlanda
Azerbaijão	Nicarágua	Arábia Saudita	Croácia	Malásia	Espanha	Estados Unidos*	Islândia
Bangladesh	Nigéria	Argentina	Egito	Malta	Estônia	Israel*	Luxemburgo
Bolívia	Paquistão	Armênia	Eslováquia	México	Itália	Japão*	Mônaco
Camarões	Paraguai	Bahrain	Rússia	Namíbia	República Tcheca	Taiwan*	Noruega
Cazaquistão	Peru	Barbados	Geórgia	Omã		Alemanha	Nova Zelândia
El Salvador	Quênia	Bermudas	Grécia	Panamá		Austrália	Reino Unido
Equador	República da Moldávia	Brasil	Hungria	Polônia		Áustria	Suécia
Essuatíni	República Dominicana	Brunei Darussalam	Índia	Romênia		Bélgica	Suíça
Gana	Tanzânia	Bulgária	Jamaica	Seychelles		Canadá	
Guatemala	Sri Lanka	Catar	Jordânia	Tailândia		Cingapura	
Indonésia	Turquemenistão	Chile	Kuwait	Turquia		Dinamarca	
Iraque	Uzbequistão	China	Letônia	Ucrânia		Finlândia	
Libéria	Venezuela	Chipre	Líbano	Uruguai		França	
Madagascar	Vietnã	Colômbia	Lituânia			Holanda	

Fonte: CHAVES et. al (2020). Elaboração própria.

* Os 5 primeiros países do regime III apresentam uma diferenciação em relação aos outros países deste regime, pois esse subconjunto possui estatísticas de ciência e tecnologias que apontam uma melhor eficiência na conversão de suas produções científicas em produção tecnológica.

Quadro 2: Lista de disciplinas científicas reunidas pelo *Science Citation Index Expanded* (SCIE) em 2020

Acoustics	Computer Science, Theory & Methods	Health Care Sciences & Services	Multidisciplinary Sciences	Respiratory System
Agricultural Economics & Policy	Construction & Building Technology	History & Philosophy Of Science	Nanoscience & Nanotechnology	Rheumatology
Agricultural Engineering	Critical Care Medicine	Horticulture	Neuroimaging	Robotics
Agriculture, Dairy & Animal Science	Crystallography	Immunology	Neurosciences	Soil Science
Agriculture, Multidisciplinary	Dentistry, Oral Surgery & Medicine	Infectious Diseases	Nuclear Science & Technology	Spectroscopy
Agronomy	Dermatology	Instruments & Instrumentation	Nursing	Sport Sciences
Allergy	Developmental Biology	Integrative & Complementary Medicine	Nutrition & Dietetics	Statistics & Probability
Anatomy & Morphology	Ecology	Limnology	Obstetrics & Gynecology	Substance Abuse
Andrology	Education, Scientific Disciplines	Logic	Oceanography	Surgery
Anesthesiology	Electrochemistry	Marine & Freshwater Biology	Oncology	Telecommunications
Astronomy & Astrophysics	Emergency Medicine	Materials Science, Biomaterials	Operations Research & Management Science	Thermodynamics
Audiology & Speech-Language Pathology	Endocrinology & Metabolism	Materials Science, Ceramics	Ophthalmology	Toxicology
Automation & Control Systems	Energy & Fuels	Materials Science, Characterization & Testing	Optics	Transplantation
Behavioral Sciences	Engineering, Aerospace	Materials Science, Coatings & Films	Ornithology	Tropical Medicine
Biochemical Research Methods	Engineering, Biomedical	Materials Science, Composites	Orthopedics	Urology & Nephrology
Biochemistry & Molecular Biology	Engineering, Chemical	Materials Science, Multidisciplinary	Otorhinolaryngology	Veterinary Sciences
Biodiversity Conservation	Engineering, Civil	Materials Science, Paper & Wood	Parasitology	Virology
Biology	Engineering, Electrical & Electronic	Materials Science, Textiles	Pathology	Water Resources
Biophysics	Engineering, Environmental	Mathematical & Computational Biology	Pediatrics	Zoology
Biotechnology & Applied Microbiology	Engineering, Geological	Mathematics	Peripheral Vascular Disease	
Cardiac & Cardiovascular Systems	Engineering, Industrial	Mathematics, Applied	Pharmacology & Pharmacy	
Cell Biology	Engineering, Manufacturing	Mathematics, Interdisciplinary Applications	Physics, Applied	
Chemistry, Analytical	Engineering, Mechanical	Medical Ethics	Physics, Atomic, Molecular & Chemical	
Chemistry, Applied	Engineering, Multidisciplinary	Medical Informatics	Physics, Condensed Matter	
Chemistry, Inorganic & Nuclear	Engineering, Ocean	Medical Laboratory Technology	Physics, Fluids & Plasmas	
Chemistry, Medicinal	Entomology	Medicine, General & Internal	Physics, Mathematical	
Chemistry, Multidisciplinary	Environmental Sciences	Medicine, Legal	Physics, Multidisciplinary	
Chemistry, Organic	Evolutionary Biology	Medicine, Research & Experimental	Physics, Nuclear	
Chemistry, Physical	Fisheries	Metallurgy & Metallurgical Engineering	Physics, Particles & Fields	
Clinical Neurology	Food Science & Technology	Meteorology & Atmospheric Sciences	Physiology	
Computer Science, Artificial Intelligence	Forestry	Microbiology	Plant Sciences	
Computer Science, Cybernetics	Gastroenterology & Hepatology	Microscopy	Polymer Science	
Computer Science, Hardware & Architecture	Genetics & Heredity	Mineralogy	Primary Health Care	
Computer Science, Information Systems	Geochemistry & Geophysics	Mining & Mineral Processing	Psychiatry	
Computer Science, Interdisciplinary Applications	Geography, Physical		Psychology	
Computer Science, Software Engineering	Geology		Public, Environmental & Occupational Health	
	Geosciences, Multidisciplinary		Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging	
	Geriatrics & Gerontology		Rehabilitation	
	Green & Sustainable Science & Technology		Reproductive Biology	

Fonte: CLARIVATE ANALYTICS, 2020. Elaboração própria