
Texto para Discussão

Fundação João Pinheiro

PANORAMA EVOLUTIVO DOS INDICADORES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO (CT&I) DE MINAS GERAIS DE 2000 A 2020

Ester Carneiro do Couto Santos

**Belo Horizonte
2023**

Fundação João Pinheiro

TEXTO PARA DISCUSSÃO N. 22

PANORAMA EVOLUTIVO DOS INDICADORES DE CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CT&I) DE MINAS GERAIS DE
2000 A 2020¹

Ester Carneiro do Couto Santos

Belo Horizonte

2023

¹ Agradeço as valiosas contribuições do pesquisador Raimundo Leal para a construção deste texto. Eventuais erros são de responsabilidade da autora.

GOVERNADOR

Romeu Zema Neto

Vice-Governador

Mateus Simões de Almeida

SECRETÁRIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

Luísa Cardoso Barreto

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO

Presidente

Helger Marra Lopes

Vice-Presidente

Mônica Moreira Esteves Bernardi

FICHA TÉCNICA

Elaboração

Ester Carneiro do Couto Santos

Preparação de originais

Ana Paula da Silva

Capa

Aline de Faria Pereira

TEXTO PARA DISCUSSÃO

São textos que visam divulgar trabalhos preliminares.

Possuem o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários, críticas e sugestões.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO

Alameda das Acácias, 70

Bairro São Luiz -Pampulha

Belo Horizonte - Minas Gerais

CEP 31275.150

Telefones: (31) 3448.9711

www.fjp.mg.gov.br

E-mail: comunicacao@fjp.mg.gov.br

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, por qualquer meio, desde que citada a fonte. Disponível também em: www.fjp.mg.gov.br

S237p

Santos, Ester Carneiro do Couto

Panorama evolutivo dos indicadores de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) de Minas Gerais de 2000 a 2020 / Ester Carneiro do Couto Santos – Belo Horizonte : FJP, 2023.

41 p. : il. (Texto para discussão. Fundação João Pinheiro; n. 22)

1. Ciência e tecnologia – Minas Gerais. I. Título. II. Fundação João Pinheiro. III. Série.

CDU 6(815.1) "2000/2020"

RESUMO

O presente trabalho discute alguns dos principais indicadores disponíveis que buscam caracterizar o sistema mineiro de inovação considerando o período de 2000 a 2020, ou dados mais recentes. Como principais resultados tem-se um cenário misto no período analisado, com quedas nos investimentos públicos e privados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), em educação superior, bem como redução das taxas de inovação das empresas mineiras. Os riscos da inovação, associado aos seus elevados custos e à escassez de fontes apropriadas de financiamento, são os principais obstáculos à inovação levantados pelas empresas mineiras. Por outro lado, os dados apontam para um aumento das taxas de patenteamento de novas tecnologias no estado, colocando Minas Gerais como o segundo maior depositante de patentes em 2019; as universidades têm aumentado sua contribuição para esse aumento do depósito de novas patentes, além de ter ampliado sua produção de artigos científicos em campos como engenharia, física e ciências médicas. Também tem sido observada uma ampliação sutil das atividades de cooperação entre universidades e empresas no estado. Contudo, assim como o sistema brasileiro de inovação, o sistema estadual apresenta alguns desafios, pois, apesar de gerar novas tecnologias e alguma produção científica, não consegue retroalimentar o processo e gerar adequadamente mais dinamismo econômico. Conhecer o quadro atual por meio de indicadores é um passo necessário e permite que se observem/discutam oportunidades para o fortalecimento, investimento e articulação entre os diversos atores que fazem parte desse sistema.

Palavras-chave: Ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Pesquisa e desenvolvimento (P&D). Indicadores de CT&I.



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CT&I	Ciência, tecnologia e inovação
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
NIH	National Institute of Health
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PINTEC	Pesquisa de inovação
SI	Sistema de inovação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICOS

Gráfico 2: Percentual de patentes* depositadas no Inpi, de residentes por Instituições de Ensino Superior* sobre o total de patentes depositadas por residentes: MG e Brasil (2000 – 2019).....	20
Gráfico 3: Orçamento do CNPq, Capes e FUNDCT: valores empenhados – 2013-2022 (valores dezembro/2022- IPCA- em R\$ milhões)	21
Gráfico 4: Percentual de gastos com P&D em relação ao PIB: países selecionados (2000-2020)	22
Gráfico 5: Empresas que implementaram inovações e que receberam apoio do governo para implementar suas atividades inovativas (2003-2017)	25
Gráfico 6: Percentual (%) dos dispêndios em atividades inovativas sobre a receita líquida de vendas das empresas inovadoras, Brasil e Minas Gerais (esforço inovador), 2000-2017	26
Gráfico 7: Artigos por milhão de habitantes: MG e Brasil (2010 - 2019)	31
Gráfico 8: Despesas* por matrícula das universidades federais mineiras e das universidades estaduais (Uemg/Unimontes): 2014 a 2021 (em valores de dezembro de 2022/IPCA)	33

TABELAS

Tabela 1: Proporção de empresas que declararam ter realizado inovação de produto ou processo em Minas Gerais e no Brasil (Taxa de inovação): 2001 – 2017	15
Tabela 2: Pedidos de patentes depositados por residentes em escritórios de patentes ao redor do mundo por milhão de habitantes – países selecionados	17
Tabela 3: Patentes* depositadas no Inpi, do titular residente, segundo unidades da federação que mais depositaram patentes – 2000, 2005 – 2019	18
Tabela 4: As 10 cidades mineiras que mais depositaram patentes* no INPI: comparação entre os períodos de 2000-2009 e 2010-2017	19
Tabela 5: Dispêndios* do governo estadual de Minas Gerais com a Fapemig e em relação ao PIB estadual - 2010-2020.....	23
Tabela 6: Fontes de financiamento das atividades de P&D das empresas inovativas (%) 2003-2017 .	24
Tabela 7: Principais fatores apontados pelas empresas inovadoras mineiras como obstáculos à inovação* (%) - 2001-2017	27
Tabela 8: Dispêndios em cada atividade inovativa sobre o total dos dispêndios em inovação, Brasil e Minas Gerais, 2000 e 2017	28
Tabela 9: Empresas que realizaram cooperação com universidades (por tipo de cooperação): Brasil e Minas Gerais - 2001 a 2003 e 2015 a 2017	29
Tabela 10: Artigos publicados em revistas técnicas e científicas*- países selecionados: 2000, 2010, 2020.....	30
Tabela 11: Despesas estaduais com a Secretaria estadual de educação em relação ao número de matrículas na educação básica* da rede estadual de ensino – 2010 a 2022 (valores de dezembro de 2022/IPCA).....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 SISTEMAS DE INOVAÇÃO E A CONSTRUÇÃO DE HABILIDADES PRÓPRIAS	9
3 A EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO MINEIRO APÓS 2000 POR MEIO DOS INDICADORES ESTADUAIS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CT&I)	14
3.1. A queda nos investimentos em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e pesquisa e desenvolvimento (P&D)	21
3.2. Principais obstáculos à inovação e os principais tipos de investimento em inovação realizados pelo setor empresarial (MG e Brasil)	26
3.3. Interação empresa – universidade	28
3.4. A produção científica	29
3.6. Investimento em educação.....	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	36
APÊNDICES.....	41

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo crescimento econômico tem sido um dos grandes objetivos das economias ao redor do mundo, sejam elas unidades nacionais ou subnacionais. Portanto, é relevante compreender como este é gestado no tecido econômico. Dentre as teorias mais aceitas para explicar o crescimento econômico em seu aspecto de mais longo prazo, a corrente² neo-shumpeteriana ou evolucionária pode ser mencionada por enfatizar o papel endógeno da tecnologia como seu principal elemento propulsor (Nelson, 2006; Nelson; Winter, 2005).

Seguindo esta linha de investigação, o tipo de inovação que mais interessa ou que mais impacta nas taxas de crescimento econômico é a do tipo radical. A inovação radical está ligada ao conceito de paradigma tecnológico³, que se refere ao novo contexto tecnoeconômico que emerge após a introdução de uma revolução tecnológica (Perez; Soete, 1988). Nesse aspecto, ela se relaciona ao fenômeno da destruição criativa, em que o novo destrói o velho e assim emergem novos produtos, novos métodos produtivos, a abertura de novos mercados, a descoberta de novas fontes de matéria-prima e novas formas organizacionais que geram maiores taxas de lucro (Schumpeter, 1997[1912], p.76). Esse caráter disruptivo é possível por meio das constantes revoluções tecnológicas⁴ que se dão ao longo do tempo no sistema capitalista.

Não obstante, conforme aponta a história econômica, a forma de difusão dessas novas tecnologias e geração de melhorias (inovações incrementais) entre os diferentes países e regiões não se dá de forma equitativa. Para ingressar em um novo paradigma tecnológico são necessários alguns importantes requisitos, como por exemplo, a importância de uma nação ou região se manter próxima à fronteira tecnológica, ou seja, ter um acúmulo de habilidades que lhe permita ou gerar inovações próximas ao limite do que tem sido produzido pelos países/empresas mais tecnologicamente avançadas, ou ser capaz de se apropriar criativamente do que foi produzido alhures (ser capaz de

² No âmbito da teoria neoclássica pode-se destacar Romer (1990) e Grossman e Helpman (1994) sobre a teoria do crescimento endógeno.

³ Se inicia um novo paradigma tecnológico quando da emergência de um novo *cluster* de tecnologias, ou seja, quando é introduzido no sistema capitalista uma revolução tecnológica. Um paradigma tecnológico incorpora fortes prescrições sobre a direção que o progresso técnico deve buscar ou negligenciar (Dosi, 1982; Perez, 2002).

⁴ Freeman; Louçã (2001) ao periodizarem as revoluções tecnológicas (RT) em termos de sua difusão para a economia como um todo, apontam a introdução de cinco constelações de inovações técnicas e organizacionais ao longo da história, desde a primeira Revolução industrial. Em linhas bem gerais, a primeira teria sido o período da mecanização da indústria movida a água, cujo período de ascensão e descenso teria se dado entre 1780 e 1848; a segunda teria sido compreendida entre 1848 e 1895, com a difusão da **máquina a vapor e das estradas de ferro**; a terceira teria se dado com a difusão da **eletrificação** da indústria, transporte e casas entre 1895 e 1940; a quarta teria sido conhecida pela difusão do **automóvel e da produção em massa**, cujo início teria se dado por volta de 1940 e cujo fim por volta de 1990. Já a difusão da quinta constelação de inovações técnicas e organizacionais seria caracterizada pela **computadorização** da economia como um todo, tendo sido por volta de 2000, estando ainda em curso.

participar do processo de difusão tecnológica em velocidade adequada) (Lall, 1990; Perez; Soete, 1988).

O processo de construção de capacitações tecnológicas e de capacidade de absorção de novas tecnologias, por sua vez, está ligado ao conceito de Sistemas de Inovação (SI), que diz respeito ao ambiente institucional em que ele ocorre. Isso porque essas habilidades são construídas no tempo e dependem das decisões intencionais ou não, que se dão em um determinado ambiente institucional próprio de cada economia. A possibilidade de ingressar em núcleos mais tecnologicamente dinâmicos, e, portanto, mais lucrativos e com maior potencial de gerar crescimento econômico, é fruto de um arranjo institucional específico, entendido como SI. Assim, entender as potencialidades que cada localidade possui é também entender como suas habilidades são construídas, quais as medidas tomadas, quais investimentos são realizados, a qualidade da mão de obra, quais as organizações envolvidas, a relação entre essas esferas, dentre outros aspectos.

Ao longo deste texto, será elaborada uma discussão sobre o Sistema de Inovação (SI) mineiro em termos de suas capacidades tecnológicas e potencialidades para apropriação do movimento de propagação de revoluções tecnológicas pelo conjunto do sistema. Este artigo busca discutir como Minas Gerais tem procurado (ou não) construir ao longo dos anos um sistema de inovação forte capaz de se apropriar das novas tecnologias que carregam aceleradamente o solo antigo gerando mudanças disruptivas no sistema produtivo.

Para tanto, este artigo está dividido em três seções para além desta introdução. Na segunda seção, será discutido teoricamente o conceito de sistemas de inovação em conexão com a construção de capacidades tecnológicas próprias. Na terceira seção, alguns dos indicadores estaduais de ciência e tecnologia (C&T) serão analisados a fim de destacar a posição da economia mineira no cenário nacional. E, por fim, na última seção, as considerações finais serão apresentadas.

2 SISTEMAS DE INOVAÇÃO E A CONSTRUÇÃO DE HABILIDADES PRÓPRIAS

O conceito de Sistema de Inovação (SI) engloba um conjunto de fatores ou expressa o arranjo institucional que impulsiona o progresso tecnológico e determina a riqueza das nações. Um entendimento mais amplo desenvolvido por Lundvall (1992) diz respeito não apenas às organizações envolvidas nesse processo, como também ao arcabouço institucional embebido nas relações entre os atores. Sua principal finalidade é viabilizar um fluxo de informação necessário à geração, implementação e difusão da inovação tecnológica (Albuquerque, 1996). Sistemas de Inovação podem ser entendidos como um conjunto amplo e sistêmico de fatores e englobam relacionamentos entre e dentre as organizações, instituições e estruturas socioeconômicas, que determinam a taxa e a direção da inovação e construção de competências que emanam dos processos de aprendizagem baseados na ciência e na experiência (Lundvall; Joseph; Chaminade; Vang, 2009).

Nesse aspecto, são considerados como elementos relevantes para a compreensão do SI em determinada localidade a presença de universidades e institutos de pesquisa, instituições de ensino, o papel do governo, das firmas e suas redes de cooperação e interação, os mecanismos e instituições de coordenação, o sistema financeiro os, sistemas legais, os mecanismos de mercado e não mercado de seleção (Nelson, 1993; Lundvall; Joseph; Chaminade; Vang, 2009). Também são considerados os arranjos institucionais que se articulam com o sistema educacional, setor empresarial, industrial e financeiro e com os agentes que geram, difundem e implementam a inovação (Albuquerque, 1996).

Muito embora existam elementos pouco replicáveis entre as localidades, existem outros que são comuns a todas elas, como o investimento em ciência básica e aplicada, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e em qualificação da mão de obra, a produção de ciência e tecnologia, o papel das universidades e institutos de pesquisa, as transferências tecnológicas entre as fronteiras, incentivos fiscais para setores de ponta, ambiente institucional favorável *etc.* Elementos que podem ser expressos em dados estatísticos para avaliar comparativamente as localidades mais avançadas e as menos avançadas.

Nem todos os fatores que favorecem a construção de um sistema de inovação bem estruturado são de fácil observação por meio de indicadores comparáveis entre países ou regiões ao longo dos anos. Alguns elementos são até mesmo tão sutis que podem ser observados apenas por meio de estudos qualitativos. Ainda assim, é possível se analisar dados importantes por meio de indicadores e mesmo construir tipologias entre os Sistemas de Inovação (SIs)⁵.

⁵ A esse respeito ver Chaves, Ribeiro, Santos, Albuquerque (2020) e Ribeiro, Ruiz, Bernardes, Albuquerque (2006).

A construção de um ambiente institucional propício à inovação com um investimento constante em ciência e tecnologia tem sido um elemento relevante ao desenvolvimento econômico. Essa construção deve ser intencional para a criação de vantagens comparativas dinâmicas, que diz respeito à intencionalidade na construção de habilidades, sendo essas entendidas como fruto de um processo histórico e cumulativo ao longo do tempo e não um processo randômico, dado ou mesmo imutável – ou seja, as vantagens comparativas não são apenas dadas, elas podem ser construídas. Enquanto que vantagens comparativas estáticas podem ser compreendidas como a vocação natural de cada localidade, ditada por seus recursos naturais ou vantagens de custo ou tecnológicas (Furtado, 1987; Dosi; Pavitt; Soete, 1990).

Essa construção pode se dar através, por exemplo, do investimento na formação de mão de obra, educação em nível básico, técnico e superior, no investimento em ciência e pesquisa, parques tecnológicos, políticas proativas em busca de tecnologias estrangeiras, participação em redes internacionais de inovação e/ou cadeias globais de valor (com uma busca ativa por núcleos de maior conteúdo tecnológico) ou mesmo nas compras governamentais e oferta de subsídios para setores de ponta que possuem maiores taxas de inovação e maiores retornos econômicos, dentre outros (Mazzucato, 2014; Nelson, 1993; Gomes, 2023).

Todos esses elementos levantados têm como raiz a intenção de se construir capacitações tecnológicas próprias. Localidades mais capacitadas têm também maior probabilidade de gerar novas tecnologias próximas à fronteira tecnológica, de absorver tecnologias geradas em outras localidades e, portanto, participar de setores que possuem as maiores taxas de lucro (Albuquerque, 2020).

Tendo em consideração especificamente o caso das economias menos desenvolvidas, nosso objeto de estudo, podemos nos remeter à posição de Albuquerque *et al.* (2009), de que existe um erro latente na exposição de um modelo linear invertido (implícito ou explícito) de que nestas economias deveria haver um desenvolvimento tecnológico pretérito à criação de capacitações próprias (desenvolvimento científico). Isso porque **a crescente sofisticação e complexificação das tecnologias têm exigido cada vez mais a presença (continuada) de capacitações tecnológicas endógenas, como ponto de partida desse processo e não atividade final.** Os desenvolvimentos científicos e tecnológicos se dão por meio de *feedbacks* de retroalimentação positivos. Ademais, o próprio processo de construir capacidades tecnológicas demanda um esforço contínuo, dado que a fronteira tecnológica é móvel, ou seja, as economias menos desenvolvidas precisam se manter em constante atualização tecnológica, pois o mundo desenvolvido caminha a passos cada vez mais velozes.

Não obstante, acessar núcleos mais tecnologicamente intensivos, demanda um processo de aprendizagem que não é sem custo. Conforme destaca Rosenberg (1976, p. 167), a tecnologia tem um

longo cordão umbilical: é dependente de conhecimentos passados sendo cumulativa por natureza. Nesse aspecto, a tecnologia não poderia ser comparada a uma prateleira de *blueprints* onde bastaria ser retirado o “produto” certo. Porém, seria mais complicado que isso à medida que o *know-how* é em sua maior parte, não escrito, incorporado em indivíduos e em procedimentos internos às organizações, bem como precisa ser frequentemente adaptado (Mansfield, 1975; Cimoli; Dosi, 1995).

Conforme aponta Lall (1990, p.17) “a aquisição de capacidades tecnológicas é necessariamente um processo de aprendizado”, e este “aprendizado tecnológico requer esforços deliberados, intencionais e crescentes para reunir novas informações, testar objetos, criar novas habilidades e rotinas operacionais, e descobrir novos relacionamentos externos [...]” (Lall, p.29). Esse processo de aprendizagem, por sua vez, envolve a organização do conhecimento em sequências particulares, incluindo treinamentos, educação formal, busca e experimentação. Assim, aprender a aprender também faz parte do processo de capacitação tecnológica (Lall, 1990).

Além disso, conforme se sucedem as revoluções tecnológicas, mais complexas e volumosas se tornam as tecnologias e, portanto, os processos de aprendizado se tornam ainda mais custosos. É preciso acessar conhecimentos que estão acumulados ao longo do tempo, cada vez mais ligados à ciência, baseados em conhecimentos tácitos e codificados, dependendo assim de mais conhecimento prévio acumulado. Um exemplo nesse sentido é demonstrado por Ribeiro, Britto e Albuquerque (2022) quando destacam que, ao redor do mundo, o número de citações de artigos científicos em patentes saltou de 6.302, em 2009 para mais de 70 mil em 2017, apontando para a relevância cada vez maior do conhecimento científico para os desenvolvimentos tecnológicos.

Mas, se por um lado, as sucessivas revoluções tecnológicas geram grandes desafios, principalmente na forma de barreiras à entrada, também existem oportunidades geradas pelos mesmos desenvolvimentos tecnológicos, como a crescente integração entre os agentes promovida pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). A possibilidade de participação em redes internacionais de pesquisa, de inovação, em cadeias globais de valor, o acesso a tecnologias livres de direitos de propriedade intelectual *etc.* são algumas dessas oportunidades. Cada vez tem se mostrado mais relevante (e até indispensável) a participação em redes globais de conhecimento para o fortalecimento dos SIS locais (Ersnt, 2006; Binz; Truffer, 2017; Ribeiro; Britto; Albuquerque, 2022).

Contudo, identificar, selecionar e compreender essas tecnologias, como já salientado, possui custo. Um custo de aprendizagem que é construído no tempo. Pode-se afirmar que, em determinado momento do tempo, cada localidade possui um determinado estoque de conhecimentos que a habilita a ingressar em determinados núcleos tecnológicos. E, ainda que seja importante continuamente buscar ativamente ingressar em novos setores ou núcleos tecnológicos, essa capacidade acumulada

não pode ser desprezada, pois aponta uma direção mais rápida para seu ingresso em núcleos tecnológicos mais avançados.

O Brasil, por exemplo, possui capacidade científica acumulada em saúde (Chaves; Albuquerque, 2006). O Sistema Único de Saúde (SUS) possui um sistema robusto de conhecimentos acumulados. Na experiência sobre as vacinas contra a Covid 19, essas habilidades ficaram patentes com a participação do Instituto Butantan e da Fiocruz no processo de fabricação e desenvolvimento de vacinas em colaboração com instituições estrangeiras (Sinovac Biotech e Astrazeneca), além de testes de detecção. Pesquisadores de universidades brasileiras como a USP, UFMG, UFRJ e a UFBA também foram capazes de rapidamente fazer o sequenciamento genético do coronavírus identificando novas cepas mais transmissíveis. As atividades que eram rotinas de laboratório das universidades mostram empiricamente que a formação e o ato de fazer ciência são modos de aprendizagem que andam de mãos dadas para a geração de novas tecnologias. Ser capaz de fazer esses arranjos de colaboração tecnológica e desenvolvimentos próprios mostra a força e a robustez de um sistema de pesquisa desenvolvido ao longo de nossa história. Segundo dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2023), até fevereiro de 2023, o Brasil era o terceiro país com maior produção de estudos sobre vacina e o segundo maior país com estudos registrados sobre medicamentos contra a covid-19, ambos registrados no Instituto Nacional de Saúde – National Science Foundation – (NSF) dos EUA.

O que esse breve exemplo nos mostra é que o investimento em ciência nos fornece um “bilhete de admissão” (Rosenberg, 2006) para uma rede internacional de informação tecnológica. Sem conhecimentos prévios, o país não seria capaz de participar do processo de fabricação e desenvolvimento de vacinas. Essas capacidades acumuladas não podem ser consideradas estáticas no tempo. Certamente, uma nação ou região pode e deve investir em setores diferentes mais produtivos, contudo, não se apropriar de suas habilidades pretéritas é, de certa forma, uma perda de investimentos em capital humano e físico. **Portanto, conhecer suas potencialidades também é um dos principais fatores para o desenvolvimento tecnológico de determinada localidade.**

Ademais, a atuação governamental possui um papel de destaque para a construção do SI, por possuir capacidade de interferir desde aspectos mais tangíveis como a promoção e coordenação direta de políticas para o seu desenvolvimento de longo prazo, como a regulação macroeconômica e do sistema financeiro, promoção de políticas de educação e treinamento, investimentos diretos em P&D, até aspectos menos palpáveis como fortalecimento do capital social e adoção de políticas que promovam a mudança no comportamento das firmas (Mowery; Rosenberg, 2005; Amsden, 2004; Nelson, 1993; Mazzucato, 2014).

O Estado ao longo da história, tem se apresentado como ator central para o desenvolvimento das habilidades nacionais, pois tem possibilidade de interferir em quase todos os ambientes da vida econômica, tendo escala para promoção desde um grande conjunto de medidas estratégicas para o florescimento de novas habilidades produtivas entre as empresas, até para o financiamento direto de atividades inovativas. **A fim de realizarem o *catch up*, historicamente, as nações fizeram usos recorrentes de políticas de apoio estatal para promoção deliberada de avanço científico e tecnológico.** Nesse sentido, os governos adotam posturas mais agressivas quando partem para uma mudança técnica de cunho mais radical (ingresso em novos paradigmas tecnoeconômicos); e mesmo após alcançarem a posição desejada, com um setor produtivo mais fortalecido, o Estado continua atuando ainda que indiretamente (Nelson, 1993; Mazzucato, 2014).

Não apenas em nações subdesenvolvidas, como principalmente nas desenvolvidas, o papel do Estado para indução da competitividade empresarial, por meio da atuação em diversas frentes, tem se mostrado de singular importância principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) (Amsden, 2004; Freeman, 1995; Lundvall; Joseph; Chaminade; Van, 2009). Para o caso dos países desenvolvidos, longe de se manter neutro, o Estado tem atuado incisivamente para a promoção da mudança técnica em suas estruturas produtivas. Isso porque os livres mercados podem levar a sub investimentos em tecnologias complexas, em função de seus custos elevados, altos riscos, longos períodos de aprendizado e externalidades muito difusas (Lall, 2000; Freeman, 1987; Mazzucato, 2014). Mesmo a Pfizer, hoje internacionalmente conhecida por seu pioneirismo no desenvolvimento de vacinas de ácido ribonucleico (RNA) mensageiro, saiu do Reino Unido em busca dos fortes investimentos americanos sobre a base de conhecimento sobre a qual as farmacêuticas prosperam: já em 2014, Mazzucato apontava para os investimentos públicos anuais do National Institute of Health (NIH) que eram da ordem de US\$ 30,9 bilhões na Pfizer.

Considerando esses aspectos discutidos e principalmente o fato de **que tecnologia aplicada à atividade produtiva gera crescimento econômico**, entender como ela é gerada, implementada e difundida no tecido econômico é uma tarefa premente. Quais são os fatores que geram e como esses elementos têm sido efetivamente utilizados em Minas Gerais pode ser uma relevante ferramenta de análise para subsidiar e orientar políticas públicas que guiem gestores do estado nesse sentido.

Nesse aspecto, na próxima seção passaremos a analisar a evolução da situação do estado de Minas Gerais em termos de sua posição na geração de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) por meio de medidas mensuráveis permitidas pela análise de indicadores disponíveis capazes de delinear e caracterizar o SI mineiro.

3 A EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO MINEIRO APÓS 2000 POR MEIO DOS INDICADORES ESTADUAIS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CT&I)

A questão da inovação empresarial pode ser considerada um importante termômetro de como anda o esforço das empresas em se tornarem mais competitivas em seus territórios. A Pesquisa de Inovação (PINTEC) do IBGE é a fonte oficial de informação nacional sobre a temática apresentando dados trienais de 2000 a 2017⁶, tendo como base o Manual de Oslo da OCDE; o que permite também comparações internacionais.

Na PINTEC, a concepção de inovação empresarial é ampla e considera tanto a inovação realizada pela própria empresa como aquela adotada a partir de outras empresas, seja de produto ou de serviços. O conceito de inovação produto ou processo na PINTEC é definido pela:

Implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou substancialmente aprimorado ou pela introdução na empresa de um processo produtivo novo ou substancialmente aprimorado. A inovação se refere a produto e/ou processo novo (ou substancialmente aprimorado) para a empresa, não sendo, necessariamente, novo para o mercado/setor de atuação, podendo ter sido desenvolvida pela empresa ou por outra empresa/instituição. A inovação pode resultar de novos desenvolvimentos tecnológicos, de novas combinações de tecnologias existentes ou da utilização de outros conhecimentos adquiridos pela empresa (IBGE, 2020, questionário, p.3).

A partir dessa definição, a PINTEC faz a análise de diversos outros fatores relacionados a fim de melhor delinear o fenômeno da inovação empresarial como os dispêndios com as atividades inovativas, o financiamento destes gastos, os obstáculos encontrados para a inovação *etc*⁷. (IBGE, 2020).

Segundo dados da PINTEC, entre 2009 e 2011, havia 5.803 empresas inovadoras em MG. Entre 2015 e 2017 esse volume se reduziu para 3.807, uma queda de quase 35% no número de empresas que realizaram inovação no estado. Esse movimento correspondeu a uma queda da taxa de inovação (número de empresas pesquisadas/ número de empresas que declararam ter implementado inovação) de 40,5% para 32,3% em MG entre 2009 e 2017. A queda da taxa de inovação em MG foi superior àquela verificada no país como um todo, que foi de 34,9% para 32,3% no mesmo período (Tabela 1).

⁶ Em 2021, foram divulgados os primeiros resultados da PINTEC semestral. Essas estatísticas ainda são classificadas como experimentais pelo IBGE e não são estritamente comparáveis com a PINTEC tradicional.

⁷ O universo amostral da PINTEC é desenhado de modo a contemplar as empresas com maior probabilidade de serem inovativas. Sobre a metodologia da PINTEC ver IBGE (2020)

Tabela 1: Proporção de empresas que declararam ter realizado inovação de produto ou processo – Minas Gerais e Brasil (Taxa de inovação) – 2001-2017

Período	Minas Gerais		Brasil		Minas Gerais	Brasil
	Total de empresas (A)	Empresas Inovadoras (B)	Total de empresas (A)	Empresas Inovadoras (B)	Taxa de inovação (B/A)	
2001-2003	10.028	3.503	84.262	28.036	34,9%	33,3%
2003-2005	10.861	3.203	91.055	30.377	29,5%	33,4%
2006-2008	13.154	5.462	106.822	41.223	41,5%	38,6%
2009-2011	14.433	5.841	116.632	41.470	40,5%	35,6%
2012-2014	14.085	5.001	117.976	42.987	35,5%	36,4%
2015-2017	11.784	3.807	102.514	34.732	32,3%	33,9%

Fonte: IBGE/PINTEC. Vários anos. Elaboração própria.

Além da queda na taxa de inovação em geral, quando se comparam as taxas de inovação em processo e em produto, a primeira tem uma proporção bastante superior que a última, tanto em MG quanto no Brasil (Gráfico 1). Ou seja, a maior parte das empresas declarou ter inovado em processo. A inovação em processo tem um caráter menos complexo, enquanto a inovação em produto denota uma busca maior na diferenciação por parte da empresa, além de possuir maior risco, ser mais custosa, demandar maior conhecimento técnico prévio, uso de laboratórios para testes e pessoal especializado, por exemplo.

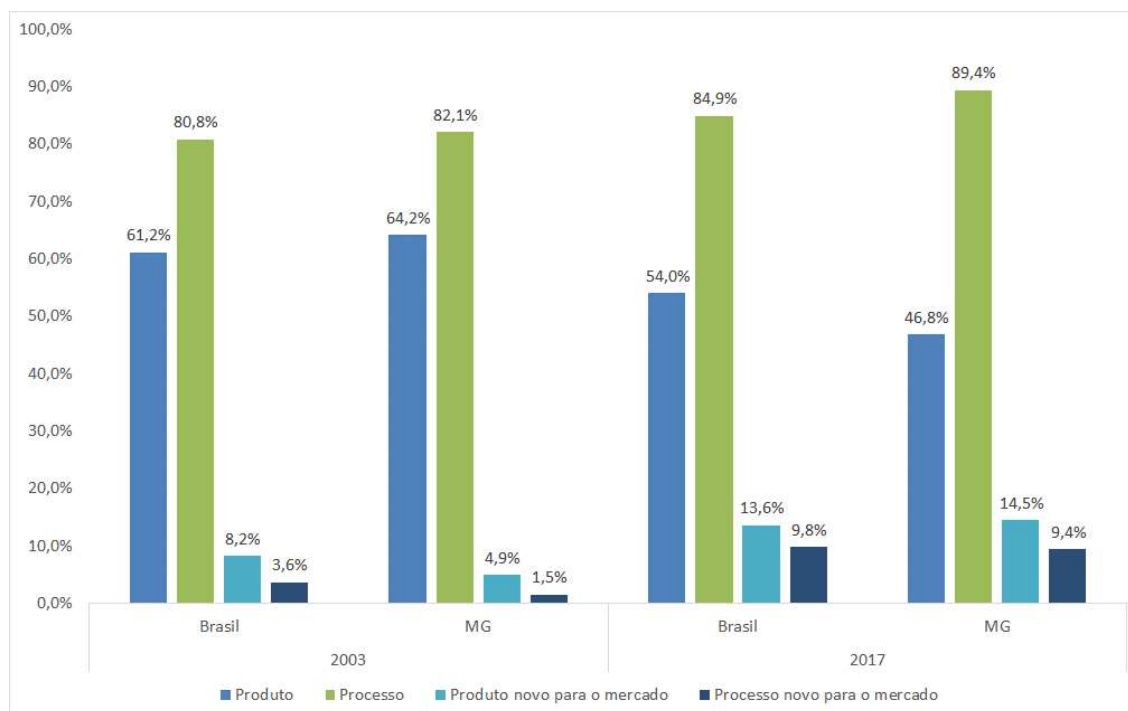
Além disso, entre 2003 e 2017, as empresas que declararam ter realizado inovação em processo aumentou. Em 2003, 82,1% das empresas inovadoras mineiras declararam ter inovado em processo (no Brasil essa proporção foi de 80,8 %). Já em 2017, essa proporção foi ampliada para 89,4% em MG (e para 84,9% no Brasil). Enquanto a proporção das que declararam ter inovado em produto caiu tanto em MG (de 64,2% para 46,8%) quanto no Brasil (61,2% para 54%) no mesmo período. Podemos inferir, portanto, que, qualitativamente, também houve uma queda nas inovações empreendidas, tanto em MG quanto no Brasil, sendo que nas empresas mineiras essa queda foi maior (17,4 p.p. em MG contra 7,2 p.p. no Brasil) (Gráfico 1).

Por outro lado, em termos de novidade das inovações implementadas para o mercado⁸ (tanto de processo quanto de produto) houve alguma melhora: enquanto em 2003 a proporção das

⁸ Lembrando que a inovação implementada pela empresa pode ser nova tanto para o mercado quanto para a própria empresa apenas.

inovações em produto novas para o mercado foi de 4,9% em MG, em 2017 essa taxa subiu para 14,5%, uma elevação de 9,6 p.p. Para o país como um todo esse aumento foi de 3,6% para 9,8% (Gráfico 1)⁹.

Gráfico 1: Taxas de inovação de produto e processo – Minas e Brasil – 2003/2017



Fonte: IBGE /PINTEC, 2003, 2017. Elaboração própria.

A produção tecnológica no país também tem permanecido estagnada ao longo dos anos, conforme pode ser observado pelos pedidos de patentes depositados pelo Brasil em escritórios de patentes ao redor do mundo. Podemos dizer que patentes são um dos mecanismos de apropriação de uma invenção (Nagaoka, Motohashi e Goto, 2010). Não apontam todas as invenções efetivamente realizadas em um território¹⁰, mas podem nos fornecer pistas importantes: quando uma patente é depositada por um país, denota, dentre outros aspectos, um termômetro de suas capacidades inventivas e/ou o interesse de uma empresa estrangeira para a proteção de sua invenção naquela localidade. Assim, estatísticas de patentes têm sido largamente utilizadas por pesquisadores nacionais e internacionais, como importante sinalizador das capacidades tecnológicas presentes em determinada localidade (Albuquerque, 1998).

⁹ Outro fator a ser considerado são as modificações no âmbito do desenho amostral que a partir de 2005 vem incorporando empresas do setor de serviços intensivos em conhecimento. Pela natureza de suas atribuições inovações em produto tendem a ser menos frequentes nesses novos setores incorporados.

¹⁰ A esse respeito Nagaoka, Motohashi e Goto (2010, pg.1084) apontam que: “Nem todas as patentes representam inovações, nem todas as inovações são patenteadas” (grifo nosso); *Not all patents represent innovation, nor are all innovations patented*”.

Embora esse indicador tenha tido certo aumento entre 1990 e 2019 (de 16,03 para 21,6 pedidos por milhão de habitantes), quando comparado com outros países mais dinâmicos tecnologicamente esse valor é extremamente baixo. Coréia do Sul e China, por exemplo, têm ampliado muito seu pedido de depósito de patentes entre 1990 e 2019 conforme pode ser observado na Tabela 2. Esse fenômeno tem sido chamado na literatura de “efeito rainha vermelha”, pois mesmo que o país não esteja estagnado efetivamente, não conseguiu correr em uma velocidade que pudesse se manter ao lado dos países mais avançados, nem muito menos ultrapassá-los.

Tabela 2: Pedidos de patentes depositados por residentes em escritórios de patentes ao redor do mundo por milhão de habitantes – países selecionados

Países selecionados	1990	2000	2010	2019
Brasil	16,03	18,19	21,60	21,60
EUA	363,12	584,04	782,27	782,27
Japão	2.696,45	3.028,95	2.265,02	2.265,02
Coréia do Sul	211,85	1.549,33	2.659,82	2.659,82
Alemanha	386,79	629,30	575,31	575,31
China	5,14	20,07	219,08	219,08

Fonte: WORLD BANK. Elaboração própria.

Considerando os dados estaduais, podemos observar os dados dos pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), que corresponde ao escritório nacional de patentes brasileiro. Embora não seja estritamente comparável com a informação anterior (que considera os depósitos de pedidos de patentes nos principais escritórios de patentes do mundo), a base do INPI nos fornece importantes informações em nível estadual.

Segundo o INPI, mesmo se considerando o contexto brasileiro de relativa estagnação internacional, em Minas Gerais, a produção de patentes vem crescendo ao longo dos anos, de modo que entre 2000 e 2019, o estado passou a ser o segundo maior depositante de patentes depois de São Paulo, praticamente dobrando seu número de patentes (Tabela 3). Belo horizonte se destaca como a principal cidade mineira como centro de produção dessas novas tecnologias, enquanto apenas 10 municípios mineiros são responsáveis por quase 60% dos pedidos de patentes mineiras depositados no INPI até 2017 (Tabela 4).

Tabela 3: Patentes ⁽¹⁾ depositadas no INPI, do titular residente, segundo unidades da federação que mais depositaram patentes – 2000/2005/2019

	Posição	2000	Posição	2005	Posição	2010	Posição	2015	Posição	2019
São Paulo	1	2.952	1	3.183	1	2.933	1	2.733	1	2.588
Minas Gerais	5	496	5	610	3	696	2	709	2	886
Rio de Janeiro	3	546	4	648	5	519	5	533	5	709
Paraná	4	537	3	656	4	643	4	650	4	776
Rio Grande do Sul	2	564	2	680	2	711	3	682	3	735
Total (A)		5.095		5.777		5.502		5.307		5.694
Total Brasil (B)		6.378		7.229		7.141		7.247		8.221
A/B (%)		80%		80%		77%		73%		69%

Fonte: INPI. Elaboração própria.

(1) Patentes de Invenção e modelos de utilidade. Foram considerados os pedidos de patentes em função da identificação do 1º depositante.

Tabela 4: As 10 cidades mineiras que mais depositaram patentes ⁽¹⁾ no INPI: – comparação entre os períodos de 2000-2009/2010-2017

Cidades	2000-2009		2010-2017	
	Patentes	(%)	Patentes	(%)
Belo Horizonte	2.433	39,7%	2.193	36,4%
Uberlândia	221	3,6%	285	4,7%
Contagem	297	4,9%	227	3,8%
Juiz de Fora	230	3,8%	214	3,5%
Uberaba	141	2,3%	135	2,2%
Sete Lagoas	44	0,7%	113	1,9%
Betim	83	1,4%	109	1,8%
Viçosa	63	1,0%	104	1,7%
Nova Lima	58	0,9%	103	1,7%
Itajubá	55	0,9%	96	1,6%
Total (A)	3.625		3.579	
Total MG (B)	6.122		6.032	
A/B	59%		59%	

Fonte: INPI. Elaboração própria.

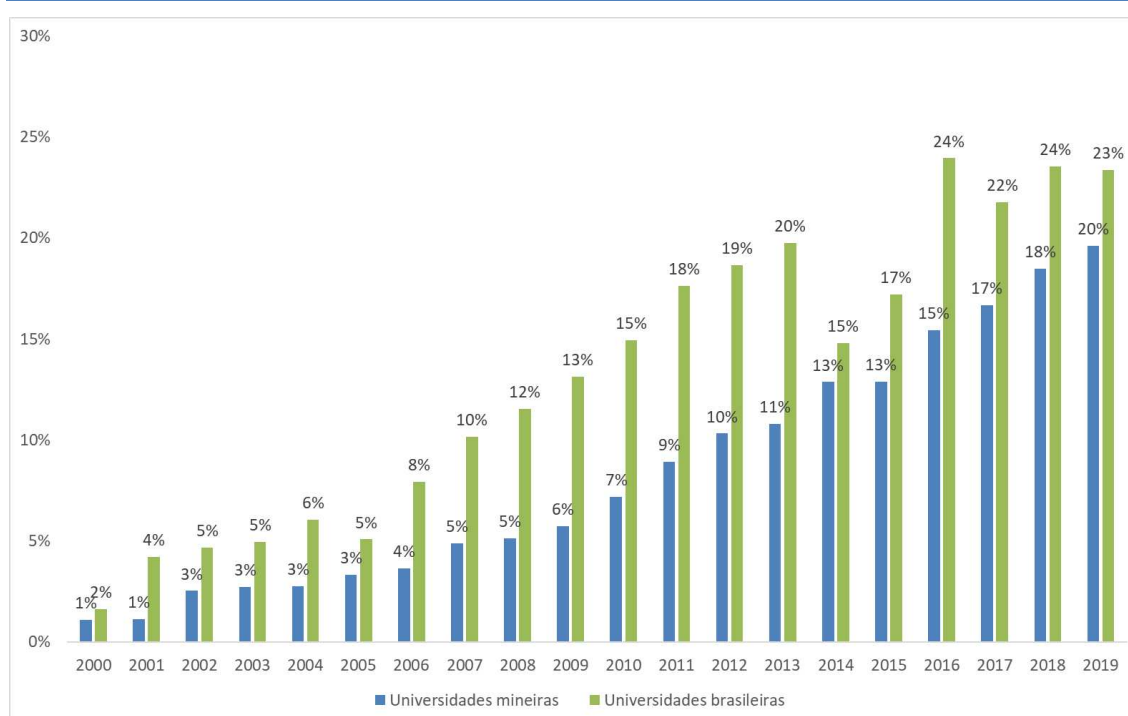
(1) Patentes de Invenção e modelos de utilidade. Foram considerados os pedidos de patentes em função da identificação do 1º depositante.

Podemos apontar ainda que as universidades têm contribuído para esse aumento da produção tecnológica no estado. Entre 2000 e 2019, a participação das universidades nas atividades de patenteamento total do estado (considerando patentes de invenção e modelos de utilidade de pessoas físicas e jurídicas) subiu de 1% para 20%. No país como um todo, esse percentual saltou de 2% para 23% (Gráfico 2). Se considerarmos restringirmos ainda mais o campo de análise observando apenas o depósito de **patentes de invenção de pessoas jurídicas**, o percentual de patentes de universidades se torna ainda maior: entre 2000 e 2017, o depósito de patentes das universidades brasileiras saltou de 7% para 47% no Brasil como um todo, informação que não foi possível replicar para MG (INPI).

Universidades são tradicionalmente polos de criação de novos conhecimentos, contudo, esse aumento do patenteamento de universidades reflete avanços propostos pela Lei de Inovação (Brasil, 2004b) e pelo Novo Marco Legal da CT&I (Brasil, 2016), Lei nº 13.243, cuja regulamentação ocorreu em 2018 por meio do Decreto nº 9.283 (Brasil, 2018). Dentre outros aspectos, essas regulamentações

permitem que os conhecimentos gerados pelas universidades possam gerar ganhos econômicos às mesmas, bem como facilitam os mecanismos de parcerias entre o setor privado para venda e licenciamento das tecnologias geradas. Ao que parece, as universidades mineiras foram hábeis em se apropriar desses mecanismos: a UFMG foi a segunda universidade no *ranking* nacional (ficando atrás apenas da USP) de pedidos de patentes entre 2010 e 2017 (ver Apêndices A e B).

Gráfico 2: Percentual de patentes ⁽¹⁾ depositadas no INPI, de residentes por Instituições de Ensino Superior ⁽¹⁾ sobre o total de patentes depositadas por residentes – Minas Gerais e Brasil – 2000 -- 2019



Fonte: INPI. Elaboração própria.

(1) Patentes de Invenção (PI) e modelos de utilidade (MU). Foram considerados os pedidos de patentes em função da identificação do 1º depositante.

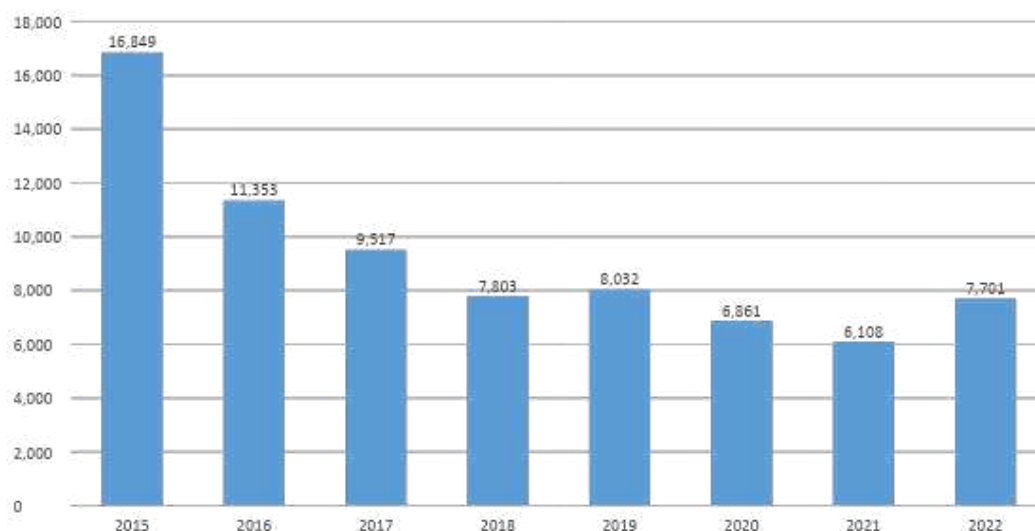
Mesmo com o aumento dessa produção tecnológica no estado relativa aos demais estados da federação, esse movimento não foi acompanhado pelo aumento da inovação empresarial como já destacado. Isso porque a transmutação de geração de novas tecnologias em inovação (sua introdução no tecido econômico) não é automática. É dependente de outros fatores como a presença de investimentos e incentivos públicos e privados em ciência, pesquisa básica e aplicada, a formação continuada de mão de obra capacitada (propiciada pelo investimento em educação e ciência – tendo

em conta o papel também de treinamento que o fazer ciência promove), a presença de setores mais tecnologicamente intensivos no território, bem como da percepção das condições de mercado observadas pelo setor empresarial. Alguns desses fatores serão analisados nas próximas subseções.

3.1. A queda nos investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Os investimentos públicos em C&T vêm caindo em todo o país durante a última década. Somadas as três principais fontes de recurso para pesquisa científica no Brasil – Capes, CNPQ e FNDCT – os valores¹¹ caíram de 14,91 bilhões em 2013 para apenas 7,7 bilhões em 2021, uma queda de cerca de 50% (Gráfico 3). Movimento pouco esperado para um momento em que a ciência se mostra explicitamente necessária face à situação pandêmica global vivida recentemente.

Gráfico 1: Orçamento do CNPq, CAPES e FUNDCT – valores empenhados – 2013-2022 (valores dezembro/2022- IPCA- em R\$ milhões)

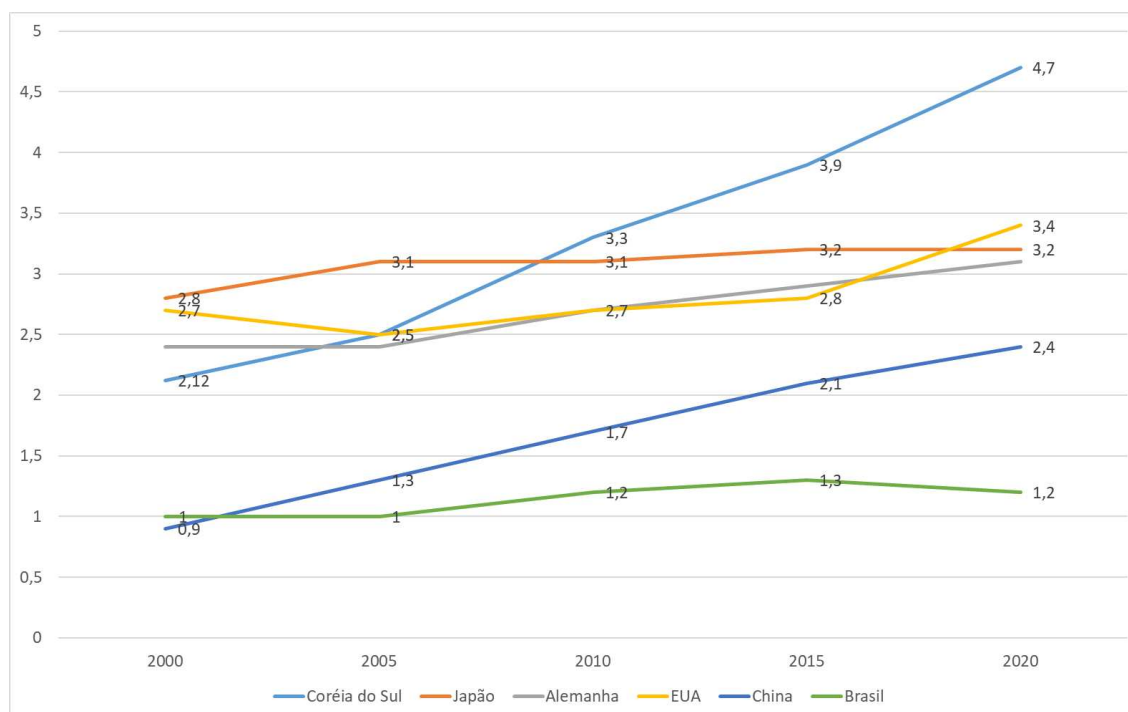


Fonte: SIOPI. Painel do Orçamento. Elaboração própria.

Em termos mundiais, os gastos do país também têm estado aquém do que tem sido praticado por países mais avançados, bem como aqueles que têm realizado o processo de *catch up* tecnológico mais recentemente, como Coréia do Sul e China. O Gráfico 4, que considera a relação entre os gastos em P&D em relação ao PIB, aponta essa discrepância entre o Brasil e países selecionados: a diferença entre a Coréia do Sul e o Brasil em 2018, chegou a mais de 3 pontos percentuais.

¹¹ Considerando os valores empenhados e deflacionados pelo IPCA (dezembro de 2022).

Gráfico 4: Percentual de gastos com P&D em relação ao PIB – países selecionados – 2000-2020



Fonte: UNESCO. Unesco Institute for Statistics

Como uma evidência da importância das atividades de pesquisa como geradoras de valores e impulsionadoras da inovação tecnológica, pode-se observar que os valores globais em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) têm sido exponencialmente ampliados: entre 2000 e 2019 o mundo saltou de um gasto total de US \$726 bilhões para um valor estimado em US \$2,4 trilhões. A China tem tido uma relevante participação nesse movimento aumentando expressivamente sua participação nos gastos mundiais em atividades de P&D. Sua parcela de participação nesse montante foi ampliada de 4% para 22% entre 2000 e 2019, o que em termos absolutos representou um gasto de US\$ 526 bilhões (PPP) em P&D em 2019. Ficando atrás apenas dos EUA, que em 2019 tinham participação de 27% ou US\$ 656 bilhões (PPP) (NSB, 2022).

Já no estado de Minas Gerais, considerando apenas os recursos estaduais destinados à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), que **é o órgão de fomento à pesquisa do estado de Minas Gerais**, entre 2010 e 2020 o orçamento caiu de R\$ 396.673.861 milhões para apenas R\$ 81.697.975 milhões, uma queda de 79%. Em relação ao PIB estadual, a parcela destinada à FAPEMIG caiu de 0,06% do PIB em 2010 para apenas 0,01% no mesmo período. Já em 2022 os valores são retomados para níveis próximos aos de 2015 (Tabela 5). Espera-se que a reversão recente de queda

nos investimentos na FAPEMIG permaneça como tendência, assim como a qualidade dos recursos empregados, dado que também precisa ser estudado.

Tabela 5: Dispendios ⁽¹⁾ do governo estadual de Minas Gerais com a FAPEMIG e em relação ao PIB estadual - 2010-2020

Ano	Despesas com a FAPEMIG (em valores de dez/2022 - IPCA)	(%) de despesas com a FAPEMIG em relação ao PIB estadual
2010	396.673.861	0,06%
2011	512.870.901	0,07%
2012	587.524.108	0,07%
2013	468.856.925	0,06%
2014	389.508.901	0,05%
2015	461.622.103	0,06%
2016	228.095.194	0,03%
2017	187.046.209	0,02%
2018	140.414.424	0,02%
2019	89.001.489	0,01%
2020	81.697.975	0,01%
2021	115.849.926,89	-
2022	429.159.889,95	-

Fonte: FJP/PIB estadual; CGE/Portal da transparência MG. Vários anos. Elaboração própria.

(1) Valores pagos.

Essa queda de investimento do governo estadual (e federal) também se observa na proporção das fontes de financiamento em P&D das empresas inovativas. Nas empresas mineiras, houve um movimento concomitante de queda da participação dos recursos públicos no financiamento à inovação: em 2003, o setor público financiava 24% dos dispêndios em P&D das empresas inovativas, enquanto em 2017 esse percentual caiu para apenas 7%. A maior fonte de recursos passou a ser os

recursos próprios, representando 93% do montante total investido, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6: Fontes de financiamento das atividades de P&D das empresas inovativas (%) – 2003/2017

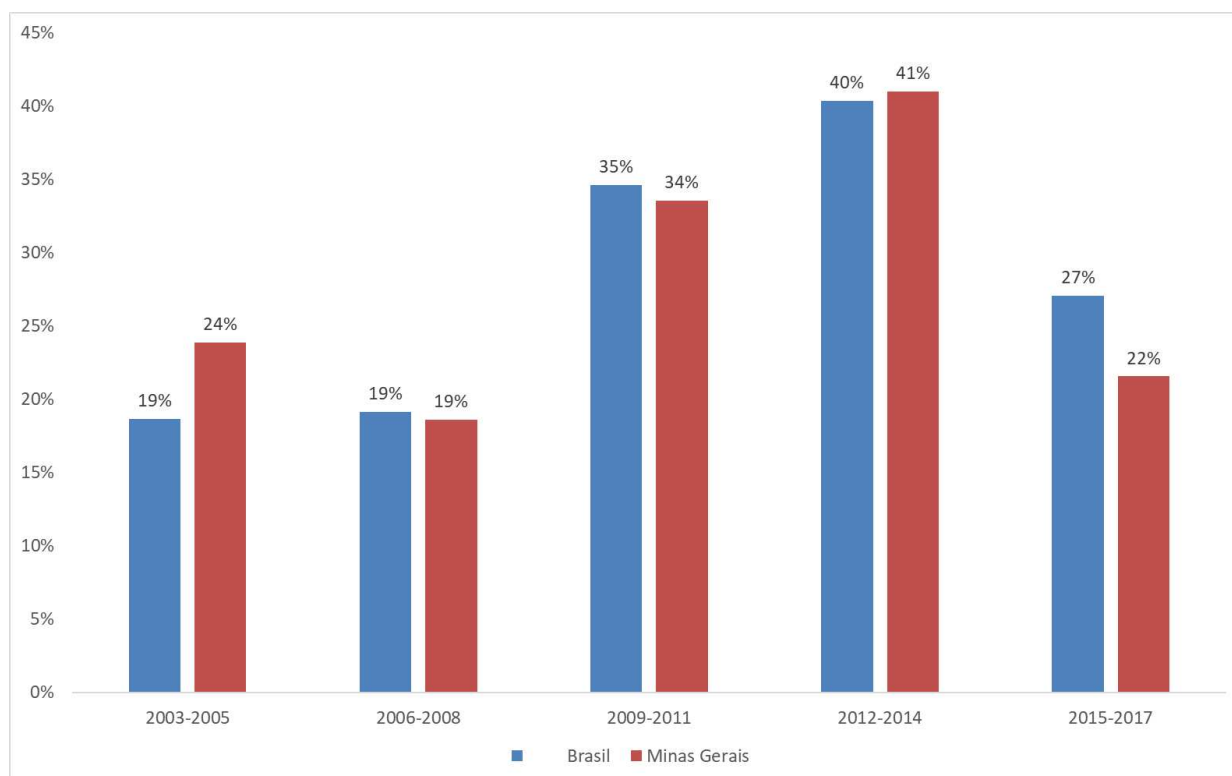
Fontes de financiamento das atividades de P&D		Minas Gerais (%)	
2003	Próprias	68	
	De terceiros	Público	24
		Privado	8
		Total	32
2017	Próprias	93	
	De terceiros	Público	7
		Outras empresas brasileiras ⁽¹⁾	
		Exterior	-
		Total	7

Fonte: IBGE /PINTEC, 2003,2017. Elaboração própria.

(1) Inclui empresas estatais e entidades privadas como empresas, instituições de pesquisa, centros tecnológicos e universidades.

E, dentre as empresas que realizaram inovação, a proporção das que receberam apoio governamental para suas atividades inovativas caiu quase pela metade em MG entre 2012-2014 e 2015-2017: de 41% no triênio de 2012-2014 para 22% no triênio 2015-2017 (Gráfico 5).

Gráfico 2: Empresas que implementaram inovações e que receberam apoio ⁽¹⁾ do governo para implementar suas atividades inovativas – 2003-2017



Fonte: IBGE/PINTEC. Vários anos. Elaboração própria.

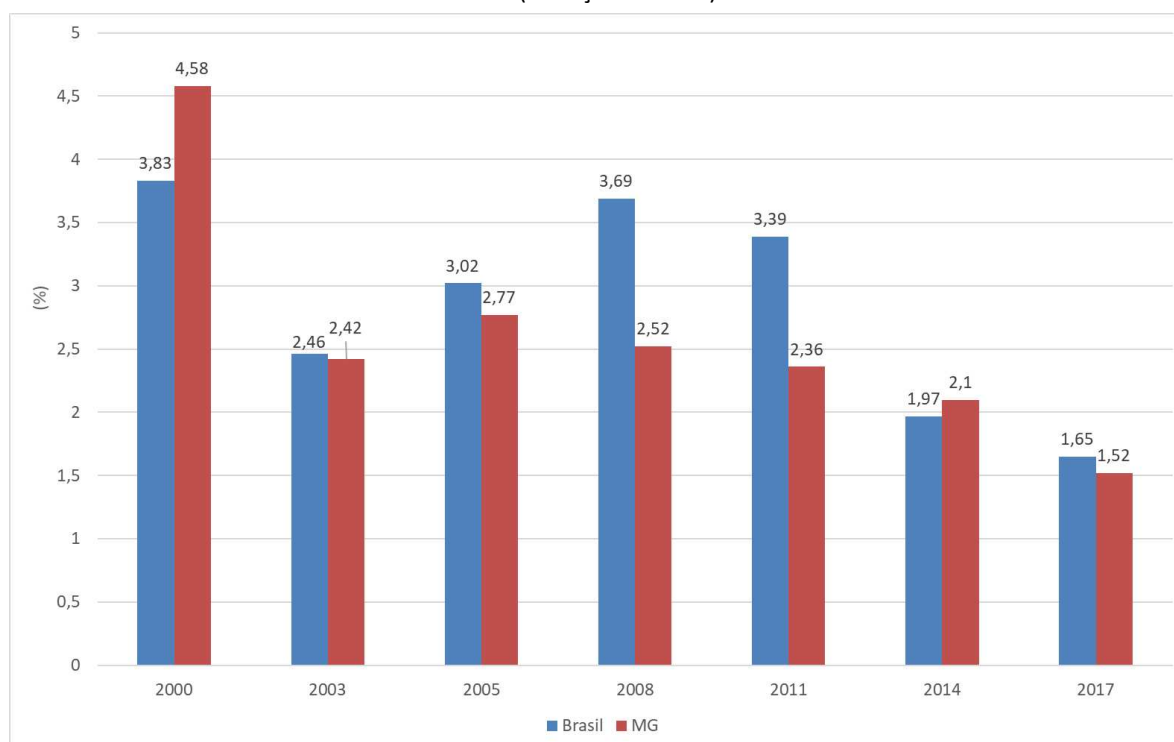
- (1) Os apoios se referem a Incentivo fiscal à pesquisa e desenvolvimento e Lei da informática, Financiamento a pesquisa e desenvolvimento (e sem parceria com universidades) e à compra de máquinas e equipamentos; compras públicas e outros programas de apoio. (A) Incentivo fiscal à Pesquisa e Desenvolvimento (Lei nº 8.661 e Cap. III da Lei nº 11.196). (B) Incentivo fiscal Lei de informática (Lei nº 10.664 e Lei nº 11.077).

Além da diminuição dos investimentos do setor público, quando se consideram os dispêndios realizados pelas empresas inovadoras em atividades internas de P&D utilizando recursos próprios, também houve uma redução desse montante. Em 2011, quando esse dado desagregado passou a ser disponibilizado, o percentual da receita líquida de vendas das empresas inovadoras dispendido em atividades internas de P&D era de 0,68% em MG e 0,61 no Brasil. Em 2017, esse percentual caiu para 0,46% e 0,54%, respectivamente. Houve, portanto, uma redução, tanto da participação do governo, quanto das próprias empresas no financiamento de atividades inovativas.

Houve também uma queda do esforço inovador das empresas analisadas considerando todos os tipos de atividades inovativas contempladas pela pesquisa (realizadas com recursos próprios

e de terceiros). Conforme sinaliza o gráfico 6, em 2000, o percentual dos dispêndios em atividades inovativas em relação à receita líquida de vendas (conhecido como intensidade do esforço inovador) caiu de 4,58 % em para apenas 1,52% em 2017 em MG, segundo a PINTEC. No Brasil, esse percentual caiu de 3,83% para 1,65%.

Gráfico 3: Percentual (%) dos dispêndios em atividades inovativas sobre a receita líquida de vendas das empresas inovadoras – Brasil e Minas Gerais (esforço inovador) – 2000-2017



Fonte: IBGE/PINTEC, vários anos. Elaboração própria.

3.2. Principais obstáculos à inovação e os principais tipos de investimento em inovação realizados pelo setor empresarial (MG e Brasil)

Por parte do setor empresarial, parcela significativa dos motivos que, segundo os empresários mineiros, levaram à esta condição de queda de investimentos em inovação e queda da atividade inovativa liga-se à questão dos “riscos econômicos excessivos associados à inovação”, seguido dos “elevados custos da inovação”, e “da escassez de fontes apropriadas de financiamento” (Tabela 7). Esses dois últimos aspectos nos remetem à questão da importância que setor público tem em oferecer fontes mais atrativas de financiamento à inovação e/ou auxiliar na promoção de um ambiente de investimento privado mais atrativo.

Tabela 7: Principais fatores apontados pelas empresas inovadoras mineiras como obstáculos à inovação ⁽¹⁾ (%) - 2001-2017

Obstáculos apontados	2001	2003	2006	2009	2012	2015
	-	-	-	-	-	-
	2003	2005	2008	2011	2014	2017
Riscos econômicos excessivos	76%	80%	65%	73%	87%	87%
Elevados custos da inovação	81%	73%	59%	83%	85%	77%
Escassez de fontes apropriadas de financiamento	62%	53%	47%	67%	75%	65%
Falta de pessoal qualificado	44%	43%	58%	81%	62%	63%
Dificuldade para se adequar a padrões, normas e regulamentações	39%	27%	42%	44%	40%	44%
Falta de informação sobre tecnologia	35%	32%	47%	48%	52%	40%
Escassas possibilidades de cooperação com outras empresas/instituições	29%	20%	33%	42%	42%	40%
Falta de informação sobre mercados	26%	30%	39%	39%	48%	40%
Escassez de serviços técnicos externos adequados	24%	31%	38%	57%	40%	39%
Rigidez organizacional	13%	23%	38%	35%	43%	36%
Fraca resposta dos consumidores quanto a novos produtos	29%	28%	30%	35%	39%	29%
Centralização da atividade inovativa em outra empresa do grupo	0%	4%	1%	2%	2%	2%

Fonte: IBGE/PINTEC, vários anos. Elaboração própria.

(1) Refere-se aos graus de importância alto e médio dado por cada empresa a cada obstáculo.

Procurando qualificar o tipo de dispêndio realizado em atividades inovativas, a Tabela 8 aponta ainda que, em 2017, em Minas Gerais havia uma prevalência de gastos relacionados à aquisição de máquinas e equipamentos (47%), seguida das atividades internas de P&D (32,4%) e da aquisição externa de P&D (8%). O segundo e terceiro tipos de gasto exigem maior capacidade tecnológica por ser mais sofisticado que a compra de máquinas e equipamentos (Lall, 1990), além de geralmente estar relacionado a uma maior prevalência de setores mais tecnologicamente intensivos (Pavitt, 1984) os chama de setores “baseados em ciência”.

Não obstante, é preciso apontar que, proporcionalmente, dentre os tipos de atividades inovativas, os gastos em P&D mais do que dobraram entre 2000 e 2017: em 2000 esses gastos representavam apenas 8,4% do total dos gastos em atividades inovativas no estado de Minas Gerais, e em 2017 representam 32,4% do total despendido, um aumento de 24 p.p. No Brasil, também houve um aumento 16,8% para 37,4%, portanto, o país como um todo também experimentou um aumento significativo do volume de dispêndio em P&D em termos relativos (Tabela 8). Ou seja, parece ter

ocorrido uma mudança qualitativa em termos das buscas por canais de investimento em inovação por parte das empresas a despeito da acentuada redução de recursos para realização de atividades inovativas.

Tabela 8: Dispendios em cada atividade inovativa sobre o total dos dispendios em inovação – Brasil e Minas Gerais – 2000/2017

Atividades	2000		2017	
	Brasil	MG	MG	Brasil
Atividades internas de P&D	16,8%	8,4%	32,4%	37,4%
Aquisição externa de P&D	2,8%	0,4%	8,2%	8,2%
Aquisição de outros conhecimentos externos	5,2%	6,4%	0,8%	3,5%
Aquisição de <i>software</i>	-	-	1,7%	3,0%
Aquisição de máquinas e equipamentos	52,2%	56,4%	47,0%	31,1%
Treinamento	1,9%	1,2%	1,3%	1,3%
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	6,4%	9,4%	2,5%	9,3%
Projeto industrial e outras preparações técnicas	14,8%	17,7%	6,3%	6,3%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: IBGE/PINTEC, 2000,2017. Elaboração própria.

3.3. Interação empresa – universidade

Outra mudança qualitativa sutil, mas perceptível através dos dados, foi um aumento da busca por parcerias com as universidades: enquanto no triênio 2001-2003 apenas 3% das empresas inovadoras buscaram cooperação com universidades para realizar atividades inovativas: entre 2015 e 2017, esse percentual mais do que dobrou: 7% das empresas inovadoras passaram a buscar esse tipo de parceria. Movimento similar também é observado no país. Parte dessa mudança deve-se à implementação da Lei da Inovação em 2004 (Brasil, 2004) que passou a trazer mais transparência sobre as relações entre empresas e instituições públicas de pesquisa (Tabela 9).

Tabela 9: Empresas que realizaram cooperação com universidades (por tipo de cooperação) – Brasil e Minas Gerais – 2001-2003/2015-2017

	2001-2003				2015-2017			
	Total de empresas que realizaram inovações	P&D e ensaios para testes de produto	Outras atividades de cooperação	Todas as atividades de cooperação com universidades	Total de empresas que realizaram inovações	P&D e ensaios para testes de produto	Outras atividades de cooperação	Todas as atividades de cooperação com universidades
Minas Gerais	3.503	69	27	96	3.807	143	119	262
	100%	2%	1%	3%	100%	4%	3%	7%
Brasil	28.036	360	191	551	34.732	1.374	925	2.298
	100%	1%	1%	2%	100%	4%	3%	7%

Fonte: IBGE/PINTEC. Elaboração própria.

3.4. A produção científica

Com relação à produção científica, em todo o mundo, o número de artigos científicos¹² publicados saltou de 1,07 milhão em 2000 para 2,9 milhões em 2020. Esse montante, que quase triplicou ao longo dessas duas décadas, aponta para a importância da produção científica em nível mundial. Do total de artigos publicados mundialmente, o Brasil ganhou participação relativamente pequena, saltando de 1,2% para 2,4%. Já a China teve sua participação ampliada de 1,2% para 22,7% se tornando o país que mais produz artigos científicos no mundo, ultrapassando os EUA (NSF).

Entre 2000 e 2020, embora o Brasil tenha ampliado o volume de artigos publicados, se manteve relativamente estagnado quando comparada a outros países, sejam aqueles mais desenvolvidos ou os de industrialização recente mundiais (Tabela 10). Mais uma vez vemos a questão do efeito “rainha vermelha”: o país avança, mas não em uma velocidade que possa manter sua competitividade em relação às principais economias

¹² Artigos publicados em revistas técnicas e científicas referem-se ao número de artigos científicos e de engenharia publicados nos seguintes campos: física, biologia, química, matemática, clínica médica, biomedicina, engenharia e tecnologia e ciências do espaço.

Tabela 10: Artigos publicados em revistas técnicas e científicas ⁽¹⁾ – países selecionados – 2000/2010/2020

Países selecionados	2000	2010	2020
Brasil	12.800	41.501	70.292
China	53.285	308.769	669.744
Alemanha	69.739	97.255	109.379
Japão	96.607	108.534	101.014
Coréia	15.875	50.224	72.490
Estados Unidos	306.473	409.512	455.856

Fonte: World Bank/World Development Indicators.

(1) Se refere ao número de artigos técnicos e científicos publicados nos seguintes campos: física, biologia, química, matemática, medicina, pesquisa biomédica, engenharia e ciências da terra e do espaço.

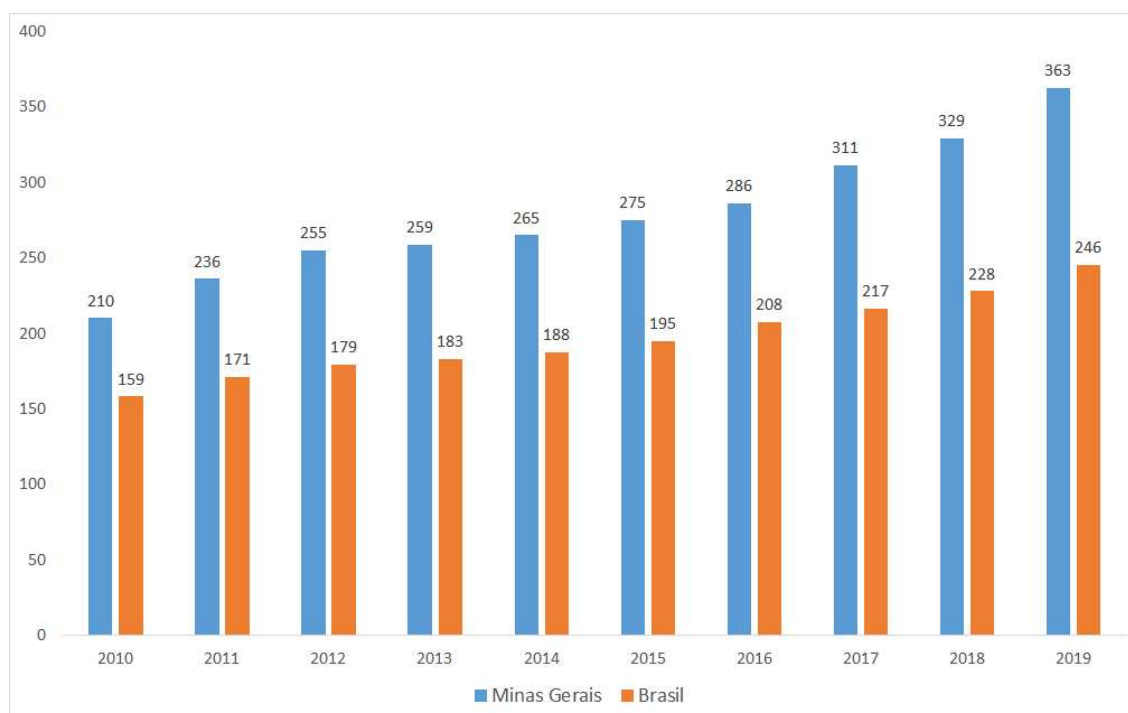
A China, por exemplo, além do aumento expressivo de sua participação na publicação de artigos científicos internacionalmente, também tem se mostrado uma excelente parceira dos EUA, segundo maior produtor de artigos do mundo em campos ligados à engenharia e ciências naturais e médicas. De acordo com o National Science Foundation (NSF) dos EUA, os autores com endereço institucional na China são os mais frequentes coautores em artigos de autores com endereço institucional americano (NSF, 2022). Ademais, o fator de impacto¹³ das publicações chinesas (ou as publicações com maior número de citações) nas referidas áreas mais do que triplicou entre 2000 e 2018 (saltou de 0,36 para 1,18) apontando também para a ampliação da qualidade do material publicado.

Conforme discutido no capítulo 2, a participação na produção científica produz um “bilhete de admissão” para a participação em campos tecnológicos de ponta. Uma evidência nesse sentido é que em 2020 os países com maior produção científica internacionalmente – EUA, China, Reino Unido e muitos países da União Europeia – foram os *hubs* da colaboração global de pesquisa sobre o coronavírus (NSF, 2022).

Nesse quesito, **considerando o contexto brasileiro de relativa estagnação**, podemos destacar que Minas Gerais, em relação à média nacional, vem apresentando aumento em sua participação na produção de artigos científicos. Enquanto em MG o volume de artigos publicados saltou de 210 para 363 artigos por milhão de habitantes (um crescimento de 72%), no país como um todo esse crescimento foi de 55% ou de 159 para 246 artigos por milhão de habitantes, entre 2010 e 2019. No cenário nacional, portanto, o estado de Minas Gerais apresenta produção científica acima da média nos campos de ciências naturais e engenharias.

¹³ O chamado highly cited articles (HCA) index.

Gráfico 4: Artigos por milhão de habitantes – Minas Gerais e Brasil – 2010-2019



Fonte: Web of Science.

3.6. Investimento em educação

Os investimentos em educação também são outro ponto relevante para potencializar os desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Com relação aos gastos com educação, podemos destacar que na educação básica de Minas Gerais entre 2010 e 2022 houve um aumento das despesas destinadas à Secretaria Estadual de Educação com relação ao número de matrículas na rede estadual de ensino: o valor foi ampliado em 55% no período considerado, aumentando de R\$10.196.463.268 para R\$15.837.680.952 ainda que o número de matrículas tenha caído entre 2010 e 2022 (Tabela 11).

Tabela 11: Despesas estaduais com a Secretaria Estadual de Educação em relação ao número de matrículas na educação básica (1) da rede estadual de ensino – 2010-2022 (valores de dezembro de 2022/IPCA)

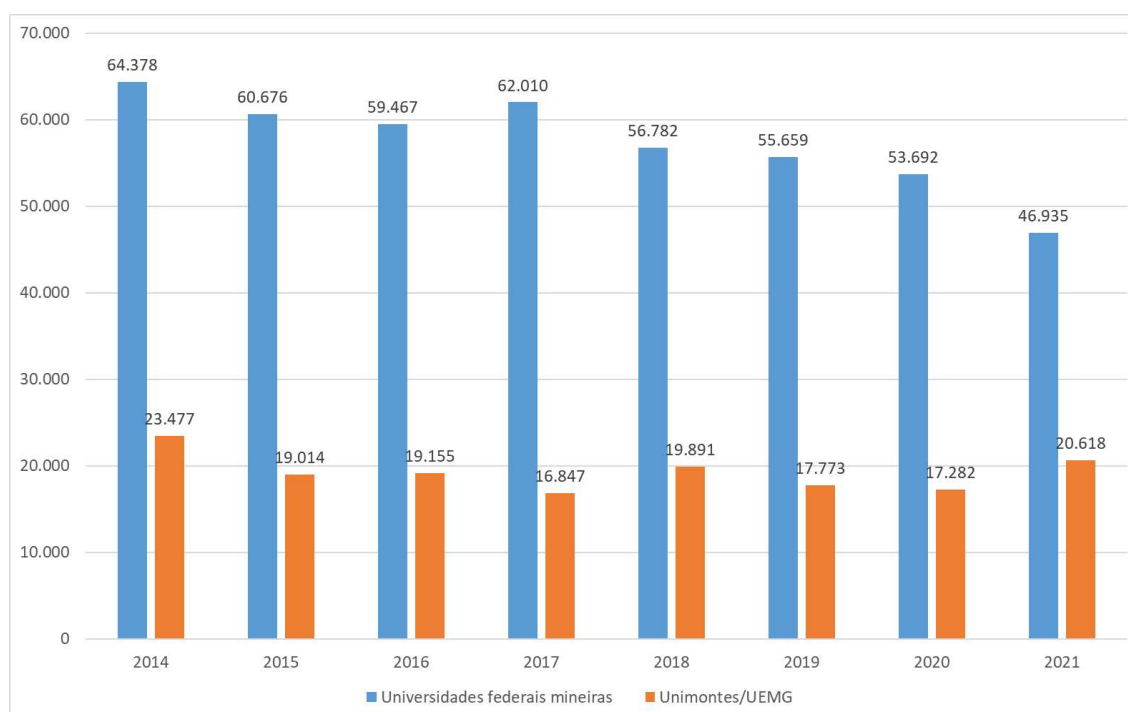
Anos	Gastos com a secretaria estadual de educação (A)	Matrículas na educação básica em MG- rede estadual (B)	Gastos/matrículas por ano (A/B)
2010	R\$ 10.196.463.268	2.390.359	R\$ 4.266
2015	R\$ 10.986.476.251	2.087.852	R\$ 5.262
2020	R\$ 10.315.124.535	1.854.397	R\$ 5.563
2022	R\$ 15.837.680.952	1.720.549	R\$ 9.205

Fonte: INEP; CGE/Portal da Transparência MG. Elaboração própria.

(1) Educação infantil, ensino fundamental e ensino médio.

Por outro lado, quando se analisa as despesas do Governo Federal por matrícula nas universidades federais mineiras houve uma queda expressiva de cerca de 27% nos gastos por matrícula: foi observada uma queda de R\$64.378 para R\$46.935 (Gráfico 8). Já na UEMG e UNIMONTES, essa queda foi de 12 %, caindo de R\$23.477 para R\$20.618. Todavia, o valor despendido por matrícula nas universidades estaduais é sensivelmente menor que o observado nas universidades federais: em 2014, o valor despendido nas universidades estaduais era cerca de $\frac{1}{3}$ daqueles despendidos por matrícula nas universidades federais e com a queda dos investimentos federais, essa razão passou para quase $\frac{1}{2}$ em 2021.

Gráfico 5: Despesas (1) por matrícula das universidades federais mineiras e das universidades estaduais (UEMG/UNIMONTES) – 2014-2021 (em valores de dezembro de 2022/IPCA)



Fonte: CGU/ Portal da transparência; INEP/Sinopse estatística da educação superior; CGE/Portal da transparência do estado de Minas Gerais. Elaboração própria.

Vale ressaltar que, embora muito relevante observar as informações sobre investimentos na educação, considerar apenas essa informação possui ao menos dois aspectos que precisam ser considerados: a) faz-se necessária uma análise mais cuidadosa da qualidade desses gastos, isto por que aumentos ou reduções de valores despendidos podem camuflar melhores/piiores resultados de uma boa gestão; b) fazer uma análise da efetividade da qualidade desses gastos (ou um bom gerenciamento da política educacional como um todo) demanda a investigação de um espaço temporal, uma vez que os investimentos são frutos que demandam certo tempo para florescerem e renderem bons resultados que possam ser refletidos em indicadores de qualidade da educação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos indicadores analisados, pode-se inferir que o sistema mineiro de inovação apresenta um cenário misto, com avanços em algumas áreas, mas também retrocessos em outras. Os avanços incluem o aumento das taxas de patenteamento de novas tecnologias, a ampliação da produção científica e tecnológica das universidades e o aumento dos investimentos em educação básica. Os retrocessos incluem a queda nos investimentos públicos e privados em P&D, a queda dos investimentos nas universidades federais e a redução das taxas de inovação das empresas mineiras. Essas questões podem influenciar o crescimento de longo prazo da economia mineira.

Alguns dos pontos que podem ser melhor discutidos e pensados conjuntamente para fortalecer o sistema mineiro de inovação seriam: a) o aumento (em quantidade e qualidade) dos investimentos públicos e privados em P&D; b) a busca pela redução dos riscos da inovação; c) a ampliação do acesso a fontes de financiamento para a inovação; d) o aumento em quantidade e a melhoria da qualidade dos gastos com educação; e) o estímulo à cooperação entre universidades, empresas e governo; f) a busca de mecanismos que tenham por objetivo o fortalecimento da cultura da inovação.

Outro ponto relevante a ser analisado diz respeito à questão de que as políticas de CT&I não podem estar desacompanhadas de políticas industriais. Sem a união dessas duas pontas, não é possível fechar o elo que gera um círculo virtuoso entre a produção científica e tecnológica e o desenvolvimento econômico. Essa questão abre as portas para investigações futuras sobre a relação entre a estrutura produtiva mineira e a geração e uso de tecnologias. Pavitt (1984) traz relevante apontamento nesse sentido trazendo essa questão para a economia britânica.

Ademais, buscar vincular ou direcionar os investimentos em CT&I e linhas de financiamento (como a subvenção econômica) para áreas/setores que promovam o aumento do bem-estar da população traduzidos em tecnologias que possam vir a resolver problemas locais, além de benefícios econômicos, poderiam trazer melhorias reais em termos de qualidade de vida para a população. Principalmente em países menos desenvolvidos, que possuem problemas nos mais diferentes níveis colocados em suas agendas de desenvolvimento, tais ações trazem um benefício de longa duração para o desenvolvimento local.

Um exemplo interessante nesse sentido é a busca chinesa pela vinculação a um maior investimento em tecnologias verdes, que, ao mesmo tempo que estão na “crista da onda” ou são pertencentes ao novo paradigma econômico que emerge no sistema capitalista (Perez, 2012), também buscam solucionar um grave problema da China que são os altos níveis de poluição (Wei; Lin; Zhen; Wu; Zhou, 2023). Em Minas Gerais, um importante elo entre essas questões (econômicas, sociais e

ambientais) poderia ser, por exemplo, o investimento em tecnologias limpas e renováveis no setor de mineração, notadamente para o tratamento de rejeitos das barragens.

Esse ponto faz uma ligação entre o crescimento econômico e as questões sociais e ambientais. Pensar que o desenvolvimento tecnológico é importante não apenas para a questão do crescimento econômico/aumento das taxas de lucro, como também, e principalmente para ampliar os níveis de bem-estar da sociedade e da própria manutenção da vida no planeta, leva a reflexão sobre estratégias de desenvolvimento tecnológico ambientalmente e socialmente sustentável. Para tanto, a atuação do poder público para direcionar as demandas e ofertas tecnológicas mostra-se um ponto fundamental para alinhar os interesses socialmente e ambientalmente desejáveis que possuam altas taxas de lucro que possam orientar as atividades das empresas. Estudos que analisem mais detidamente essas oportunidades de investimento no estado buscando vincular as pesquisas desenvolvidas com sua aplicação prática, podem ser deixados como agenda de pesquisa para investigações futuras.

Ademais, a manutenção e a ampliação dos investimentos em ciência são elementos importantes para a manutenção do estado próximo à fronteira tecnológica. Isso por que até para adquirir uma tecnologia criada em outra localidade/em outro contexto é preciso adaptá-la à realidade local o que demanda forte presença de mão de obra qualificada, que também é treinada no âmbito do “fazer ciência”.

Por fim, mas não menos importante, a criação e a manutenção de fontes de informação atualizadas sobre a temática da CT&I é um elemento relevante para fornecer diagnósticos e orientar ações que se traduzam em melhorias para a formulação e monitoramento de políticas públicas na área. Atualmente, como pode ser observado ao longo desse trabalho, essas informações encontram-se espaçadas em diferentes bases de dados e uni-las em um só local facilitaria os gestores públicos em seus processos de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. *Aprendizado tecnológico: capacidade de absorção, conhecimento e processos de catching up*. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2020. (Texto para Discussão, n. 632).
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Sistema Nacional de Inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre ciência e tecnologia. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v.16, n. 3(63), jul.-set., 1996.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta; FERREIRA, Marcos José Barbieri; FONSECA, Maria da Graça Derengowski; DALCOMUNI, Sonia Maria; CHAVES, Catari Vilela. *Perspectivas do Investimento em Ciência. PROJETO PIB: Perspectivas do Investimento em Ciência*, Relatório de Pesquisa, 2009.
- AMSDEN, Alice. *A ascensão do resto: os desafios ao ocidente de economias com industrialização tardia*. São Paulo: Editora Unesp, 2004.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Patentes segundo a abordagem neo-Schumpeterian: uma discussão introdutória. *Revista de Economia Política*, vol. 18, nº 4 (72), pp. 561-580, out.,dez., 1998.
- BINZ, Christian; TRUFFER, Bernhard. Global innovation systems - a conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research Policy*, Sussex, v. 46, n.7, p. 1284-1298, Sept., 2017.
- BRASIL. *Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018*. Regulamenta [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm. Acesso em: 27 out. 2023.
- BRASIL. *Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência de República, 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20estabelece%20medidas,218%20e%202019%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 27 out. 2023.
- BRASIL. *Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016*. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 27 out. 2023.
- CGE. Controladoria-Geral do Estado. *Portal da Transparência de Minas Gerais*. Disponível em: <https://www.transparencia.mg.gov.br>. Acesso em: 9 ago. 2023.
- CGU. Controladoria Geral da União. *Portal da Transparência*. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br>. Acesso em: 25 out. 2023.

- CHAVES, Catari Vilela; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Desconexão no sistema de inovação no setor saúde: uma avaliação preliminar do caso brasileiro a partir de estatísticas de patentes e artigos. *Revista de Economia Aplicada*, São Paulo, v. 10, n.4, p. 523-539, 2006.
- CHAVES, Catari Vilela; RIBEIRO, Leonardo Costa; SANTOS, Ulisses Pereira dos; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. 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. *Revista de la CEPAL*, Santiago do Chile, n. 130, abr., 2020.
- CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni. Technological paradigms, patterns of learning and development: an introductory roadmap. *Journal of Evolutionary Economics*, Berlim, v. 5, p. 243-268, 1995.
- DE PODESTÁ GOMES, Alexandre. Local level institutional complementarities in contemporary China: a comparison between Nanjing and Suzhou. *Revue de la Régulation - Capitalisme, institutions, pouvoirs*, Paris, v. 27, 2020.
- DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research policy*, v. 11, n.3, p. 147-162, Jun. 1982.
- DOSI, Giovanni; PAVITT, Keith; SOETE, Luc. *The economics of technical change and international trade*. New York: New York University Press, 1990.
- ERNST, Dieter. Innovation offshoring: Asia's emerging role in global innovation networks. *East-West Center Special Repohgjrts*, n.10, Jul. 2006. Disponível em: <https://www.eastwestcenter.org/publications/innovation-offshoring-asias-emerging-role-global-innovation-networks>. Acesso em: 17 ago. 2023.
- FREEMAN, Chris. Innovation and Growth. In: DODGSON, Mark; ROTHWELL, Royle (ed.). *The handbook of industrial innovation*. Sussex: Edward Elgar Publishing, 1995. chapter 7.
- FREEMAN, Chris. *Technology, policy and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter Publishers, 1987.
- FREEMAN, Chris; LOUÇÃ, Francisco. *As time goes by: from the industrial revolutions and to the information revolution*. Oxford: Oxford University, 2001.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais*. Belo Horizonte: FJP, 1997-. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/produto-interno-bruto-pib-de-minas-gerais/>. Acesso em: 8 ago. 2023.
- FURTADO, Celso. *Entre o inconformismo e o reformismo*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GOMES, Rogério. *A internacionalização das atividades tecnológicas pelas empresas transnacionais: elementos de organização industrial da economia da inovação*. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2003.

GROSSMAN, Gene. M.; HELPMAN, Elhanan. Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, New York, v. 8, n. 1, p. 23-44, 1994.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa de inovação - PINTEC*. Rio de Janeiro, vários anos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>>. Acesso em: 26 out. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa de inovação: 2017: notas técnicas*. Rio de Janeiro, 2020.

INPI. INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL (INPI). *Tabelas completas dos indicadores de propriedade industrial*. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/estatisticas/indicadores-de-propriedade-industrial>. Acesso em: 28 jan. 2023.

On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities

LALL, Sanjaya. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, Linsu; NELSON, Richard (ed.). *Tecnologia aprendizado e Alvin K. Klevorick, Richard C; Levin b, Richard R. Nelson c, Sidney G. Winter d inovação: as experiências das economias de industrialização recente*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.

LALL, Sanjaya. *Building industrial competitiveness in developing countries*. Paris: OECD, 1990.

LUNDVALL, B. A. (ed.). *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers, 1992.

LUNDVALL, Bengt-Åke; JOSEPH, K.J.; CHAMINADE, Cristina; VANG, Jan (ed.). *Handbook of innovation systems and developing countries: building domestic capabilities in a global setting*. Massachusetts; Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2009.

MANSFIELD, Edwin. International technology transfer: forms, resource requirements, and policies. *The American Economic Review*, Pittsburgh, PA, v. 65, n. 2, p. 372-376, maio 1975.

MAZZUCATO, Mariana. *O Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado*. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MOWERY, David C.; ROSENBERG, Nathan. *Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.

NAGAOKA, Sadao; MOTOHASHI, Kazuyuki; GOTO, Akira. Patent Statistics as an Innovation Indicator. In: Hall, Bronwyn H.; Nathan Rosenberg (eds.). *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 2, 1st Edition. Amsterdam: Elsevier.

- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (NSF). *The state of U.S. science and engineering 2022*. Alexandria, Virgínia: National Science Board (NSB), Jan. 2022. Disponível em: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20221>. Acesso em: 1 ago. 2023.
- NELSON, Richard R. (ed.). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University Press, 1993.
- NELSON, Richard R. *As fontes do crescimento econômico*. Campinas: Editora Unicamp, 2006.
- NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *OECD science, technology and innovation outlook 2023: enabling transitions in times of disruption*. Paris: OECD publishing, 2023.
- PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards taxonomy and a theory. *Research Policy*, v.13, n. 6, p.343-373, 1984.
- PEREZ, Carlota. *Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages*. Cheltenham; Northampton: Edward Elgar Publishers, 2002.
- PEREZ, Carlota; SOETE, Luc. Catching up in technology: entry in barriers and windows of opportunity. In: DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard; SILVERBERG, Gerald; SOETE, Luc (ed.). *Technical change and economic theory*. London; New York: Pinter Publishers, 1988. p. 458-479.
- PEREZ, Carlota. Una visión para América Latina: dinamismo tecnológico e inclusión social mediante uma estratégia basada em los recursos naturales, *Economica*, v. 14, n. 2, p. 11-54, dez. 2012.
- RIBEIRO, Leonardo C., Ruiz, Ricardo. Machado, BERNARDES, Américo. T.; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Science in the developing world: running twice as fast? *Computing in Science & Engineering*, vol. 8, n.4, p. 81-87, 2006.
- RIBEIRO, Leonardo Costa; BRITTO, Jorge Nogueira de Paiva; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. *The emergence of a global innovation system: an inter-temporal analysis through a network of networks*. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2022. (Texto para Discussão, n. 645).
- ROMER, Paul M. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, New York, v. 98, n. 5, p. S71-S102, 1990.
- ROSENBERG, Nathan. *Perspectives on technology*. New York; London; Melbourne: Cambridge University Press, 1976.
- ROSENBERG, Nathan. *Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia*. Campinas: Editora Unicamp, 2006.
- SCHUMPETER, Joseph A. *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

SIOPI. Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento. *Painel do orçamento*. Brasília, DF: SIOPI, 2000-

Disponível

em:

https://www1.siop.planejamento.gov.br/siopdoc/doku.php/acesso_publico:painel_orcamento.

Acesso em: 26 out. 2023.

UNESCO. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. UNESCO Institute for statistics (UIS), UIS data base, *Science, technology and innovation indicators*. Dados disponíveis em: <http://data.uis.unesco.org/>. Acesso em: 26 out. 2023.

WEB OF SCIENCE. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2020.

WEI, Li; LIN, Boqiang; ZHENG, Ziwei; WU, Wei; ZHOU, Yicheng. Does fiscal expenditure promote green technological innovation in China? Evidence from Chinese cities. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 98, n. 2, 2023.

WORLD BANK. *World bank open data*. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em: 26 out. 2023.

APÊNDICES

Apêndice A. Patentes de invenção (PI) e modelos de utilidade (MU) depositados no INPI, do titular residente, das principais universidades mineiras que mais depositaram patentes – 2000-2009/ 2010-2019

Universidades	2000-2009	2010-2019
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	257	625
Universidade Federal de Uberlândia - UFU	27	161
Universidade Federal de Viçosa - UFV	61	138
Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ	3	103
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF	29	96
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI	6	91
Universidade Federal de Lavras - UFLA	26	91
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP	25	86
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG	0	48
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas	0	26
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM	0	17
Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSuldeMinas	0	15
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG	0	12
Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG	0	9
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES	3	9
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG	4	8
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais	0	7
Centro Universitário de Patos de Minas	0	2
Total	441	1.544

Fonte: INPI

APÊNDICE: Patentes de invenção (PI) e modelos de utilidade (MU) depositados no INPI, do titular residente, das principais universidades brasileiras que mais depositaram patentes – 2000-2009/2010-2017

Universidades	2000-2009	2010-2017
Universidade de São Paulo - USP	294	515
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	257	500
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	471	480
Universidade Federal do Paraná - UFPR	83	360
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	81	250
Universidade Federal do Ceará - UFC	15	208
Universidade Federal da Paraíba - UFPB	10	172
Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - UNESP	61	167
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI	32	161
Universidade Federal da Bahia - UFBA	15	158
Universidade Federal de Pelotas - UFPEL	4	157
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	13	149
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE	56	144
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	181	141
Universidade Federal de Sergipe - UFS	10	136
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR	8	124
Universidade Federal de Uberlândia - UFU	27	107
Universidade Federal de Viçosa - UFV	61	104

Fonte: INPI.