



Pesquisa e desenvolvimento, estrutura produtiva e efeitos econômicos: avaliando o papel do fomento público na economia brasileira*

Rosa Livia Gonçalves Montenegro ♦♦

Admir Antonio Betarelli Junior ♦♦

Weslem Rodrigues Faria ♦♦

Domitila Santos Bahia °

Eduardo Gonçalves ♦♦

Área: 1- Indústria e Competitividade

Sub área: 1.3- Crescimento, produtividade e competitividade

RESUMO

Este artigo tem como objetivo projetar os efeitos sobre a economia brasileira do financiamento público de investimentos em P&D, considerando também as mudanças resultantes na produtividade total dos fatores de produção (TFP) nos setores de alta, média e baixa tecnologia. A análise procede de uma estratégia empírica em dois estágios integrados. No primeiro, estimou-se a elasticidade do investimento público em P&D em relação à PTF. No segundo, os efeitos da retirada dos investimentos em P&D e o impacto estimado, na primeira etapa, de P&D na PTF foram projetados a partir de um modelo dinâmico de equilíbrio geral computável (CGE). Os resultados indicam que sem a participação do capital público haveria uma retração da atividade econômica, afetando negativamente o mercado interno e externo da economia.

Palavras chave: Investimento público; P&D; Efeitos econômicos.

ABSTRACT

This manuscript aims to project the effects on the Brazilian economy of public R&D investment funding, also considering the resulting changes in total productivity of the factors of production (TFP) in the high, medium and low technology sectors. The analysis proceeds from an empirical strategy in two integrated stages. In the first, it was estimated the elasticity of public R&D investment in relation to TFP. In the second, the effects of the withdrawal of R&D investments and the estimated impact, in the first stage, of R&D on TFP were projected from a dynamic computable general equilibrium (CGE) model. The results indicate that without the share of public capital there would be a retraction of economic activity, negatively affecting the internal and external market of the economy.

Keywords: Public funding; R&D; Economic effects.

JEL Code: O32; O38; C68.

*Os autores agradecem o CNPq, a CAPES e a FAPEMIG pelo suporte financeiro.

♦♦ Professores do Departamento de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); ° Doutora em Economia pelo PPGE/UFJF.

1 Introdução

A internacionalização avançada dos processos produtivos e dos mercados nas últimas cinco décadas impulsionou o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias no mundo, alterando os padrões de produção e de comércio (Athreye & Cantwell, 2007; Lam & Shiu, 2010; Mallidis, Dekker, & Vlachos, 2012). Os sistemas produtivos estão cada vez mais fragmentados e integrados globalmente (Los, Timmer, & de Vries, 2015; The World Trade Organization, 2011) e setores econômicos com maior intensidade tecnológica veem crescendo e ganhando participação no mundo, levando à terceirização de atividades em geral e ao aumento da demanda por trabalhadores de maior nível educacional (Colecchia & Schreyer, 2002). Nesse cenário mundial em um ritmo acelerado de mudança, políticas públicas têm sido estratégicas para viabilizar ganhos de produtividade e, portanto, reforçar as relativas tendências competitivas de certas atividades setoriais e nacionais.

Em geral, investimentos em P&D são reconhecidamente tratados como chave para influenciar e alterar o nível de produtividade e crescimento econômico de um país (Grossman & Helpman, 1991; Jones, 1995; Romer, 1990). Investimentos em P&D podem promover a produção de conhecimento e elevar os níveis de capital humano (Becker, 1964), gerando ganhos de produtividade total dos fatores de produção (PTF) e expandindo o estoque de capital físico (Bor *et al.*, 2010). Atividades produtivas podem melhorar as relações técnicas de produção e obter reduções dos custos unitários, ampliando a escala de demanda nos mercados interno e externo. A intensidade desses efeitos depende da composição, participação e integração de setores de alta, média e baixa intensidade tecnológica na estrutura produtiva de uma economia, além da quantidade e qualidade de investimentos em P&D (Griffith, Redding, & Van Reenen, 2004; Jones & Williams, 1998), da disponibilidade de capital humano (Xu & Wang, 2000) e das barreiras relativas aos custos gerados pelas instituições (Parente & Prescott, 1999). Evidências apontam que aproximadamente 65% da variância do crescimento de produtividade dependem da intensidade de P&D – i.e., a razão entre investimentos de P&D e Produto Interno Bruto (Coccia, 2009).

Perante o reconhecimento desses canais de impactos positivos ao nível nacional e setorial, incentivos fiscais, subsídios, despesas públicas (e.g., em projetos de pesquisa, patentes e instituições de pesquisa) e outras formas de apoio do capital público para investimentos em P&D têm se tornado instrumentos de política mais populares e recorrentes em diversas nações (OECD, 2005). O desafio é combinar esses instrumentos de política a fim de tornar uma região econômica mais intensiva em P&D. Coccia (2009) aponta que uma taxa de 2,6% em intensidade de P&D maximizaria o impacto de longo prazo sobre o nível de produtividade dos fatores de produção. A União Europeia, os Estados Unidos e a China, por exemplo, alcançaram uma taxa de 1,95%, 2,74% e 2,05% em 2015, respectivamente (OECD, 2018). Não obstante, em um patamar bem inferior, a taxa de intensidade de P&D da economia brasileira foi de 0,69% em 2016 (IBGE, 2017), uma queda de 0,16 p.p. em relação ao ano de 2010. Ainda assim, essa taxa brasileira é um pouco superior a de países em desenvolvimento como o México (0,52), Argentina (0,61%) e Chile (0,38%) (OECD, 2018).

No Brasil, embora a promulgação da Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004) e da Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005) tenham gerado mecanismos institucionais para viabilizar os investimentos em P&D na segunda metade dos anos de 2000, a oferta de fundos de financiamento públicos ainda é escassa para atender os projetos relacionados à área de inovação das empresas brasileiras (De Negri, 2012; Negri, Negri, & Lemos, 2009). Nas últimas duas edições da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), 2011 e 2014, elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constata-se que o capital público representou a segunda maior fonte de financiamento dos dispêndios industriais entre atividades internas e aquisições externas em P&D no Brasil, posição esta inferior somente à fonte de recursos próprios. De acordo com a Pintec (2014), cerca de 68,8% do total de 94 mil pesquisadores das empresas inovadoras consideram a escassez de fontes de financiamento como impeditivo à inovação industrial. Os incentivos fiscais à P&D, dispostos na Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005), atingiram 3,5% das empresas inovadoras entre 2012 e 2014, ante 2,7% registrados entre 2009 e 2011. Portanto, há um grande desafio à frente para a economia brasileira de elevar a intensidade de P&D bem como de ampliar a oferta de fomento público aos investimentos em P&D, especialmente em um contexto recente de maior fragilidade financeira do orçamento público.

Existem poucos estudos empíricos sobre o papel do fomento público em P&D (De Negri, 2012; Negri et al., 2009) que ainda evidenciam as repercussões econômicas que se projetam para a economia brasileira. Inédito, este artigo busca preencher essa lacuna e tem por objetivo analisar os efeitos econômicos de curto e longo prazo do fomento público para investimento em P&D na economia brasileira. Pretende-se avaliar quais seriam os desvios nas taxas de crescimento dos principais indicadores macroeconômicos e setoriais em relação ao cenário de referência da economia se o fomento público entre 2011 e 2016 não tivesse ocorrido. Além disso, as projeções consideram o efeito sobre a PTF da economia brasileira da redução dos investimentos em P&D em função do corte do fomento público. Dessa maneira, este artigo decompõe dos efeitos entre (i) corte dos investimentos produtivos e (ii) consequente redução na PTF. A análise dos impactos requer uma grande atenção sobre as atividades setoriais mais demandantes do fomento público, em especial naquelas com intensidade tecnológica maior. Portanto, os resultados projetados devem ser de grande interesse para o debate em curso da política de fomento em P&D do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), justamente por quantificar o papel do fomento público no Brasil. Além dessa seção introdutória, esse artigo se organiza em mais 5 seções. A segunda seção apresenta alguns dos trabalhos aplicados que versam sobre a relação entre P&D, produtividade e fomento público. A terceira seção descreve sobre a estratégia empírica, dividida em duas etapas, abordando o modelo econométrico e as características do modelo de equilíbrio geral computável (EGC). Por sua vez, a quarta seção traz as discussões acerca das projeções macroeconômicas e setoriais de curto e longo prazo. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais da pesquisa, salientando os principais resultados conclusivos.

2 Pesquisas sobre P&D, produtividade e fomento público

Desde os modelos de crescimento endógeno, os investimentos em P&D têm sido incorporados como um dos fatores que determinam a produtividade dos fatores de produção (Xingshen Diao, Roe, & Yeldan, 1999; Jones, 1995; Romer, 1990). Como a atividade de P&D é um dos principais canais para a produção de conhecimento, a mesma pode alterar os coeficientes técnicos de produção e a razão capital-trabalho em uma atividade econômica, gerando ganhos de eficiência, expansão do estoque de capital físico e redução dos custos unitários no setor (Bor et al., 2010). A literatura sobre a relação entre fomento público, produtividade e/ou P&D fomento público é ampla e a abordagem geralmente subdivide entre nível setorial e nacional. Para ambos os níveis, as elasticidades do P&D sobre PTF são significativas e positivas, porém com valores diferenciados entre setores ou nações, como bem detalha Ortega-Argilés (2013). Revisões de literatura, entre 1969 e 2003, mostram que as estimativas de elasticidade de P&D variam entre 0,05 a 0,60 para estudos que usam firmas individuais e de zero a 0,50 para estudos setoriais, com tendência central que gravita entre 0,10 e 0,20 (CBO, 2005).

Além disso, os estudos geralmente utilizam modelos econométricos ou modelos (EGC) que versam sobre os efeitos dos investimentos em P&D ou de fomento público (Bor et al., 2010; Conrado, Haskel, & Jona-Lasinio, 2017). A abordagem econométrica presume uma função de produção típica com o reconhecimento das quantidades dos fatores de produção e, após a estimativa, a parcela residual poderia ser regredida contra o estoque de conhecimento, um ativo intangível. Embora exista o método perpétuo para tentar estimar o conhecimento setorial, trabalhos aplicados utilizam o número de patentes ou o próprio investimento de P&D (Krammer, 2014; Nishioka & Ripoll, 2012; O'Mahony & Vecchi, 2009).

Modelos econométricos também foram utilizados para avaliar os impactos do financiamento público no Brasil. Os testes empíricos são diversos, focando programas específicos ou não e usando amostras mais ou menos abrangentes, bem como regressões em corte seccional ou painel de dados com efeitos fixos. Em geral, os autores encontram associações positivas entre alguma variável de desempenho da firma (como inovação, gastos com atividades tecnológicas, emprego de pessoal técnico e produtividade) e políticas como o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial – PDTI, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional – ADTEN, o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT e programas do BNDES, Lei da Informática, Lei do Bem e financiamento de P&D (A. P. Avellar, 2009; A. P. M. Avellar & Alves, 2008; Jr, Sergio, & Porto, 2012; Taveira, Gonçalves, & Freguglia, 2019). Pesquisas como de Busom & Fernández-Ribas (2008), Czamitzki, Hanel, & Rosa (2011) e Hall & Van Reenen (2000) investigaram programas de incentivos financeiros e fiscais à inovação com o objetivo de responder se o gasto público é suficiente para estimular o gasto privado em P&D.

Por outro lado, outras pesquisas aplicadas veem recorrendo aos modelos EGC para avaliar os efeitos econômicos de diversas políticas de fomento público em P&D. Por exemplo, pioneiros nessa abordagem metodológica, Diao *et al.* (1998) incorporaram a P&D no modelo EGC com base na teoria de crescimento endógeno de Romer (1990) a fim de verificar o impacto de incentivos

tributários sobre P&D no crescimento das economias do Leste Asiático. Os autores diferenciaram o estoque de capital entre físico e de conhecimento – produzido pelo setor de P&D. Diao *et al.* (1999), por sua vez, introduziram uma mudança endógena de produtividade pelo efeito de *spillover*, embora limitada aos setores intensivos em P&D. Essa nova especificação teórica estava de acordo com Coe e Helpman (1995), isto é, a tecnologia incorporada em bens importados promoveria *spillover effects*, variando a produtividade dos fatores de produção. Ademais, alguns estudos procederam-se a partir de modelos EGC na versão dinâmica recursiva, cuja preocupação residia na necessidade de se considerar o caminho tendencial da economia para a análise de políticas de longo prazo. Partindo da aplicação dos mecanismos de incentivo às atividades de P&D como subsídios diretos e incentivos comerciais, Ghosh (2007) adotou a mesma estratégia metodológica de Diao *et al.* (1998) para avaliar os efeitos da produtividade setorial. Nesse trabalho, a PTF é afetada diretamente pelo volume de investimento em P&D. Já o modelo SciBud-CGE de Bor *et al.* (2010) distinguiram o capital entre físico e de conhecimento para analisar os impactos do investimento público direto em P&D e PTF sobre o crescimento da economia taiwanesa. Bye, Faehn e Heggedal (2009), por seu turno, construíram um modelo EGC para a economia norueguesa que captura a interação entre os mercados, as diferenças setoriais nas taxas de inovação e as imperfeições do mercado e as de cunho político que potencialmente interagem com as políticas de inovação. Em uma extensão, Bye, Faehn e Grünfeld (2011) ampliaram os resultados para os níveis de crescimento econômico de longo prazo, considerando P&D como capital de conhecimento na função de produção.

3 Estratégia empírica

A análise da política de fomento público em P&D na economia brasileira procede em duas etapas integradas. Na primeira etapa estima-se uma função residual da PTF como uma medida do efeito de ganhos de eficiência de produção contra os investimentos em P&D das atividades industriais no Brasil entre 2010 e 2016. A relação entre produtividade e investimentos em P&D tem sido o foco em modelos empíricos (Adams, 1990; Krammer, 2014; Nishioka & Ripoll, 2012; O'Mahony & Vecchi, 2009), iniciada por Coe e Helpman (1995), que utilizaram informações como estoque de capital físico e de conhecimento no modelo econométrico. Nessa etapa, a inovação desta pesquisa reside em computar essas informações para os 67 setores econômicos da economia brasileira anualmente partir das tabelas do Sistema de Contas Nacionais (SCN) do IBGE e das matrizes de Absorção de Investimentos (MAI) estimadas por Miguez (2016) na versão atualizada por Miguez e Freitas (2019), que qualifica e diferencia a alocação dos investimentos por setor produtivo. Na segunda etapa, a elasticidade dos investimentos em P&D estimada econometricamente na primeira etapa é utilizada para simular as perdas de produtividade setorial com o corte de fomento público em P&D na economia brasileira. Tanto a variação da PTF quanto o corte dos investimentos de P&D, ambos decorrentes da ausência do fomento público, são utilizados com choque de política a partir de um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico-recursivo (EGC-RD), calibrado para o ano de 2010. O objetivo da primeira etapa da estratégia empírica, que consiste em estimar o efeito do investimento em P&D sobre a PTF, é levar para o modelo EGC algum efeito *spillover* subjacente às atividades de P&D. O modelo EGC não capta os transbordamentos de inovação e produtividade proporcionados pelas atividades de P&D, mas tal estratégia de integração do modelo EGC ao modelo econométrico mitiga, em parte, tal deficiência.

O modelo EGC reconhece a estrutura distinta de absorção de investimentos por setor econômico (Miguez, 2016; T. Miguez & Freitas, 2019), bem como incorpora os investimentos de P&D e capital de conhecimento em um dos mecanismos de dinâmica recursiva, similarmente à literatura aplicada (Kristková *et al.*, 2012; Garau; Lecca, 2008; Garau; Lecca, 2007). Portanto, a articulação entre um modelo econométrico e um modelo EGC-RD permite tratar explicitamente os vínculos entre investimentos em P&D e variações de produtividade, além de compará-los em termos dos efeitos econômicos projetados para a economia brasileira até 2025.

3.1 O modelo econométrico

3.1.1 Estimação

Para obter a relação entre tecnologia e investimentos de P&D na economia brasileira inicialmente adota-se uma função de produção típica Cobb-Douglas, em que somente a oferta dos fatores de produção

é exógena ao processo produtivo no curto-prazo. A tecnologia nessa função representa uma contribuição residual para a produção e a mesma não é mensurada por fatores primários (Solow, 1957), ou seja:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha_K} L_{it}^{\alpha_L} \quad (1)$$

em que Y_{it} é o valor adicionado do setor $i = (1, \dots, 67)$ no período $t = (2010, \dots, 2016)$; K_{it} é o estoque de capital; L_{it} é quantidade de trabalho; e α_K e α_L são as elasticidades de capital e trabalho, respectivamente. O termo A_{it} na equação (1) é um indexador de tecnologia, ou produtividade, que engloba os demais fatores latentes na função de produção, além do estoque de capital e de trabalho. Aplicando-se o logaritmo e definindo a PTF como uma medida de efeitos no produto total causados por melhorias tecnológicas, a equação (1) pode ser redefinida como:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_K k_{it} + \alpha_L l_{it} + \varepsilon_{it} + \gamma_{it} \quad (2)$$

onde $y_{it} = \ln Y_{it}$, $k_{it} = \ln K_{it}$ e $l_{it} = \ln L_{it}$. Desse modo, $\ln A_{it} = \theta_{it} = \alpha_0 + \varepsilon_{it} + \gamma_{it}$, sendo γ_{it} um termo de erro idiossincrático. No primeiro estágio estima-se, portanto, os coeficientes de $\hat{\alpha}_0$, $\hat{\alpha}_K$ e $\hat{\alpha}_L$ da equação (2) para obter a PTF residualmente por $\theta_{it} = y_{it} - \hat{\alpha}_K k_{it} - \hat{\alpha}_L l_{it}$. No segundo estágio, essa parcela residual (θ_{it}) é regredida contra o investimento setorial em P&D (w_{it}):

$$\theta_{it} = \beta_0 + \beta_z w_{it} + v_i + u_{it} \quad (3)$$

sendo w_{it} o logaritmo natural dos investimentos em P&D realizados pelo setor i no ano t . Essas estimações acompanham os passos e procedimentos de Krammer (2014) e Messa (2015) considerando uma estrutura de dados em painel. Para a estimação da equação (2), adotou-se o modelo de efeitos fixos, que controla para o efeito fixo ao nível do setor, isto é, não exige que as variáveis explicativas sejam não correlacionadas com o efeito não observado (termo ε_i). A estimação da equação (3) também foi realizada por efeitos fixos. A suposição subjacente é que o efeito do investimento em P&D tem efeito contemporâneo sobre a PTF. No entanto, o erro idiossincrático (μ_{it}) foi testado para verificar a presença de correlação serial.

3.1.2 Dados

Os dados do valor adicionado (Y_{it}) foram obtidos diretamente do SCN do IBGE¹, deflacionados para o ano de 2010 a partir do índice de preço do Valor Bruto da Produção (VBP) para cada um dos 68 setores econômicos. Já para o trabalho (L_{it}) utilizou-se o número de ocupações de trabalho do SCN do IBGE. O estoque de capital físico por setor foi estimado a partir do método de inventário perpétuo considerando os investimentos setoriais das matrizes de absorção de investimentos (MAI), computadas por Miguez e Freitas (2019) e das informações agregadas do Apêndice A. Para tanto, calculou-se a taxa de retorno bruta do capital e a taxa de depreciação anual a partir dos dados agregados e reais de investimentos em capital físico (exceto os de P&D), de excedente operacional bruto (EOB) e de estoque de capital estimado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2017). Em 2010, a taxa de retorno bruta foi de quase 20%. Atribuiu-se uniformemente essa taxa de retorno bruta sobre cada EOB setorial do SCN de 2010 a fim de obter o estoque de capital inicial por atividade econômica. A distribuição setorial do EOB diferenciou-se da distribuição dos investimentos (MAI).

Por seu turno, o dispêndio com o produto de P&D no vetor de FBCF se divide entre P&D governamental e empresarial. Todo o valor da produção de P&D das atividades do setor governo (i.e.,

¹ Desde 2010, as tabelas de Uso e Recurso da nova série do SCN do IBGE divulgam os dispêndios de P&D no vetor de formação bruta de capital físico (FBCF) e no consumo intermediário, bem como a produção da atividade de P&D. A disponibilidade dessas informações de P&D se limita até o ano de 2016 e, por isso, os dados para as demais variáveis no modelo econométrico de dois estágios se restringem nesse intervalo temporal (2010 a 2016).

Administração pública, defesa e seguridade social, Educação pública e Saúde pública) tem como destino a FBCF. Portanto, a parcela das atividades vinculadas ao setor público advém da própria produção de P&D na distribuição setorial do investimento real em P&D. Já o P&D empresarial é composto por produção mercantil e não mercantil de P&D pelas atividades privadas. A parcela mercantil denota o consumo intermediário, ao passo que o valor da produção não mercantil é integralmente destinado à FBCF (IBGE, 2015). No SCN do IBGE, a média anual da parcela mercantil registrou apenas 6% da produção total de P&D entre 2010 e 2016. Além disso, a Pintec do próprio IBGE fornece informações acerca das receitas operacionais líquidas e dos dispêndios em atividades internas e aquisições externas em P&D dos principais setores privados. Assim, para viabilizar a distribuição dos investimentos privados em P&D e avaliar a consistência das informações foram computados dois vetores de coeficientes: (i) $A = D_{it}^{P\&D} / ROL_{it}$, onde $D_{it}^{P\&D}$ é o dispêndio em P&D e ROL_{it} é a receita operacional líquida da Pintec; e (ii) $B = P_{it}^{P\&D} / VBP_{it}$, sendo $P_{it}^{P\&D}$ a produção de P&D e VBP_{it} o valor bruto da produção de cada atividade privada i do SCN (2010). Quando compatibilizados, esses dois vetores calculados se revelam bem próximos para a maioria dos setores privados. Apenas as atividades de Refino de Petróleo e de Biocombustíveis foram identificadas no vetor A . Assim, esses dois coeficientes setoriais foram adicionados no vetor B^* , que apresentou um nível maior de detalhamento setorial e, portanto, mais heterogêneo internamente. O valor real do investimento privado em P&D foi, então, alocado conforme a estrutura setorial obtida de um vetor de valores calculados pela ponderação entre os coeficientes do vetor B^* e os valores do VBP_{it} . Esse procedimento preservou os conceitos das notas metodológicas do IBGE (2015a; 2015b) e as informações de P&D da Pintec.

3.2 O modelo BIM

Este artigo desenvolve um modelo de equilíbrio computável preparado para analisar os efeitos de políticas de investimentos na economia brasileira. Denominado BIM (Brazilian Intersectoral Model), o modelo estende a especificação teórica de acumulação capital e de relação entre taxa de retorno e investimentos do modelo Orani-RD. O estoque de capital é discriminado entre capital físico e de conhecimento, que se ajustam defasadamente aos respectivos investimentos. No principal mecanismo de dinâmica recursiva há uma nova relação explícita de estoque-fluxo entre investimentos de P&D e capital de conhecimento, como em Bor *et al.* (2010). Além disso, cada investidor produtivo passa a demandar insumos de maneira diferenciada na formação de uma unidade adicional de capital físico e de conhecimento, cuja estrutura de dados é derivada do próprio comportamento distinto de alocação dos investimentos da MAI de Miguez e Freitas (2019).

3.2.1 Estrutura teórica

O comportamento dos produtores, investidores e famílias típicas apresentam uma estrutura aninhada ao atribuir a suposição de separabilidade fraca (Dixon *et al.*, 1982). Os produtores de bens minimizam custos combinando insumos intermediários (X_i) e valor adicionado (V_i) em proporções fixas (tecnologia Leontief), cuja propriedade preserva as características intrínsecas da produção de cada bem (Z_i). Cada tipo de compostos (X_i, V_i) é derivado de uma agregação por função *constant elasticity of substitution* (CES). Na composição de cada insumo intermediário (X_i), a razão entre as parcelas de compras domésticas (D_i) e importadas (M_i) é função apenas dos preços relativos das duas origens, sem também haver uma completa substituição de uma fonte por outra (Armington, 1969). Já na composição do valor adicionado (V_i) também existe uma substituição imperfeita via preço por uma função CES entre trabalho (L_i), terra (T_i), capital físico ($K_{F,i}$) e capital de conhecimento ($K_{H,i}$). Essa estrutura aninhada de produção em dois níveis é definida por:

$$Z_i = \min\left(\frac{X_i}{a_i^X}, \frac{V_i}{a_i^V}\right) \quad (4)$$

$$\text{tal que } V_i = \left[\sum_{f=1}^f \delta_{f,i} V_{f,i}^{-\rho^V} \right]^{-\frac{1}{\rho^V}} \quad \forall \quad f = (L, T, K_F, K_H) \quad \text{e} \quad X_i = \left[\sum_{s=1}^s \delta_{s,i} X_{s,i}^{-\rho^X} \right]^{-\frac{1}{\rho^X}} \quad \forall \quad s = (D, I)$$

Os termos a_i^X e a_i^V são de eficiência produtiva por composto; δ é um parâmetro de participação que satisfaz $\sum_{f=1}^f \delta_{f,i} = 1$ ou $\sum_{s=1}^s \delta_{s,i} = 1$, enquanto ρ denota um parâmetro de substituição dentro de cada composto (X_i, V_i) por setor. Embora a especificação teórica seja idêntica para todos os setores, as elasticidades de substituições e as proporções de insumos e fatores primários podem variar entre os mesmos.

Similarmente, os investidores minimizam os custos para formar uma unidade adicional de capital físico ($I_{K_F,i}$), demandando compostos de insumos intermediários em proporções fixas (função Leontief). Em cada composto, uma função CES controla a combinação entre os insumos domésticos e os importados. Assim como em Hong *et al.* (2014), o investidor utiliza somente o produto de P&D produzido domesticamente para formar capital de conhecimento ($I_{K_H,i}$), pois inexistente a importação de P&D. As atividades do setor público demandam a própria produção de P&D para formar capital de conhecimento, cuja especificação está de acordo com o IBGE (2015). Não obstante, nenhum fator primário é usado diretamente como insumo na formação do capital físico e de conhecimento. Os requisitos de fatores de produção são reconhecidos no valor adicionado dos fornecedores produtivos de bens de capital físico e de P&D, respectivamente. A estrutura dos investimentos é determinada como:

$$I_{j,i} = \min(X_{j,i}^I) \quad \forall \quad j = (K_F, K_H) \quad (5)$$

em que $X_{j,i}^I = \left[\sum_{s=1}^s \delta_{s,j,i} (X_{s,j,i}^I)^{-\rho} \right]^{-\frac{1}{\rho}} \quad \forall \quad s = (D, I)$, sendo os parâmetros similares da equação (4).

No principal mecanismo recursivo do modelo, os investimentos em capital físico ($I_{K_F,i}$) e de P&D ($I_{K_H,i}$) são tratados correspondentemente na função de acumulação de capital por um método de inventário perpétuo com taxa constante de depreciação:

$$K_{j,i,t+1} = (1 - \text{dep}_{j,i}) K_{j,i,t} + I_{j,i,t} \quad \forall \quad j = (K_F, K_H) \quad (6)$$

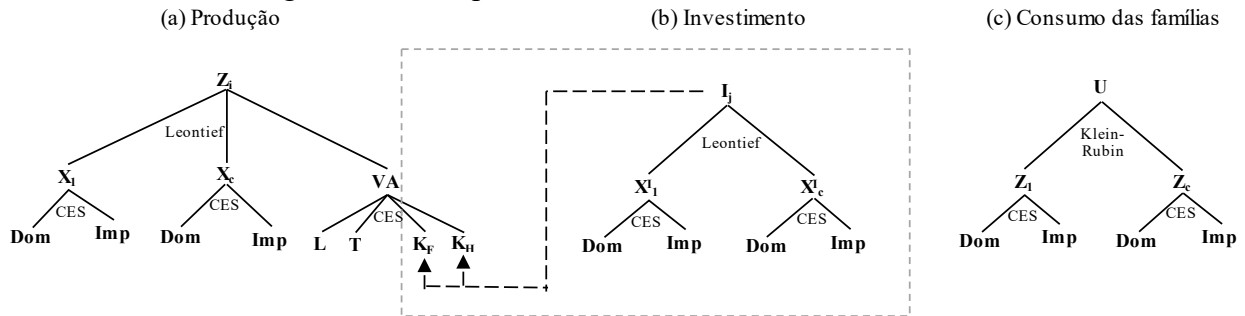
Ambas as acumulações de capital (K_F, K_H) são similares. A alocação dos investimentos procede a partir da lógica do Q de Tobin (Hong et al., 2014). A taxa de retorno esperada é uma função crescente da razão entre renda e o custo do capital, ou seja, $E_{j,i} = f(R_{j,i} / P_{j,i}^I)$. Assim, em uma função logística, a taxa bruta de crescimento de cada tipo de capital no próximo período ($G_{j,i} = I_{j,i} / K_{j,i}$) é determinada por:

$$G_{j,i} = \frac{U_{j,i} G_{j,i}^{\text{Tend}} (M_{j,i})^{\xi_i}}{U_{j,i} - 1 + (M_{j,i})^{\xi_i}} \quad (7)$$

em que $G_{j,i}^{\text{Tend}}$ é o crescimento tendencial do capital na economia, $U_{j,i}$ representa um termo exógeno, de forma que limita um valor máximo para a taxa bruta de crescimento do capital: $G_{j,i} = U_{j,i} G_{j,i}^{\text{Tend}} = G_{j,i}^{\text{max}}$; ξ_i é um parâmetro de elasticidade do investimento; e $M_{j,i}$ mede a relação entre a taxa esperada e de retorno de longo prazo do capital j no setor i , isto é, $M_{j,i} = E_{j,i} / R_{j,i}^{\text{Normal}}$. Dessa maneira, a taxa de

crescimento do capital j no setor i ($G_{j,i}$) será superior ao respectivo crescimento tendencial ($G_{j,i}^{Tend}$) se, e somente se, a taxa esperada de retorno ($E_{j,i}$) ultrapassar a taxa normal de retorno do investidor ($R_{j,i}^{Normal}$). Tal circunstância é verificada principalmente no curto prazo do modelo (Dixon & Rimmer, 2002). A Figura 1 ilustra a estrutura de produção, de investimentos e a relação com a acumulação de capital.

Figura 1 – Principais estruturas aninhadas do modelo



Como na estrutura teórica do Orani-RD, as famílias determinam uma composição ótima das suas “cestas” de consumo por uma função Klein-Rubin (1947), levando a um sistema linear de gastos (LES), sujeito a uma restrição orçamentária. A função LES matematicamente é expressa como:

$$U(Z_1, \dots, Z_c) = \sum_{i=1}^c S_i^{Lux} \ln(Z_i - Z_i^{Sub}) \quad (8)$$

em que Z_i é a demanda total pelo bem i ; Z_i^{Sub} é a demanda das famílias por um bem necessário (subsistência); $Z_i - Z_i^{Sub}$ é um resíduo do orçamento do consumidor após deduzir os gastos com subsistência, um bem de luxo, que varia conforme a renda familiar; e S_i^{Lux} denota a participação da demanda por bem de luxo i em relação ao total gasto com bens de luxo. A demanda por bem de luxo depende da renda familiar e dos preços relativos dos produtos, afetando a escala de utilidade, $U(\cdot)$. Ademais, cada bem Z_i na cesta de consumo das famílias é um agregado por função CES, que controla a substituição imperfeita por preços relativos entre origem doméstica e importada (Figura 1).

Já na especificação do comércio externo é adotada a hipótese de economia pequena no comércio internacional, de maneira que mudanças no comércio externo brasileiro não influenciam os preços internacionais. As demandas dos produtos respondem a curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional. O consumo do governo é exógeno, podendo estar associado ou não ao consumo das famílias ou à arrecadação de impostos. Os estoques se acumulam de acordo com a variação da produção. Por fim, há processo de ajustamento defasado no mercado de trabalho, entre o crescimento do salário real e a oferta de emprego nacional. Desse modo, quando o nível de emprego estiver acima do previsto provocado por um choque no curto prazo, o salário real cresce o suficiente para acomodá-lo no nível previsto ao longo dos períodos subsequentes. Isso sugere que choques favoráveis para trabalho tendem a produzir um acréscimo do emprego no curto prazo e uma elevação no salário real no longo prazo (Dixon & Rimmer, 2002).

3.2.2 Estrutura de dados e calibragem

O núcleo da base de dados do modelo está calibrado na matriz de insumo-produto de 2010 para o Brasil, reconhecendo 67 setores produtivos e 137 produtos, 4 fatores primários (terra, capital físico, capital de conhecimento e trabalho), 3 setores de margens (comércio e os 2 tipos de transporte de carga), importações por produto para cada um dos 67 setores, 1 agregado de impostos sobre a produção e 1 agregado por tipos de tributos, incidindo sobre fluxos de compras (IPI, ICMS e Outros). Alguns parâmetros comportamentais foram calibrados conforme os modelos de Domingues et. al. (2014) e

Betarelli Junior & Domingues (2014). O estado estacionário foi definido em 2,4%, cuja taxa representa o crescimento médio anual do estoque de capital físico entre 2000 e 2016. Foi assumida uma taxa de depreciação do capital de conhecimento de 15%, que representa uma característica média de conhecimento (Hong et al., 2014). Consequentemente, tem-se uma razão tendencial entre investimento de P&D e capital de conhecimento de 17,4% com uma taxa de retorno bruta e líquida de 20% e 5%, respectivamente. O estoque de capital de conhecimento inicial foi estimado a partir da divisão entre os investimentos de P&D e a soma da depreciação e taxa de crescimento do investimento real, como em Nishioka & Ripoll (2012) e Krammer (2014). Já a razão entre os demais investimentos e capital físico foi de 8,3%, resultando em uma taxa de depreciação de quase 6%. Como a estrutura setorial da renda do capital físico e a estrutura dos investimentos correspondentes são distintas, a taxa de retorno bruta oscilou até 20% entre as atividades setoriais.

4 Ambiente econômico e resultados

4.1 Cenário de referência e política

Para modelos EGC de dinâmica recursiva, que consideram soluções sequenciais ao longo de um intervalo temporal pré-estabelecido, dois tipos de ambientes econômicos de simulação² são utilizados: um de cenário de referência e outro de política. A simulação de cenários de referência serve como um caminho de controle de forma que os desvios são medidos para analisar os efeitos de um choque de política em períodos futuros. Assim, uma simulação de política permite analisar os efeitos de uma mudança na política econômica, sendo ela um desvio das variáveis econômicas em relação ao cenário de referência. Essa diferença pode ser interpretada como os efeitos da mudança de política (Dixon & Rimmer, 2002). Os mecanismos temporais permitem simultaneamente ajustes no estoque de capital, taxa de retorno, salário real e emprego agregado. Enquanto a taxa de crescimento do capital estiver acima do respectivo crescimento tendencial, com taxa esperada de retorno superior à taxa normal de retorno (exógena), as flutuações dos investimentos irão ocorrer.

No ambiente de simulação do cenário de referência, pressupõe-se que os principais agregados macroeconômicos, PIB real, investimento, consumo das famílias, gastos do governo, volume de exportações e emprego agregado são exógenos, justamente para acomodar as variações observadas e previstas nestes indicadores macroeconômicos. Nesse sentido, variáveis de deslocamento, o salário nacional, bem como a variável do total de mudança tecnológica dos fatores primários são endógenas. As taxas normais de retorno do capital físico e de conhecimento são endógenas para acomodar os choques nos investimentos físicos e de P&D. As variações reais por período para os principais indicadores macroeconômicos no cenário de referência estão divididas entre as observadas e previstas (Tabela 1).

Tabela 1 - Variações reais (%) dos principais indicadores macroeconômicos

Indicadores	Observado							Previsão	
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019-2025 (a.a.)
PIB	3.97	1.92	3.00	0.50	-3.55	-3.46	1.00	1.70	2.00
Consumo das famílias	4.82	3.50	3.47	2.25	-3.22	-4.30	-0.60	1.50	1.50
Gastos do governo	2.20	2.28	1.51	0.81	-1.44	-0.06	-0.56	0.70	0.70
Exportações	4.79	0.27	2.39	-1.13	6.82	1.92	5.18	4.60	4.60
Investimentos	6.83	0.78	5.83	-4.22	-13.95	-10.30	-3.70	1.70	1.70
P&D (K_H)	3.46	0.76	5.39	-9.04	-4.10	-5.94	-3.70	1.70	1.70
K_F	6.98	0.78	5.85	-4.02	-14.36	-12.42	-3.70	1.70	1.70
Ocupações	1.47	1.41	1.56	2.86	-3.34	-2.10	2.00	2.00	2.00
População	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00
Preço de importação	14.28	0.95	-1.17	-1.97	-11.88	-8.94	4.06	3.00	3.00

Fonte: Contas Nacionais do IBGE; Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior (Funcex); BNDES (2018).

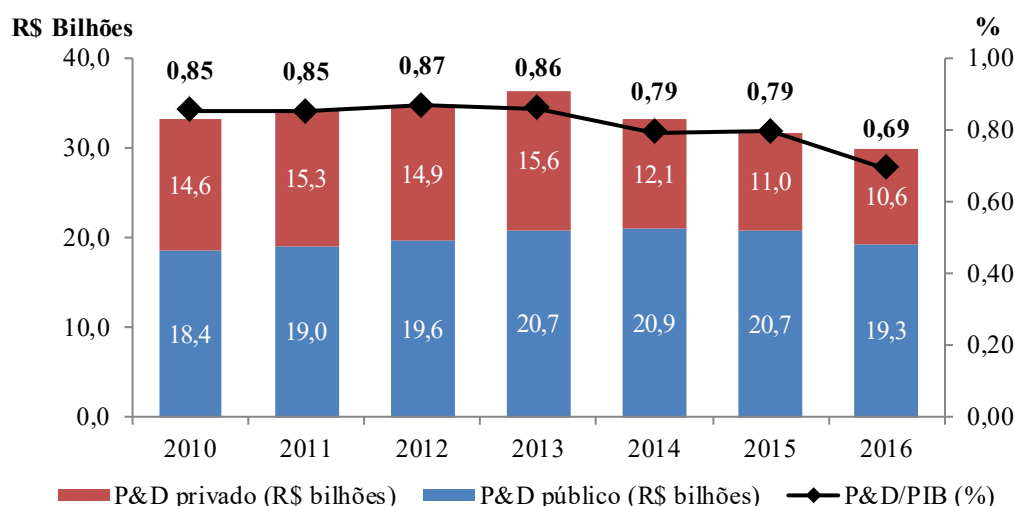
² O ambiente econômico de simulação refere-se ao “fechamento do modelo”, que é utilizado para descrever as hipóteses de simulação. No fechamento são definidas as variáveis que são endógenas e exógenas.

Os dados observados compreendem estatísticas do SCN do IBGE. As variações de ocupações representam o cenário do emprego agregado, enquanto as variações dos preços de importação são obtidas da Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior (Funcex) para os anos de 2011 a 2016. Em 2017, os choques de investimentos físicos e de P&D são os mesmos do investimento agregado, pois a divulgação das Tabelas do SCN para o ano de 2017 só ocorrerá no final de 2019. Já as previsões do cenário macroeconômico acompanham o relatório de previsão do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2018).

As informações macroeconômicas mostram que no período 2011 a 2016 houve desaceleração da economia brasileira, com quedas acentuadas nos componentes de demanda interna em 2015, como o consumo das famílias, investimentos e gastos do governo. Neste mesmo período, as exportações passaram a registrar crescimento expressivo, quando comparadas com as de 2014. Esse panorama recessivo deve-se manter entre 2016 a 2018 e a recuperação está prevista para após este período. Setores exportadores serão os primeiros a se recuperarem em razão do cenário projetado para as exportações brasileiras. Por outro lado, atividades econômicas altamente dependentes da dinâmica do mercado interno devem enfrentar recuperações mais lentas até 2025.

As trajetórias dos investimentos físicos e de P&D foram similares à do investimento agregado entre 2011 e 2016. A participação do P&D público foi crescente e relativamente maior que o P&D privado, atingindo 64,5% em 2016, um incremento de 9 p.p. em relação ao ano de 2011 (Gráfico 1). Apesar dessa maior participação na composição do P&D, houve apenas uma expansão real de 1,5% dos valores do setor público entre 2011 e 2016. O P&D privado retraiu quase 31% no mesmo período, cuja queda levou a uma intensidade de P&D na ordem de 0,69%, ou seja, uma queda de 0,16 p.p. se comparado a 2011. Assim, a base tecnológica de empresas inovadoras no país teve retração, evidenciando que o fomento público pode ser uma alternativa para reverter essa trajetória declinante.

Gráfico 1 – Investimentos em P&D no Brasil (preço constante de 2010)



Ao analisar o financiamento público com dispêndio em P&D nas duas últimas edições da Pintec (2011 e 2014), observa-se que o mesmo respondeu por 13,8% do total de dispêndios com atividades internas e aquisições externas em P&D privado no Brasil. A indústria de transformação é o segmento que mais recebeu financiamento público (15,1%), seguida das atividades de serviços (9,5%) no triênio 2012-2014. Essas parcelas de financiamento público em relação ao total dispêndio em P&D, constantes nas últimas duas edições da Pintec (2011 e 2014), foram utilizadas para a elaboração dos choques setoriais de política. Para tanto, após uma correspondência com os 67 setores produtivos do modelo BIM, computou-se uma simples ponderação entre a participação do financiamento público e o investimento de P&D por setor privado, a fim de estimar o valor correspondente ao fomento público em cada ano. Tendo em vista que a Pintec 2014 apenas apresenta valores declarados no último ano do triênio, então a parcela do financiamento público de 2012 e de 2013 representa uma média das observadas na Pintec 2011 e 2014. Já para o ano de 2015 e de 2016, atribuiu-se a mesma parcela observa da Pintec 2014. A Tabela 2 reporta as variações anuais do investimento em P&D realizado a partir do financiamento público por grupo de atividades e de intensidade tecnológica – conforme classificação da OECD (2011).

Tabela 2 – Parcela do financiamento público nos investimentos de P&D

Grupos de atividades	Investimentos de P&D						Parcela do fomento público					
	(R\$ milhões a preço constante de 2010)						(Par. % dos investimentos privados em P&D)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Indústria*	9704	9777	9189	9765	7375	6498	12.54	13.03	12.98	13.82	12.55	12.26
Baixa	648	738	719	738	739	688	15.53	15.45	15.64	14.63	15.67	15.71
Média-Baixa	3264	3400	3222	3406	2691	2479	8.22	7.29	7.27	6.82	6.46	6.46
Média-Alta	4596	4477	4215	4511	3197	2663	14.20	16.43	16.33	18.96	16.38	16.13
Alta	1206	1171	1042	1119	769	686	16.35	15.11	15.13	13.75	14.54	14.36
Serviços	23378	24449	25295	26577	25681	25203	1.44	1.84	1.87	1.97	1.62	1.56
KIBS**	3794	4235	4489	4513	3527	3317	7.71	9.52	9.51	10.74	11.30	11.32
Outros serviços	1126	1240	1246	1313	1214	1184	3.72	3.68	3.55	2.90	1.45	1.46
Administração pública	18448	18966	19552	20742	20919	20683	-	-	-	-	-	-
Total	33082	34226	34485	36342	33056	31701	10.61	11.29	11.15	12.00	11.05	10.79

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pintec e SCN do IBGE.

Nota: * Intensidade tecnológica (OECD); ** Conhecimento Intensivo em serviços de negócios (KIBS).

Setores de alta e médio-alta intensidade tecnológica foram aqueles mais demandantes do financiamento público entre 2011 e 2016, com uma média anual 15,6%. São atividades industriais com maior participação nos investimentos privados de P&D em 2016 (10,6%). Já as atividades de conhecimento intensivo em serviços de negócios (KIBS) exibiu um aporte público de 10% para investimentos em P&D, sendo a mesma a segunda mais representativa na distribuição de P&D privado da economia brasileira. Assim, os investimentos de P&D nestes setores contrairiam em mesma magnitude do corte de fomento, considerando que o produto de P&D doméstico se associa exclusivamente com a formação de capital de conhecimento no modelo EGC, inexistindo um substituto próximo. Portanto, espera-se que as atividades de KIBS, alta e médio-alta intensidade tecnológica, bem como os seus fornecedores produtivos sejam os mais prejudicados com o corte de financiamento público em P&D. Essas participações do fomento público, discriminadas por setor econômico, denotam os choques de corte dos investimentos de P&D entre 2011 e 2006 no ambiente de simulação de política (Tabela 2).

Ademais, a redução dos investimentos em P&D pela ausência do financiamento público repercute negativamente sobre a PTF na economia brasileira. Nessa variante, essa pesquisa estimou a equação (2) para obter a PTF de forma residual ou pelo efeito não observado (primeiro estágio), cuja variável é, em seguida, regredida contra os investimentos de P&D (segundo estágio), conforme a equação (3). Ambos os estágios foram estimados por efeito fixo ao nível do setor econômico. A Tabela 3 fornece os resultados desta estimação do modelo econométrico em 2 estágios. Adicionalmente, foram apresentadas as estatísticas de teste de Durbin-Watson modificada por Bhargava *et al.* (2006) e a estatística de Baltagi-Wu (Baltagi & Wu, 2002).

Tabela 3 – Estimativas do modelo econométrico em 2 estágios para o Brasil (2011-2016)

Variáveis	Primeiro estágio (y_{it}) ¹	Segundo estágio (θ_{ij}) ²
Constante	3.8509*** (0.6382)	-0.0555*** (0.0120)
Capital físico (k)	0.0081 (0.0152)	-
Pessoal ocupado (l)	0.4744*** (0.0471)	-
Investimento em P&D		0.0151*** (0.0061)
.....
N	476	408
R^2 within	0.2000	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *** p<0.01. Erros robustos estão reportados entre parênteses; ¹ “variável dependente = y_{it} (ln do valor adicionado),

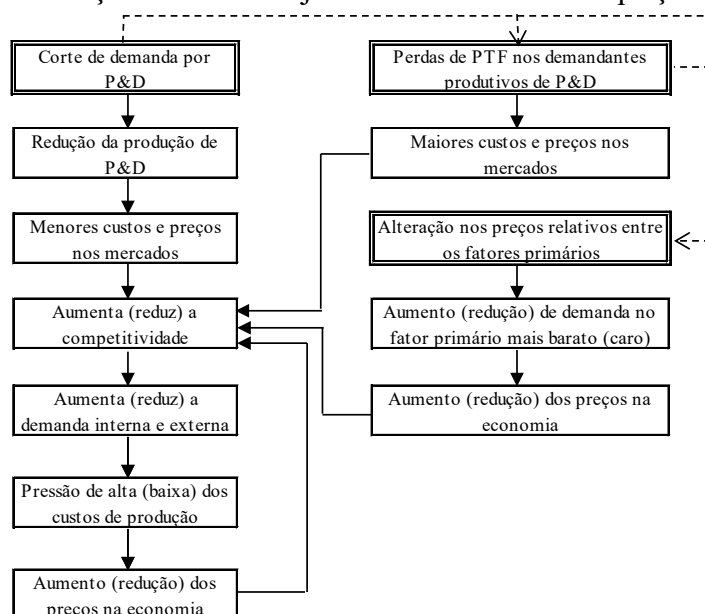
R^2 within = 0,200; ² variável dependente = θ_{it} (PTF), Teste de Durbin-Watson modificado de Bhargava = 0.6327 e Teste de Baltagi-Wu LBI = 1.1354.

Embora não estejam apresentadas as probabilidades, a comparação dos valores com os intervalos de confiança fornecidos pelas tabelas dos trabalhos originais sugere a existência de correlação serial (AR1) nos distúrbios. De forma a lidar com isso, a equação (3) foi estimada por efeitos fixos (*within*) supondo que os distúrbios seguem um processo AR(1). O resultado encontrado indica uma elasticidade de 0,015 entre a PTF e o investimento em P&D. Esta elasticidade estimada é ponderada pela variação negativa dos investimentos de P&D decorrentes da ausência do financiamento público, cujo percentual será simulado na forma de efeito sobre a PTF de cada atividade setorial. Para tanto, aplicou-se os choques na variável tecnológica a_i^V da equação (4) entre 2011 e 2016.

4.2 Resultados

Os resultados da política de corte do financiamento público em investimento de P&D bem como os efeitos adversos sobre a PTF das atividades produtivas de P&D representam desvios em relação ao cenário de referência da economia brasileira. A Figura 2 apresenta os principais mecanismos de propagação dos choques de políticas no modelo EGC. Com a ausência do financiamento público em P&D, os investidores produtivos encontrariam maiores restrições para formar uma unidade adicional de capital de conhecimento. O corte na demanda por investimentos reduziria a produção das atividades produtoras de P&D, diminuindo os requisitos de produção e, por conseguinte, os preços dos fatores primários e insumos intermediários na economia. Investidores apresentariam retornos potenciais menores e o consumo das famílias seria minorado. Dada a possibilidade de substituição imperfeita entre os fatores primários, o corte do fomento público alteraria os preços relativos, levando a um deslocamento de demanda para o fator primário relativamente mais barato.

Figura 2 – Relações causais subjacentes ao sistema de equações do modelo CGE



Fonte: Elaboração própria.

Contudo, a queda dos custos de produção seria transmitida pelas interações setoriais da economia, levando a um efeito deflacionário geral no país (efeito-preço). Em uma abordagem de competitividade-custos, atividades intensivas em trabalho e/ou tradicionalmente exportadoras passariam a vender mais no exterior, promovendo elevação dos requisitos de produção e à alta dos preços dos insumos, além de amenizar o efeito negativo inicial sobre a demanda interna. Essa alta dos custos de produção seria reforçada pela perda de eficiência produtiva (PTF) em atividades demandantes de P&D, pois os processos produtivos passariam a requisitar mais fatores de produção por cada unidade produzida de um bem, o que aumentaria os custos unitários de produção. Portanto, a ineficiência produtiva associada com o corte dos investimentos de P&D, ao reduzir a competitividade da economia brasileira, afetaria não somente o mercado interno, como também o externo no longo prazo.

A Tabela 4 fornece os desvios dos principais indicadores macroeconômicos proporcionados pela política em relação ao cenário de referência considerando os efeitos separados da hipótese de ausência do financiamento público em P&D e do consequente efeito sobre a PTF. A ausência do financiamento público em P&D e a redução da PTF associada promoveriam impactos negativos sobre a taxa de crescimento do PIB entre 2011 e 2016, desacelerando ao longo do tempo. O arrefecimento da trajetória declinante do diferencial de crescimento do PIB se deve em razão do movimento defasado do salário real e do estoque de capital (e.g., Figura 3, “Painel a”). Em conjunto, ambas as simulações levariam a uma retração de -0,56% do PIB entre 2011 e 2016, acumulando-se em -0,69% até 2025. O efeito da perda de eficiência produtiva seria mais perverso sobre a atividade econômica do país (-0,45%), representando quase 65% do efeito negativo total no longo prazo. A trajetória dos desvios gerados sobre o consumo das famílias é semelhante à do PIB, pois as variações negativas na renda real agregada afetariam o consumo das famílias conforme a proporção deste componente de dispêndio. Em 2025, o desvio negativo sobre a taxa de crescimento do consumo das famílias totalizaria 0,75%. Como as famílias maximizam sua utilidade ampliando a sua cesta de consumo, então a política de corte do fomento público com o efeito da PTF geraria uma queda do bem-estar (Tabela 4). O desvio negativo na utilidade das famílias foi, em média, de 1,42% em 2025.

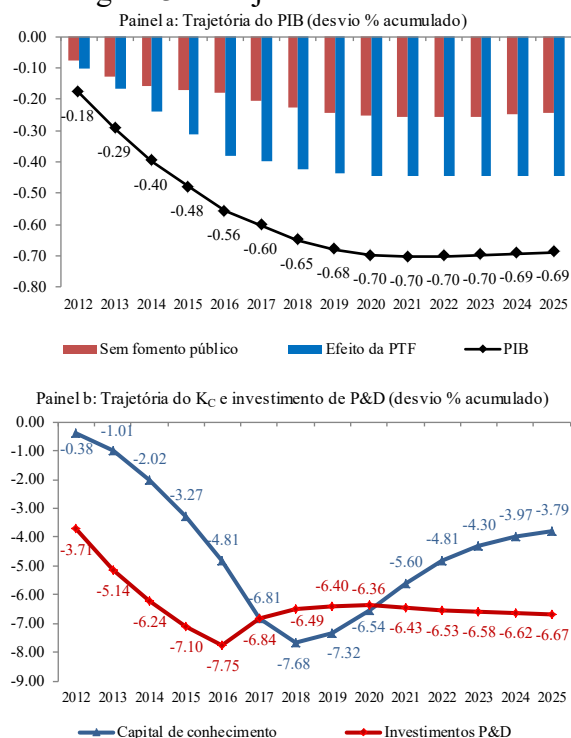
Tabela 4 – Efeitos macroeconômicos

Variáveis	Sem Fomento Público		Efeito PTF		Total	
	2011-2016	2011-2025	2011-2016	2011-2025	2011-2016	2011-2025
PIB dispêndio	-0.18	-0.24	-0.38	-0.45	-0.56	-0.69
Mercado Interno	-0.43	-0.34	-0.36	-0.34	-0.80	-0.68
Mercado Externo	0.25	0.09	-0.02	-0.11	0.23	-0.02
Investimentos	-1.33	-0.80	-0.82	-0.44	-2.15	-1.24
P&D	-7.53	-6.50	-0.22	-0.18	-7.75	-6.67
FBCF	-0.99	-0.40	-0.85	-0.45	-1.85	-0.86
Consumo das famílias	-0.37	-0.34	-0.35	-0.41	-0.72	-0.75
Exportações	1.14	0.19	-0.42	-0.81	0.72	-0.62
Importações	-0.95	-0.28	-0.21	-0.09	-1.16	-0.38
Balança comercial	2.09	0.47	-0.21	-0.72	1.88	-0.25
Emprego agregado	-0.09	0.02	-0.08	0.00	-0.17	0.02
Salário real	-0.45	-0.64	-0.19	-0.45	-0.63	-1.09
Estoque de capital	-0.20	-0.47	-0.12	-0.36	-0.33	-0.83
Conhecimento	-4.75	-3.62	-0.07	-0.17	-4.81	-3.79
Físico	-0.18	-0.45	-0.12	-0.36	-0.30	-0.81
Deflator do PIB	-1.53	-0.20	0.33	0.82	-1.20	0.62
Salário nominal	-1.79	-0.75	0.11	0.32	-1.68	-0.43
Renda do capital	-1.41	0.24	-0.01	0.81	-1.43	1.05
Termos de comércio	-1.08	-0.08	0.42	0.78	-0.66	0.69

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *desvios % acumulados.

Figura 3 – Trajetórias selecionadas



Como as atividades deixariam de obter o ganho de PTF relacionados aos investimentos de P&D do financiamento público, os custos unitários de produção expandiriam e, por conseguinte, haveria uma pressão de alta dos preços internos na economia, afetando não somente o mercado interno, como também o desempenho exportador líquido da economia no longo prazo. Assim, a balança comercial registraria uma redução de 0,72% devido ao efeito PTF. Conforme a contribuição de cada mercado no PIB pela ótica do dispêndio, a expansão do mercado externo decorrente da ausência do fomento público seria inferior ao efeito negativo gerado pela ineficiência produtiva, resultando em um desvio total de -0,02% no longo prazo (2025). Já no corte de fomento público, o impacto negativo sobre os componentes de absorção interna de bens domésticos seria amenizado pela expansão da demanda externa, cujo resultado é decorrente da trajetória declinante do deflator implícito do PIB (efeito deflacionário). Pela abordagem de competitividade-custos, a demanda externa apresenta uma relação negativa com o comportamento dos preços internos. Assim, as reduções generalizadas dos custos estimulariam uma taxa de crescimento das exportações acima do cenário de referência. Ademais, dada as relações de complementariedade produtiva e a possibilidade de substituição entre bens domésticos e importados, os desvios negativos dos preços internos reduziram as importações na economia, acumulando -0,28% em 2025. Com isso, a balança comercial apresentaria um desvio negativo até 2025, porém os termos de comércio reduziram. Esses resultados sugerem que a diferença dos efeitos das exportações e importações geraria uma poupança na economia, devido à necessidade de ajuste do superávit marginal na balança comercial. Os termos de comércio, definidos pela diferença entre o preço médio dos produtos exportados e dos importados, exibiriam efeitos negativos, reproduzindo a queda dos preços e custos internos na economia brasileira (Tabela 4).

Uma vez que o estoque de capital físico e o de conhecimento apresentam um movimento defasado de um ano em relação aos investimentos correntes, os setores produtivos ajustariam a folha de pagamento mais facilmente para se adequar à retração produtiva, uma vez que o fator trabalho é móvel intersetorialmente e a sua oferta é relativamente mais elástica. Assim, a queda da atividade econômica em ambas as simulações reduziria o emprego agregado abaixo do emprego tendencial no curto prazo, afetando negativamente o salário real no período vigente e posterior. A queda do salário real, que representa uma redução do custo por unidade produzida, passaria a estimular a demanda por trabalho na economia em períodos subsequentes. No final deste processo de ajustamento defasado no mercado de trabalho, entre o crescimento do salário real e a oferta de emprego nacional, o emprego nacional praticamente convergiria ao cenário de referência da economia

em 2025. Essa trajetória ocorreria tanto na ausência do financiamento público quanto na ineficiência produtiva das atividades demandantes de P&D (Tabela 4).

Pelas relações explícitas entre as funções de acumulação de capital e de alocação de investimentos, a queda da renda do capital afetaria negativamente a taxa de retorno esperada dos investimentos nos anos da política, desestimulando o volume investido para os anos subsequentes. Não obstante, na medida em que o capital desacula nos anos seguintes, a queda de oferta do estoque de capital físico e de conhecimento para dado requisito de produção elevaria a rentabilidade do capital, aumentando a taxa esperada de investimento. Os investimentos reagiriam positivamente por um movimento defasado, o que contribuiria para a acumulação de capital. Na sequência deste processo tem-se um contínuo arrefecimento das variações negativas dos investimentos e do capital até 2025. A inflexão da trajetória declinante dos investimentos e do capital ocorreria logo após o período das políticas simuladas. Por exemplo, a trajetória do estoque de conhecimento apresentaria uma inflexão no ano de 2018, um ano após a própria inflexão do investimento em P&D. Perante a especificação teórica entre capital e investimentos, a leve retomada da atividade econômica ocorreria principalmente mediante as contratações adicionais de trabalho em 2017. No longo prazo, o corte de financiamento público de investimentos de P&D e a perda de produtividade relacionada implicariam na redução de 3,79% do estoque de conhecimento em relação ao cenário de referência da economia. Contudo, os efeitos negativos repercutem indiretamente sobre a própria FBCF, pois com a queda dos requisitos de produção nos setores produtores de P&D, a renda do capital físico reduziria, minorando o volume de investimentos físicos nos anos de aplicação de política. De forma geral, atividades intensivas em capital enfrentariam maiores quedas de produção e de taxa de retorno esperada (Tabela 4 e Figura 3, Painel b).

Indústrias de média-alta e alta intensidade tecnológica seriam aquelas que mais retrairiam no longo prazo sem a contribuição pública em investimentos em P&D e pela relacionada perda de eficiência produtiva (Tabela 5). Por definição, são setores intensivos em capital físico e de conhecimento, absorvem as maiores parcelas de fomento público e se configuram como os mais importantes na base tecnológica do país (Tabela 2). Juntos, esses dois tipos de indústrias representaram no período analisado, em média anual, 15% do total de investimento em P&D e 34% do P&D privado no país (*vide* Tabela 2). O estoque de capital de conhecimento contrairia em mais de 20% em relação ao cenário de referência até 2025, cuja redução acompanharia a trajetória dos investimentos privados de P&D no período (Tabela 5). Conforme a Tabela 6, que apresenta as principais atividades setoriais intensivas em P&D, aponta que setores como Automóveis, caminhões e ônibus, Máquinas e equipamentos mecânicos, Peças e acessórios para veículos, Outros equipamentos de transporte e químicos em geral seriam aqueles com intensidade tecnológica média-alta e alta que mais apresentariam perdas no estoque de capital de conhecimento. As vendas internas e externas dessas atividades setoriais acompanhariam essa tendência negativa.

Em geral, atividades industriais e de serviços, intensivas em P&D e dependentes do fomento público, seriam aquelas que apresentariam maiores quedas de produção, de investimentos e estoque de capital, incluindo de formação de capital físico. A maior parcela desses efeitos negativos seria provocada pela perda de produtividade dos fatores, no curto e longo prazo. O setor agropecuário se beneficiaria pelo efeito deflacionário de custos provocado pelo corte da política de fomento público no curto prazo. Desconsiderando o efeito adverso sobre a PTF, a ausência do fomento público, ao penalizar as atividades industriais e de serviços, poderia promover certo movimento de primarização e especialização da economia no curto prazo. Em 2025, a retração do mercado interno e do externo afetariam negativamente todas as atividades setoriais do país, mesmo aquelas intensivas em trabalho (Figura 4, Painel a).

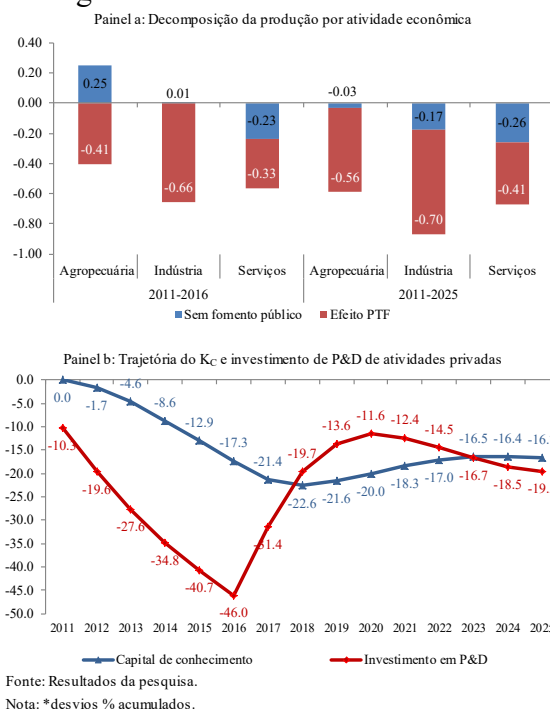
Nesse sentido, os setores intensivos em capital seriam os mais penalizados sem esse fomento público em P&D, pois o estoque de capital de conhecimento e físico apresentariam impactos mais adversos do que aqueles sobre o fator trabalho. Vale ressaltar que o efeito de aumento da produtividade do capital em P&D aumenta com o nível de tecnologia. Dessa forma, o resultado mostra que o P&D possui um impacto diferente entre os setores, o que deve ser levado em consideração na elaboração de políticas que viabilizem o fomento em P&D. No entanto, não é simples especificar quais medidas seriam mais apropriadas ao desenvolvimento de P&D por parte dos setores de maior intensidade tecnológica.

Tabela 5 – Efeitos sobre as atividades setoriais até 2025

Setores	Produção	Desvio acumulado (%)				Composição (%)			
		Investimento		Capital		Cenário base		Políticas	
		P&D	Físico	K _H	K _F	K _H	Inv. P&D	K _H	Inv. P&D
Agropecuária	-0.59	-	-0.81	-	-0.67	-	-	-	-
Indústria	-0.87	-22.43	-0.66	-19.76	-0.29	32.19	36.01	27.33	30.47
Baixa	-0.72	-26.17	-0.11	-24.70	0.09	2.09	2.25	1.65	1.78
Média-Baixa	-0.89	-12.95	-1.22	-12.20	-0.74	11.74	11.98	10.99	11.26
Média-Alta	-1.00	-27.10	-0.18	-22.67	0.40	14.90	17.53	11.82	13.95
Alta	-0.87	-25.82	1.14	-20.55	0.35	3.46	4.25	2.87	3.47
Serviços	-0.67	2.20	-0.87	2.66	-0.96	67.81	63.99	72.67	69.53
KIBS	-1.02	-17.61	-0.87	-13.08	-0.64	12.53	14.13	11.35	12.28
Outros serviços	-0.78	0.95	-0.83	-0.75	-0.99	3.51	3.92	3.70	4.22
Públicos	-0.11	8.78	-2.04	4.87	-0.63	51.77	45.95	57.62	53.02
% PIB						4.20	0.68	3.55	0.57

Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 4 – Indicadores selecionados*



Em virtude da redução da demanda e do aumento dos custos unitários de produção, a produção de P&D na economia brasileira diminuiria em 6,3% até 2025, apesar do crescimento do P&D público no período. Consequentemente, a taxa de intensidade de P&D (% PIB) na economia brasileira reduziria em quase 0,11 p.p. em relação ao cenário de referência no longo prazo, passando de 0,68% para 0,57%. A indústria perderia participação na composição setorial do estoque de capital, ou seja, uma queda de 5 p.p. no capital de conhecimento e 6 p.p. no investimento em P&D. Já os investimentos e produção de P&D público cresceriam em virtude do barateamento dos fatores primários nos custos da produção privada, permitindo criar unidades adicionais de capital de conhecimento (i.e., um desvio acumulado de 4,87% em 2025) (Tabela 5 e Figura 4, Painel b). Essas projeções setoriais sugerem que a falta do financiamento público em investimento de P&D privado tornaria o setor público ainda mais responsável pela produção da base tecnológica do país, em um cenário de trajetória declinante da taxa de intensidade de P&D. A educação pública seria uma das principais fontes de ampliação do estoque de conhecimento (i.e., um desvio acumulado de 4,7%), apesar de a economia brasileira ficar menos intensiva em P&D (Tabela 6). Esses resultados convergem com a assertiva de Pellens *et al.* (2018), cujos autores apontam que retrações econômicas modificariam sistemicamente a composição dos gastos públicos em P&D, levando a uma estratégia anticíclica dos setores privados de maior intensidade tecnológica.

Tabela 6 – Efeitos nos principais setores intensivos em P&D (2025)

Setores econômicos	Grupo	Produção	Exportação	Importação	Capital de conhecimento
Educação pública	Público	-0.3	-0.7	0.0	4.7
Adm. pública, defesa e seguridade social	Público	-0.1	-0.7	0.0	5.1
Serviços de arquitetura, engenharia e P & D	KIBS	-1.9	-2.0	1.0	-15.3
Refino de petróleo e coquerias	Média-baixa	-0.8	-0.7	-0.2	-10.0
Automóveis, caminhões e ônibus	Média-alta	-0.9	-0.8	0.2	-24.4
Saúde pública	Público	0.0	-0.7	0.0	5.1
Desenvolvimento de sistemas	KIBS	-0.7	-1.0	0.6	-21.9
Educação privada	OutService	-0.8	0.1	-0.6	4.7
Informática, eletrônicos e ópticos	Alta	-0.8	-0.6	-0.7	-17.1
Farmoquímicos e farmacêuticos	Alta	-1.1	-1.4	-0.5	-24.7
Telecomunicações	KIBS	-0.9	-0.5	0.1	-3.8
Produtos de limpeza e higiene pessoal	Média-alta	-1.1	-1.1	-0.4	-23.3
Máquinas e equipamentos mecânicos	Média-alta	-1.0	-0.6	-0.2	-24.4
Defensivos e químicos diversos	Média-alta	-0.9	-0.7	-0.4	-20.4
Outros equipamentos de transporte	Média-alta	-1.5	-1.6	-0.8	-35.6
Peças e acessórios para veículos	Média-alta	-0.9	-0.8	-0.6	-17.0
Produção de ferro-gusa e siderurgia	Média-baixa	-0.9	-0.5	-0.7	-11.6

Fonte: Restudados da pesquisa

Nota: Desvios acumulados (%); Os setores selecionados representam 90% do total dos investimentos em P&D.

5 Considerações finais

Este trabalho oferece contribuições acerca do papel do financiamento público em investimentos de P&D, avaliando quais seriam os principais efeitos econômicos sem essa forma de fomento público na economia brasileira. Mais precisamente, tendo em vista que o cenário de referência da economia brasileira já havia sido observado, procurou-se retirar plenamente os montantes do financiamento em P&D e averiguar os desvios sobre os principais indicadores macroeconômicos e dos principais grupos de setores. Os investimentos de P&D promovem ganhos de produtividade dos fatores de produção. Nesse sentido, a ausência da política de fomento pública também implica na perda de PTF na economia brasileira. Assim, a pesquisa procedeu-se a partir do desenvolvimento de uma estratégia empírica de integração de um modelo econométrico de dois estágios, que estimou a elasticidade da PTF em relação aos investimentos de P&D, a um modelo de equilíbrio geral dinâmico, especialmente capacitado para tratar das formas distintas de alocação setorial dos investimentos e da relação fluxo-estoque entre capital de conhecimento e investimento de P&D. Tal estratégia teve a vantagem de levar ao modelo EGC, em parte, os transbordamentos de inovação do P&D, algo que não captam de forma independente.

A avaliação quantitativa deste estudo evidencia que o corte da política de fomento público e a perda de eficiência produtiva levariam o país a ser menos intensivo em P&D, bem como o setor público seria ainda mais responsável e pressionado na produção do estoque de conhecimento do país. O papel da educação pública nesse quesito seria ainda maior na promoção de P&D no país perante um eventual corte do financiamento no orçamento público. Além disso, o corte do aporte público aos investimentos de P&D privado geraria, inclusive, efeitos indiretos e adversos na formação bruta de capital físico, tendo em vista a perda da rentabilidade do capital e da taxa de retorno dos investimentos entre 2011 e 2025. Haveria, em geral, uma diminuição do PIB (mercado interno e externo) e do nível de atividade dos setores industriais de alta e médio-alta intensidade tecnológica, justamente os mais dependentes do fomento público em P&D. Esse gravame cenário de redução da base tecnológica do país iria contra a tendência das principais economias mundiais, que buscam ampliar a intensidade de P&D perante a internacionalização avançada e fragmentação dos processos produtivos.

Referências

- Adams, J. D. (1990). Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth. *Journal of Political Economy*, 98(4), 673–702. <http://doi.org/10.1086/261702>
- Armington, P. S. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, 16(1), 159–178.
- Athreye, S., & Cantwell, J. (2007). Creating competition?. Globalisation and the emergence of new technology producers. *Research Policy*, 36(2), 209–226. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2006.11.002>
- Avellar, A. P. (2009). Impacto das políticas de fomento à inovação no Brasil sobre o gasto em atividades inovativas e em atividades de P&D das empresas. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 39(3), 629–649. <http://doi.org/10.1590/s0101-41612009000300007>
- Avellar, A. P. M., & Alves, P. F. (2008). Avaliação de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais à Inovação – Um Estudo Sobre os Efeitos do PDTI no Brasil. *Revista Economia - ANPEC*, 9(1), 143–164.
- Baltagi, B. H., & Wu, P. X. (2002). Unequally spaced panel data regressions with ar(1) disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814–823. <http://doi.org/10.1017/s0266466699156020>
- Betarelli Junior, A. A., & Domingues, E. P. (2014). Efeitos econômicos da proposta de redução tarifária sobre as operações domésticas de cabotagem no Brasil (2013-2025). *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 44(3), 663–710. Retrieved from <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3654>
- Bhargava, A., Franzini, L., & Narendranathan, W. (2006). Serial Correlation and the Fixed Effects Model. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 533–549. <http://doi.org/10.2307/2297285>
- Bor, Y. J., Chuang, Y. C., Lai, W. W., & Yang, C. M. (2010). A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan. *Economic Modelling*. <http://doi.org/10.1016/j.econmod.2009.08.007>
- Busom, I., & Fernández-Ribas, A. (2008). The impact of firm participation in R&D programmes on R&D partnerships. *Research Policy*, 37(2), 240–257. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2007.11.002>
- Bye, B., Faehn, T., & Gmfield, L. A. (2011). Growth and innovation policy in a small, open economy: Should you stimulate domestic R&D or exports? *B.E. Journal of Economic Analysis and Policy*, 11(1). <http://doi.org/10.2202/1935-1682.2601>
- Bye, B., Faehn, T., & Heggedal, T. R. (2009). Welfare and growth impacts of innovation policies in a small, open economy; an applied general equilibrium analysis. *Economic Modelling*, 26(5), 1075–1088. <http://doi.org/10.1016/j.econmod.2009.04.002>
- Coccia, M. (2009). What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth? *Technological Forecasting and Social Change*, 76(3), 433–446. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.02.008>
- Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859–887. [http://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](http://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E)
- Colecchia, A., & Schreyer, P. (2002). ICT investment and economic growth in the 1990s: Is the United States a unique case? *Review of Economic Dynamics*, 5(2), 408–442. <http://doi.org/10.1006/redy.2002.0170>
- Corrado, C., Haskel, J., & Jona-Lasinio, C. (2017). Knowledge Spillovers, ICT and Productivity Growth. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 79(4), 592–618. <http://doi.org/10.1111/obes.12171>
- Czarnitzki, D., Hanel, P., & Rosa, J. M. (2011). Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: A microeconomic study on Canadian firms. *Research Policy*, 40(2), 217–229. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.017>
- De Negri, F. (2012). Elementos para a análise da baixa inovatividade brasileira e o papel das políticas públicas. *Revista USP*, (93), 81–100. <http://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i93p81-100>
- Diao, X., Roe, T. L., & Yeldan, A. E. (1998). Fiscal debt management, accumulation and transitional dynamics in a CGE model for Turkey. *Canadian Journal of Development Studies*, 19(2), 343–375. <http://doi.org/10.1080/02255189.1998.9669754>
- Diao, X., Roe, T., & Yeldan, E. (1999). Strategic policies and growth: An applied model of R and D-driven endogenous growth. *Journal of Development Economics*, 60(2), 343–380. [http://doi.org/10.1016/S0304-3878\(99\)00044-9](http://doi.org/10.1016/S0304-3878(99)00044-9)
- Dixon, P. B., Parmenter, B. R., Sutton, J. M., & Vincent, D. P. (1982). *ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co.
- Dixon, P. B., & Rimmer, M. (2002). *Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: a practical guide and documentation of MONASH*. Amsterdam: Elsevier.
- Domingues, E. P., Magalhães, A. S., Betarelli Junior, A. A., Junior, T. S. C., & Santiago, S. (2014). The World Financial Crisis in Brazil: Industry and Regional Economic Impacts. *Journal of International Business and Economics*, 2(3), 57–94.
- Ghosh, M. (2007). R&D policies and endogenous growth: A dynamic general equilibrium analysis of the case for Canada. *Review of Development Economics*, 11(1), 187–203. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2007.00381.x>

- Griffith, R., Redding, S., & Van Reenen, J. (2004). Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries. *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 883–895. <http://doi.org/10.1162/0034653043125194>
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers, and growth. *European Economic Review*, 35(2–3), 517–526. [http://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90153-A](http://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90153-A)
- Hall, B., & Van Reenen, J. (2000). How effective are fiscal incentives for R&D? a review of the evidence. *Research Policy*, 29(4–5), 449–469. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00085-2](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00085-2)
- Hong, C., Yang, H., Hwang, W., & Lee, J. D. (2014). Validation of an R&D-based computable general equilibrium model. *Economic Modelling*, 42, 454–463. <http://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.07.014>
- IBGE. (2015a). *Formação Bruta de Capital Fixo: Sistema de Contas Nacionais – Brasil* (No. Nota Metodológica no 13). Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/Notas_Metodologicas_2010/13_formacao_bruta_capital_fixo.pdf
- IBGE. (2015b). *Pesquisa e Desenvolvimento: Sistema de Contas Nacionais – Brasil* (No. Nota Metodológica nº 16). Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/Notas_Metodologicas_2010/16_pesquisa_e_desenvolvimento.pdf
- IBGE. (2017). *Sistema de Contas Nacionais: Brasil: 2010-2015. Estatísticas do registro civil 2015*. Rio de Janeiro: IBGE. <http://doi.org/ISSN0101-4234>
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). (2017, October). Indicador Ipea trimestral de estoque de capital. Retrieved from http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2017/10/Estoque-de-capital_2017II.xlsx
- Jones, C. I. (1995). R & D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759–784. <http://doi.org/10.1086/262002>
- Jones, C. I., & Williams, J. C. (1998). Measuring the social return to R&D. *Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1119–1135. <http://doi.org/10.1162/003355398555856>
- Jr, K., Sergio, & Porto, G. (2012). *Incentivos Fiscais à Desenvolvimento e Inovação no Brasil: Uma avaliação das políticas Incentivos Fiscais à Pesquisa* (Desenvolvimento e Inovação no Brasil: Uma avaliação das políticas No. IDB-DP-236). Banco Interamericano de Desenvolvimento. Washington, United States: BID.
- Klein, L. R., & Rubin, H. (1947). A constant-utility index of the cost of living. *The Review of Economic Studies*, 15(2), 84–87. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/pdf/2295996.pdf>
- Krammer, S. M. S. (2014). Assessing the relative importance of multiple channels for embodied and disembodied technological spillovers. *Technological Forecasting and Social Change*, 81, 272–286. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.02.006>
- Lam, P. L., & Shiu, A. (2010). Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: Evidence around the world. *Telecommunications Policy*, 34(4), 185–199. <http://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.12.001>
- Los, B., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2015). How global are global value chains? A new approach to measure international fragmentation. *Journal of Regional Science*, 55(1), 66–92. <http://doi.org/10.1111/jors.12121>
- Mallidis, I., Dekker, R., & Vlachos, D. (2012). The impact of greening on supply chain design and cost: A case for a developing region. *Journal of Transport Geography*, 22, 118–128. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.007>
- Messa, A. (2015). Determinantes da produtividade na indústria brasileira. In L. R. (Organizadores). DE NEGRI, F.; CAVALCANTE (Ed.), *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes* (pp. 23–41). Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
- Miguez, T. de H. L. (2016). *Evolução da Formação Bruta de Capital Fixo na Economia Brasileira 2000-2013: Uma Análise Multissetorial com Base nas Matrizes de Absorção de Investimento (MAIs)*. Tese (Doutorado em Economia da Indústria e da Tecnologia), Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Miguez, T., & Freitas, F. (2019). *Matrizes de Absorção de Investimento: Proposta Metodológica para o SCN Ref. 2010* (No. Provisório, em elaboração). Rio de Janeiro: BNDES.
- Negri, F. De, Negri, J. A. De, & Lemos, M. B. (2009). Impactos do ADTEN e do FNDCT sobre o Desempenho e os Esforços Tecnológicos das Firms Industriais Brasileiras. *Revista Brasileira de Inovação*, 8(1), 211–254.
- Nishioka, S., & Ripoll, M. (2012). Productivity, trade and the R&D content of intermediate inputs. *European Economic Review*, 56(8), 1573–1592. <http://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2012.08.004>
- O'Mahony, M., & Vecchi, M. (2009). R&D, knowledge spillovers and company productivity performance. *Research Policy*, 38(1), 35–44. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2008.09.003>

- OECD. (2018). Gross domestic spending on R&D. <http://doi.org/10.1787/d8b068b4-en>
- Ortega-Argilés, R. (2013). 11 R&D, knowledge, economic growth and the transatlantic productivity gap. In F. Giaratani, G. J. D. Hewings, & P. McCann (Eds.), *Handbook of Industry Studies and Economic Geography* (p. 271). Massachusetts: Edward Elgar Publishing.
- Parente, S. L., & Prescott, E. C. (1999). Monopoly rights: A barrier to riches. *American Economic Review*, 89(5), 1216–1233. <http://doi.org/10.1257/aer.89.5.1216>
- Pellens, M., Peters, B., Hud, M., Rammer, C., & Licht, G. (2018). *Public Investment in R&D in Reaction to Economic Crises - A Longitudinal Study for OECD Countries* (ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper No. N. 18-005). SSRN. Mannheim, Germany: ZEW. <http://doi.org/10.2139/ssrn.3122254>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71–102. <http://doi.org/10.3386/w3210>
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 312–320. <http://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.7b02551>
- Taveira, J. G., Gonçalves, E., & Freguglia, R. D. S. (2019). The missing link between innovation and performance in Brazilian firms: a panel data approach. *Applied Economics*, 51(33). <http://doi.org/10.1080/00036846.2019.1584374>
- The World Trade Organization. (2011). World Trade Report – 2011- The WTO and preferential trade agreements: From co-existence to coherence. *World Trade Review*. <http://doi.org/10.1097/PCC.0b013e3182720473>
- Xu, B., & Wang, J. (2000). Trade, FDI, and international technology diffusion. *Journal of Economic Integration*, 15(4), 585–601. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23000438>

Apêndice A – Informações agregadas para o Método de Inventário Perpétuo

Anos	Investimento em capital físico (sem P&D)	Excedente operacional bruto	Estoque de capital físico	Taxa de retorno bruta	Inv_t / K_{t-1}	K_t / K_{t-1}
	Inv	EOB	K	EOB/K		
2009	287437,98	711742,45	3791125,73	0,188		
2010	336562,17	776375,32	3949847,29	0,197	0,089	0,042
2011	359806,16	805451,65	4124683,51	0,195	0,091	0,044
2012	364313,13	807115,62	4293916,97	0,188	0,088	0,041
2013	384834,81	835900,82	4476583,32	0,187	0,090	0,043
2014	372215,55	842511,82	4634552,47	0,182	0,083	0,035
2015	321029,22	801721,57	4731051,50	0,169	0,069	0,021
2016	281129,38	764646,60	4789284,04	0,160	0,059	0,012

Fonte:Elaboração própria a partir dos dados do IBGE (2018) e IPEA (2018).

Nota: valores em R\$ milhões a preço constante de 2010.