



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E GESTÃO  
DE POLÍTICAS PÚBLICAS - FACE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**JONATHAN MEIRELES DE AGUIAR**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR MILITAR E SUA RELAÇÃO COM O  
CRESCIMENTO ECONÔMICO**

**BRASÍLIA-DF  
DEZEMBRO/2018**

**JONATHAN MEIRELES DE AGUIAR**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR MILITAR E SUA RELAÇÃO COM O  
CRESCIMENTO ECONÔMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia de Defesa.

Orientador: Prof. Dr. José Carneiro da Cunha Oliveira Neto.

**BRASÍLIA-DF  
DEZEMBRO/2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

**JONATHAN MEIRELES DE AGUIAR**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR MILITAR E SUA RELAÇÃO COM O  
CRESCIMENTO ECONÔMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia, analisada pela Comissão Julgadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. José Carneiro da Cunha Oliveira Neto  
Professor Orientador

Prof. Dr. Roberto de Góes Ellery Júnior  
Departamento de Economia – FACE/UnB

Prof. Dr. Antonio Nascimento Junior  
Membro Externo – Departamento de Administração - FACE/UnB

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela inspiração necessária para a conclusão desta Dissertação.

Agradeço a meus pais, Alzira e Valdemar, e minha irmã, Rosilene, por todo o apoio dado nesse período de mestrado.

Agradeço à minha namorada, Daiane, pelo carinho, pelas palavras e pela força depositada em mim para concluir com êxito esse mestrado.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. José Carneiro da Cunha Oliveira Neto, pelo importante auxílio em todas etapas de elaboração deste trabalho.

E, finalmente, agradeço ao Prof. Dr. Roberto de Góes Ellery Júnior e ao Prof. Dr. Antonio Nascimento Junior pelo interesse de ambos em participar da banca examinadora.

## RESUMO

Entender as causas do crescimento econômico é fundamental para explicar o aumento contínuo da produção agregada. Nesse contexto, há um consenso entre os principais modelos de crescimento de que o progresso tecnológico seja o fator essencial para consolidar um crescimento econômico sustentado. Tais modelos sugerem, em última instância, que a taxa de crescimento econômico de longo prazo é determinada essencialmente pela taxa de progresso tecnológico, que, por sua vez, tende a ser impulsionada, em grande parte, por investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Dentro desse arcabouço teórico, outros estudos, ligados à área de Economia de Defesa, enfatizam também a influência dos investimentos militares em P&D nas economias ao redor do mundo, especialmente após o início da 2ª Guerra Mundial. Baseado nessas premissas teóricas, este trabalho pretende identificar e avaliar os prováveis impactos indiretos dos gastos em P&D militar sobre o crescimento dos países observados (dentre os quais se inclui o Brasil), através de *spin-offs* (transferências de tecnologia) e de *crowding-outs* (retrações tecnológicas) no setor civil. Para tal, inicialmente, o capítulo 1 abordará os modelos basilares de crescimento econômico de Solow (1956), Lucas (1988) e Romer (1990). Em seguida, o capítulo 2 explicitará as principais contribuições teóricas, modelos econométricos, conceitos e fatos históricos relacionados a possíveis efeitos dos investimentos em P&D militar sobre o crescimento econômico dos países. Finalmente, o capítulo 3 discorrerá sobre os dados de variáveis relativas à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (associada ao número de patentes) e ao crescimento econômico em uma amostra de países que inclui o Brasil, entre 2003 e 2015, a fim de analisar teórica e empiricamente os possíveis impactos indiretos dos gastos em P&D militar sobre o crescimento econômico dos países observados, através da criação de patentes. Com isso, verificou-se que as argumentações apresentadas, apesar de não serem taxativas, demonstraram claramente os aspectos e a intensidade dos efeitos econômicos dos investimentos em P&D militar nos países amostrados (inclusive no Brasil). Dessa forma, espera-se que esta Dissertação contribua para a maior difusão e aperfeiçoamento do estudo da Economia de Defesa no Brasil, subsidiando possíveis políticas públicas referentes à P&D militar no País.

**Palavras-chave:** Economia de Defesa, P&D militar, patentes, progresso tecnológico, crescimento econômico, *spin-offs* e *crowding-outs*.

## ABSTRACT

Understanding the causes of economic growth is key to explaining the continuous increase in aggregate production. In this context, there is a consensus among the main growth models that technological progress is the essential factor to consolidate an uninterrupted economic growth. These models ultimately suggest that the long-term economic growth rate is determined by the rate of technological progress, which, in turn, tends to be driven largely by research and development (R&D) investments. Within this theoretical framework, other studies, related to Defense Economics also emphasizes the influence of military investments in R&D on economies around the world, especially after the beginning of World War II. Based on these theoretical premises, this master thesis intends to identify and evaluate the probable indirect impacts of expenditures on military R&D on the growth of the observed countries (including Brazil), through spin-offs (technology transfers) and crowding-outs (technological retractions) in the civil sector. In order to do so, initially, chapter 1 will approach the basic models of economic growth of Solow (1956), Lucas (1988) and Romer (1990). Next, chapter 2 will explain the main theoretical contributions, econometric models, concepts and historical facts related to possible effects of military R&D investments on the economic growth of countries. Finally, chapter 3 will discuss about data of variables related to R&D, military R&D, technological production (associated with the number of patents) and to economic growth in a sample of countries that includes Brazil, between 2003 and 2015, in order to analyze theoretically and empirically the possible indirect impacts of military R&D spending on the economic growth of the countries observed, through the creation of patents. Therefore, it was verified that the arguments presented, although not exhaustive, clearly demonstrated the aspects and the intensity of the economic effects of military R&D investments in the countries sampled (including Brazil). Thus, it is expected that this thesis contribute to a greater diffusion and betterment of the study of Defense Economics in Brazil, subsidizing possible public policies regarding military R&D in the country.

**Keywords:** Defense Economics, Military R&D, patents, technological progress, economic growth, spin-offs and crowding-outs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gastos em P&D como percentual do PIB nos EUA	56
Figura 2 – Representação do modelo econométrico proposto por Malik	64
Figura 3 – Evolução dos gastos militares mundiais (1988-2017)	72
Figura 4 – Comparativo de gastos em P&D entre países selecionados da OCDE – em % do PIB (1995-2015)	75
Figura 5 – Composição de gastos em P&D por setor nos países da OCDE (1995-2016)	76
Figura 6 – Evolução dos pedidos totais de patentes no mundo (2000-2015)	80
Figura 7 – Evolução das concessões totais de patentes no mundo (2000-2015)	81

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico do modelo de Solow com progresso tecnológico	20
Gráfico 2 – Efeitos do aumento da taxa de investimentos no modelo	22
Gráfico 3 – Dinâmica de transição do aumento da taxa de investimentos no modelo	23
Gráfico 4 –Efeito do aumento da taxa de investimentos sobre a taxa de crescimento ao longo do tempo	24
Gráfico 5 – Gráfico do modelo de Lucas – condição de equilíbrio	29
Gráfico 6 – Efeito do aumento da parcela de trabalhadores de P&D sobre o progresso tecnológico	35
Gráfico 7 – Efeito do aumento da participação do setor de P&D sobre os níveis de tecnologia e renda	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Ranking</i> dos gastos militares nos 15 países mais representativos em 2017	73
Tabela 2 – Principais resultados dos modelos estimados	91

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
C&T	Ciência e tecnologia
CIA	Critério de Informação de Akaike
DFA	<i>Dickey-Fuller</i> aumentado
EPO	<i>European Patent Office</i>
EUA	Estados Unidos da América
IME	Instituto Militar de Engenharia
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
JPO	<i>Japan Patent Office</i>
JB	Jarque-Bera
KIPO	<i>Korean Intellectual Property Office</i>
MELNT	Melhor estimador linear não tendencioso
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MQO	Mínimos quadrados ordinários
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMPI	Organização Mundial da Propriedade Intelectual
PCT (sigla em inglês)	Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PP	<i>Phillips-Perron</i>
PPC	Paridade do poder de compra
SIPRI	<i>Stockholm International Peace Research Institute</i>
SIPO	<i>State Intellectual Property Office of the People's Republic of China</i>
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SQR	Soma dos Quadrados dos Resíduos
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USPTO (sigla em inglês)	Escritório Americano de Marcas e Patentes

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1 MODELOS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO .....</b>	<b>17</b>
1.1 MODELOS DE CRESCIMENTO EXÓGENO.....	17
1.2 MODELOS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO.....	25
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE P&amp;D MILITAR E SEUS EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO:.....</b>	<b>44</b>
2.1 ARGUMENTOS TEÓRICOS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE P&D MILITAR E CRESCIMENTO	44
2.2 FATOS HISTÓRICOS E CONCEITOS ENVOLVENDO P&D MILITAR E CRESCIMENTO .....	65
<b>3 INVESTIMENTOS EM P&amp;D MILITAR E IMPACTOS SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO:.....</b>	<b>71</b>
3.1 DADOS HISTÓRICOS SOBRE PATENTES, INVESTIMENTOS EM P&D MILITAR E CRESCIMENTO EM PAÍSES SELECIONADOS .....	71
3.2 ESTIMAÇÕES E RESULTADOS OBTIDOS DA RELAÇÃO ENTRE P&D MILITAR, PATENTES E CRESCIMENTO NOS PAÍSES SELECIONADOS .....	84
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A - TABELAS DE DADOS REFERENTES A GASTOS MILITARES, P&amp;D, P&amp;D MILITAR, PATENTES E CRESCIMENTO ECONÔMICO.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE B – TESTES DE ESTACIONARIEDADE (OU DE RAIZ UNITÁRIA) EM RELAÇÃO ÀS SÉRIES DE TEMPO DAS VARIÁVEIS DO MODELO.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE C – RESULTADOS DO MODELO GERAL DE REGRESSÃO DE DADOS EM PAINEL COM TRÊS DEFASAGENS ANUAIS NAS PRIMEIRAS DIFERENÇAS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES INVPRIV_P&amp;D, INVMIL_P&amp;D, INVPÚBL_P&amp;D....</b>	<b>132</b>

**APÊNDICE D – RESULTADOS DOS MODELOS ESPECÍFICOS COM UMA DEFASAGEM ANUAL NAS PRIMEIRAS DIFERENÇAS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES INVPRIV\_P&D, INVMIL\_P&D, INVPÚBL\_P&D ..... 133**

**APÊNDICE E – TESTE DE HAUSMAN (COMPARATIVO ENTRE OS MODELOS DE EFEITOS FIXOS E ALEATÓRIOS) ..... 138**

## INTRODUÇÃO

Ao examinar o desempenho da atividade econômica de longo prazo, entender as causas do crescimento econômico torna-se fundamental para explicar o aumento contínuo da produção/renda agregada.

Em alusão às publicações de Robert Solow (1956), um dos estudos pioneiros no assunto, aponta-se a acumulação de capital físico e o progresso tecnológico como os dois principais fatores de geração de crescimento, sendo o primeiro uma fonte de crescimento imediato, o qual não se perpetuaria ao longo do tempo, e o segundo, responsável por um crescimento sustentado.

Nesse contexto, há um consenso teórico entre os principais modelos de crescimento<sup>1</sup> de que o progresso tecnológico seja o fator essencial para consolidar um crescimento econômico perene e sustentado, independente do país a ser considerado. Com isso, esses modelos sugerem, em última instância, que a taxa de crescimento econômico de longo prazo é determinada essencialmente pela taxa de progresso tecnológico, que, por sua vez, tende a ser impulsionada de forma predominante pelos montantes de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Dentro desse arcabouço teórico, no qual os gastos em P&D estão inseridos e são tidos como um vetor fundamental para o progresso tecnológico e, conseqüentemente, para o crescimento sustentado do produto, outros estudos<sup>2</sup>, ligados à área de Economia de Defesa, enfatizam também a influência dos gastos militares em P&D nas economias mundiais, especialmente após o início da Segunda Guerra Mundial.

Através de premissas teóricas e modelos econômicos (e/ou econométricos), tais estudos se propõem a analisar e a atestar possíveis relações existentes entre investimentos em P&D militar e crescimento, demonstrando empirica e economicamente eventuais benefícios diretos e indiretos (através, por exemplo, da produção de patentes) dos gastos militares em P&D para toda a cadeia de produção industrial e, por conseguinte, para a melhoria do produto agregado. A partir disso, os investimentos em P&D militar passam a ser tratados como um fator relevante para a incorporação de novas tecnologias e, conseqüentemente, para o crescimento econômico dos países.

---

<sup>1</sup> Faz referência aos modelos de crescimento econômico de Solow (1956), de Robert Lucas (1988) e de Paul Romer (1990).

<sup>2</sup> Tais estudos fazem menção principalmente aos modelos de Deger e Smith (1983), de Deger (1986a e 1986b), de Feder (1983), de Biswas e Ram (1986), e, mais recentemente, aos modelos de Anyanwu e Chakrabarti (1993), de Derouen e Heo (2001) e de Malik (2018).

Feita essa breve contextualização teórica, cabe reforçar também as justificativas dessa pesquisa e os principais objetivos deste trabalho.

O campo da Economia de Defesa se apresenta como uma aplicação da teoria e dos modelos econômicos no estudo de temas envolvendo, simultaneamente, o setor de defesa e as Ciências Econômicas, a exemplo da relação entre investimentos militares em P&D e crescimento econômico.

Nesse sentido, apesar do aumento do interesse por aquele campo de estudo desde o advento da 2ª Guerra Mundial, a Economia de Defesa ainda é pouco explorada no Brasil pelos economistas. Diante disso, essa área carece de novas pesquisas que mapeiem de forma mais clara as características econômicas do setor de defesa no País, sobretudo na questão dos gastos em P&D militar e de suas implicações nos avanços tecnológicos e no crescimento produtivo, tema central deste trabalho.

Considerando tais justificativas de pesquisa, o objetivo central dessa Dissertação será identificar e avaliar os eventuais impactos dos gastos em P&D militar sobre o crescimento de países selecionados (incluindo o Brasil), a partir de duas hipóteses: Uma é a de que o gasto em P&D militar pode influenciar direta e positivamente a produtividade tecnológica (mensurada pelo número de patentes produzidas) e, por sua vez, influenciar de forma indireta e positiva, a taxa de crescimento econômico por meio de *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar o valor tecnológico das patentes às produções civis. A outra é a alternativa de que os investimentos em P&D na área de defesa pode causar indiretamente um “efeito-distorção” negativo no desempenho econômico, como resultado de um *crowding-out* na produção tecnológica (de patentes) como um todo.

Para o cumprimento desse objetivo principal, inicialmente, o capítulo 1 abordará os modelos basilares de crescimento econômico, tais como o modelo de Solow (1956), sob a ótica do crescimento exógeno, e, logo após, os modelos de Lucas (1988) e de Romer (1990), pelo lado do crescimento endógeno, modelos esses que são essenciais para o entendimento geral das principais causas do crescimento econômico e do papel do progresso tecnológico e da P&D nesse sentido.

Em seguida, mediante o capítulo 2, serão explicitadas as principais contribuições teóricas, modelos econométricos, conceitos e fatos históricos que envolvem os possíveis impactos dos investimentos em P&D no setor militar sobre o crescimento econômico dos países, de forma a relacionar dispêndios em P&D militar, progresso tecnológico e crescimento econômico, assim

como caracterizar o modo pelo qual tais impactos teriam sido, de fato, evidentes no decorrer dos anos, sobretudo após o início da 2ª Guerra Mundial. Nesse caso, serão considerados, fundamentalmente, os modelos teóricos (e/ou econométricos) de: Deger (1986a e 1986b), Feder (1983), Biswas e Ram (1986), Anyanwu e Chakrabarti (1993), Derouen e Heo (2001), de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008) e de Malik (2018).

Por fim, o capítulo terceiro e final deste trabalho irá, em um primeiro momento, apresentar e esclarecer os dados históricos das principais variáveis associadas à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (associada ao número de patentes) e ao crescimento econômico em uma amostra de países (incluindo o Brasil), entre 2003 e 2015.

Posteriormente, a partir do levantamento e da compilação daqueles dados, serão assim estimados os modelos econométricos aplicáveis e revisitados os modelos teóricos mais relevantes, expostos nos dois capítulos anteriores, com o intuito de avaliar empirica e teoricamente os possíveis de efeitos indiretos dos gastos em P&D militar nas taxas de crescimento econômico dos países observados, sob a ótica de *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar valor tecnológico às produções civis (através da produção de patentes) e de *crowding-outs*, ao reduzir o valor tecnológico das produções civis (com a queda da produção de patentes).

Ao final desta Dissertação, espera-se, de imediato, que as argumentações teóricas e empíricas apresentadas, apesar de não serem taxativas, sejam pontos de vista que demonstrem de forma clara os prováveis aspectos e a intensidade dos efeitos econômicos dos investimentos militares em P&D em uma amostra de países que inclui o Brasil. Por sua vez, almeja-se, no médio e longo prazo, que este trabalho também contribua para a maior difusão e aperfeiçoamento do campo da Economia de Defesa no Brasil, subsidiando políticas públicas favoráveis à P&D militar no País.

## **1 MODELOS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO**

Durante os séculos XVIII e XIX, economistas clássicos como Adam Smith, Thomas Malthus e David Ricardo esboçaram as primeiras discussões teóricas sobre crescimento econômico, contudo sem formalizar qualquer modelo teórico de crescimento propriamente dito.

Tal formalização teórica só veio a ocorrer, de fato, nos anos 1930 e 1940, a partir dos modelos de Harrod (1939) e de Domar (1946) e, posteriormente, nos anos 1950, por meio das publicações de Solow (1956). De um modo geral, esses modelos trariam a ideia do crescimento exógeno.

Logo após, nos anos 1980 e início dos anos 1990, com o intuito de trazer uma explicação para o crescimento distinta das obtidas em abordagens anteriores, foram concebidos novos modelos (chamados de modelos de crescimento endógeno), cujos principais expoentes foram os trabalhos de Lucas (1988) e de Romer (1990).

Dessa forma, os modelos de crescimento supracitados podem ser classificados, essencialmente, como endógenos e exógenos, conforme a inserção ou não da tecnologia, respectivamente, como fator de explicação dos modelos.

Com a difusão desses modelos, os resultados dos mesmos tornaram-se relevantes para indicar as prováveis causas do aumento contínuo da produção/renda agregada e, especialmente, para fundamentar o progresso tecnológico (em que a P&D está inserida) e a relação deste com o crescimento econômico.

Nos tópicos a seguir deste capítulo, serão abordados, primeiramente, o modelo de Solow (1956), pelo lado do crescimento exógeno, e, depois, os modelos de Lucas (1988) e de Romer (1990), no contexto do crescimento endógeno.

### **1.1 MODELOS DE CRESCIMENTO EXÓGENO**

Os modelos de crescimento exógeno são representados principalmente pelo trabalho de Solow (1956), o qual considerou o progresso tecnológico como uma variável fundamental para explicar o crescimento econômico sustentado. Entretanto, esse mesmo progresso tecnológico seria dado de forma exógena a tais modelos, não sendo, por si só, explicado por estes, uma vez que a tecnologia seria um bem livremente disponível a todos, comportando-se como um bem público.

Nesse sentido, tendo em vista que a explicação para o crescimento econômico sustentado se encontra mais clara com a presença do progresso tecnológico e que tal explicação trará melhores subsídios para as abordagens posteriores sobre as relações entre P&D militar e crescimento, o foco deste item estará na versão do modelo de Solow com tecnologia.

Assim, com base em Blanchard (2007, pp. 236-237), Helpman (2004, pp. 9-13), Jones e Vollrath (2015, pp. 12-23), Oreiro (1999, p. 41 e p. 51), Solow (1956, p. 66), Souza (2005, p. 3) e Sala-i-Martin (1994, pp. 22-28), serão analisadas, em sequência, as principais hipóteses, equações e resultados do modelo de Solow com progresso tecnológico.

#### *Modelo de Solow:*

O modelo de crescimento de Solow (1956) é tido como uma base teórica essencial e pioneira para as construções de novos modelos neoclássicos de crescimento. Por sua vez, esse modelo também seria o primeiro a utilizar uma função de produção para explicar o crescimento econômico de longo prazo, função essa caracterizada por retornos constantes de escala<sup>3</sup> (ELLERY JR & FERREIRA, 1996).

Nesse contexto, a acumulação de capital físico e o progresso tecnológico seriam considerados as duas principais forças geradoras de crescimento, sendo a primeira uma fonte de crescimento imediato e a segunda, de crescimento sustentado. Ressalta-se, contudo, que tal progresso tecnológico se daria de maneira exógena, isto é, não seria explicável pelo modelo teórico, comportando-se como um bem público, livremente disponível a todos os países.

Com base nessas premissas iniciais, considerando ainda uma economia de concorrência perfeita que produz apenas um bem e tem como insumos o capital (K) e o trabalho (L), o modelo de Solow com progresso tecnológico foi estruturado a partir da seguinte função de produção:

$$Y = K^{\alpha}(AL)^{\beta}, \quad (1)$$

onde:

---

<sup>3</sup> “Retornos constantes de escala” remetem à ideia de que, ao multiplicar os fatores de produção utilizados (Ex.: capital e trabalho) por um fator t, ocorre um aumento proporcional do nível de produção. Assim, se todos os insumos forem duplicados, a produção também dobrará, de forma que  $F(2K, 2L) = 2Y$ . Nesse caso, se a produção gerada fosse menor (maior) que o dobro dos insumos, teríamos retornos decrescentes (crescentes) de escala (JONES & VOLLRATH, 2015).

“A” seria um parâmetro/coeficiente de eficiência do fator de produção “trabalho” (OREIRO, 1999), que, por sua vez, indicaria também o nível tecnológico ou a produtividade da mão-de-obra (ELLERY JR & FERREIRA, 1996).

A partir da função de produção imediatamente acima, Solow reduziu-a em termos de capital por trabalhador eficiente ( $\tilde{k}$ ), cuja representação pode se dar através da seguinte função de produção simplificada:

$$\tilde{y} = \tilde{k}^\alpha, \quad (2)$$

onde:

“ $\tilde{y}$ ” =  $Y/AL$  (quociente entre produto por trabalhador ( $Y / L = y$ ) e tecnologia)

“ $\tilde{k}$ ” =  $K/AL$  (razão entre capital por trabalhador e tecnologia ou razão capital-tecnologia); e

“ $\alpha$ ” = grau de utilização de  $\tilde{k}$ , indicando se os retornos de escala da função seriam crescentes, constantes ou decrescentes (no caso do modelo de Solow, pressupõem-se retornos constantes de escala).

Baseado na equação (2), Solow indicou que haveria uma ideia básica de equilíbrio estável por trás desse modelo, de modo que a taxa de variação do estoque de capital ( $\Delta K / K$ ) seria necessariamente igual à taxa de progresso tecnológico ( $g$ ) mais a taxa natural de crescimento populacional ( $n$ ), isto é, “ $\Delta K / K = n + g$ ” ou “ $\Delta K = (n + g)K$ ”. Sendo assim, qualquer variação superior de estoque de capital deveria ser contrabalançada por um somatório maior das duas taxas ( $n + g$ ).

Reproduzindo esse mesmo resultado (“ $\Delta K = (n + g)K$ ”) em termos de capital por trabalhador eficiente ( $\Delta K / AL$ ), verificou-se que  $\Delta K / AL$  seria igual a  $(s\tilde{y} - d\tilde{k})$ , em que “ $s\tilde{y}$ ” = poupança/investimento bruto por trabalhador eficiente e “ $d\tilde{k}$ ” = depreciação do capital fixo por trabalhador eficiente. Assim, considerando que “ $\Delta k / k = (\Delta K / K) - n$ ” e dividindo-se (3) por  $AL$ ,  $\Delta K / AL$  passaria a ser igual “ $\Delta\tilde{k} + (n + g)\tilde{k}$ ”. Dessa forma, foi obtida a seguinte equação fundamental do modelo de Solow com tecnologia:

$$\Delta\tilde{k} = s\tilde{y} - (n + d + g)\tilde{k} \quad (3)$$

A equação (3) acima traz como sua principal implicação a hipótese de que  $\Delta\tilde{k}$  seria nulo no estado de equilíbrio de longo prazo e, por conseguinte, a poupança *per capita* eficiente deveria ser igual à ampliação de capital por trabalhador eficiente  $[(n + d + g)\tilde{k}]$ , sendo  $K / L$  constante. Isso significa que esse montante de poupança/investimento *per capita* eficiente seria capaz de

compensar o crescimento da população ( $n$ ), da taxa de progresso tecnológico ( $g$ ) e da depreciação ( $d$ ).

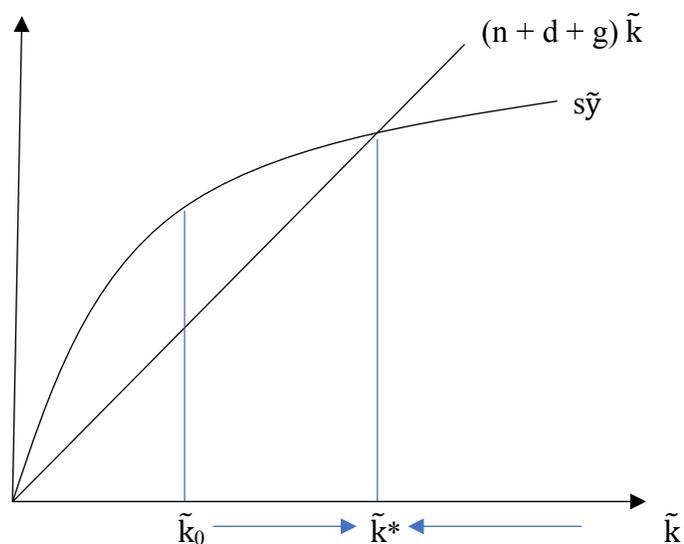
Ademais, tal estado de equilíbrio ainda denota que, no longo prazo, as taxas de crescimento do produto e do capital *per capita* eficientes seriam constantes e, em decorrência dos rendimentos decrescentes do capital *per capita* eficiente ( $\tilde{k}$ ), essas taxas de variação tenderiam a zero, isto é,  $\Delta\tilde{k} = \Delta\tilde{y} = 0$ .

Nesse contexto, observa-se também que esse estado de equilíbrio poderia ser atingido após uma série de ajustes na razão capital-tecnologia ( $\tilde{k}$ ) a fim de que o investimento/poupança *per capita* eficiente ( $s\tilde{y}$ ) fosse o necessário para manter essa razão constante. Assim, se “ $s\tilde{y}$ ” estivesse acima do ideal para que “ $\tilde{k}$ ” se mantivesse constante,  $\tilde{k}$  aumentaria ao longo do tempo até o momento em que  $\tilde{k}$  se igualasse a  $\tilde{k}^*$  (em estado de equilíbrio). Esse fenômeno seria chamado de aprofundamento de capital.

Por outro lado, se a razão capital-tecnologia inicial fosse maior que  $\tilde{k}^*$ , a quantidade de investimento/poupança *per capita* eficiente seria insuficiente para manter “ $\tilde{k}$ ” constante. Dessa forma, o volume de  $\tilde{k}$  seria reduzido até atingir o nível de  $\tilde{k}^*$ , ou seja, ocorreria um alargamento de capital.

O gráfico abaixo, o qual se baseou na equação (3), demonstra como se dariam tais ajustes com o intuito de alcançar o estado estacionário da economia ou uma trajetória de crescimento equilibrado:

Gráfico 1 – Gráfico do modelo de Solow com progresso tecnológico.



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

Desse modo, a partir da equação (3) e considerando  $\Delta\tilde{k} = 0$ , o valor de  $\tilde{k}$  em estado de equilíbrio de longo prazo se daria pela seguinte expressão:

$$\tilde{k}^* = \left[ \frac{s}{(n + g + d)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (4)$$

Ao obter  $\tilde{k}^*$ , também é possível calcular  $\tilde{y}^*$  substituindo  $\tilde{k}$  na função de produção indicada em (2) pela expressão imediatamente acima (4), de maneira que  $\tilde{y}^*$  seria determinado da seguinte forma:

$$\tilde{y}^* = \left[ \frac{s}{(n + g + d)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (5)$$

Em termos de produto *per capita* e em função do tempo (t), a expressão (5) poderia ser reescrita conforme a equação abaixo:

$$y^* = A(t) \left[ \frac{s}{(n + g + d)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (6)$$

A partir da expressão acima (6), verifica-se que o produto por trabalhador numa trajetória de crescimento equilibrado resultaria do nível de tecnologia e das taxas de progresso tecnológico, de poupança/ investimento e de crescimento da população ao longo do tempo.

Entretanto, dentre esses principais fatores relacionados ao crescimento do produto *per capita* (“s”, “n”, “d” e “g”), somente a taxa de progresso tecnológico “g” poderia ser capaz de trazer acréscimos contínuos na renda *per capita* e, conseqüentemente, na poupança *per capita*, através de deslocamentos da curva da função de produção.

Caso não houvesse progresso tecnológico ( $g = 0$ ), o nível de renda *per capita* aumentaria apenas temporariamente, até o ajustamento da economia a uma nova situação de equilíbrio estável, em que o produto por trabalhador pararia de crescer e se tornaria estável, mesmo com um maior volume de capital *per capita*. Tal ajustamento ocorreria em função dos retornos marginais decrescentes deste fator de produção (capital).

Porém, caso houvesse progresso tecnológico ( $g > 0$ ), no longo prazo, poderia ocorrer uma mudança permanente do nível de renda, o qual se estabilizaria num patamar superior ao período inicial de referência. Isso porque, devido aos rendimentos decrescentes de  $\tilde{k}$ , a taxa de crescimento

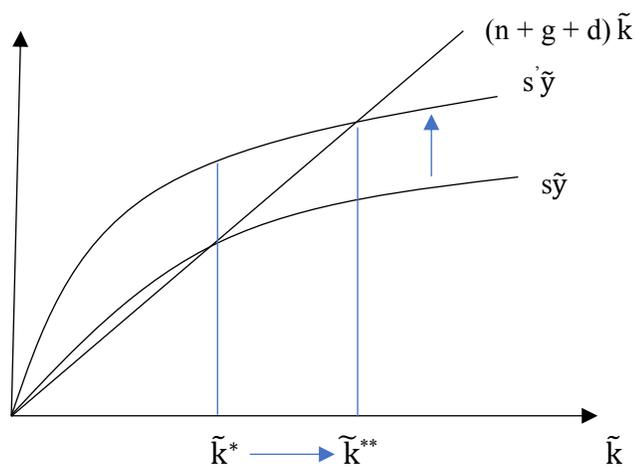
de  $\tilde{k}$  ( $\Delta\tilde{k}$ ) e, por conseguinte, do produto *per capita* eficiente se manteriam constantes e iguais a “g”.

Diante de tais resultados, o modelo de Solow com tecnologia reforçaria a ideia de que o progresso tecnológico seria o fator essencial para o crescimento econômico *per capita* sustentado e aquele seria dado exogenamente, a partir de uma taxa “g” constante.

Nesse sentido, foi ressaltado que, em última instância, a taxa de crescimento econômico por trabalhador seria determinada pela taxa de progresso tecnológico que, por sua vez, seria provocada e intensificada, em sua maior parte, pelos resultados dos investimentos em P&D.

Sobre esses últimos investimentos e outros, de modo geral, Solow simulou como seriam os resultados do seu modelo caso ocorresse um aumento da taxa de investimentos ( $s'$ ) provocado, por exemplo, por um subsídio permanente a investimentos destinados a uma área específica, como a de P&D. Os efeitos dessa mudança podem ser representados da seguinte forma:

Gráfico 2 – Efeitos do aumento da taxa de investimentos no modelo.



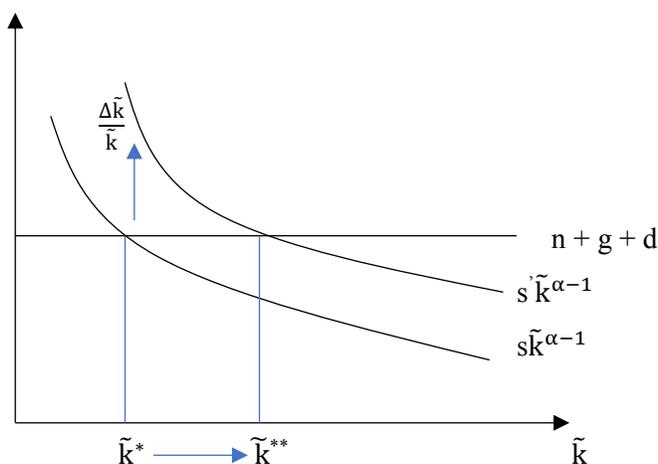
Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

Assim, com base no gráfico (2) acima, dada uma razão capital-tecnologia inicial ( $\tilde{k}^*$ ), os investimentos passariam a ser maiores que o volume necessário para sustentar uma quantidade de  $\tilde{k}$  constante, de forma que  $\tilde{k}$  passaria também a crescer até um nível suficiente para suprir tal volume de investimentos realizados. Assim, essa economia se situaria em um novo estado estacionário em que a razão capital-tecnologia seria constante.

Com relação aos efeitos desse aumento da taxa de investimentos ( $s'$ ) sobre a taxa de crescimento do capital e do produto *per capita* eficiente, verificou-se que essas últimas taxas se

elevariam apenas de forma temporária, até o momento em que a economia alcançasse o novo estado estacionário (quando o nível de  $\tilde{k}$  estiver em  $\tilde{k}^{**}$ ), visto que os rendimentos marginais do fator capital seriam cada vez menores. Portanto, no novo estado de equilíbrio, considerando também a existência de progresso tecnológico ( $g$ ), tanto  $\Delta\tilde{k}$  quanto  $\Delta\tilde{y}$  tenderiam a “ $g$ ”. Essa dinâmica de transição seria demonstrada conforme o gráfico abaixo:

Gráfico 3 – Dinâmica de transição do aumento da taxa de investimentos no modelo.

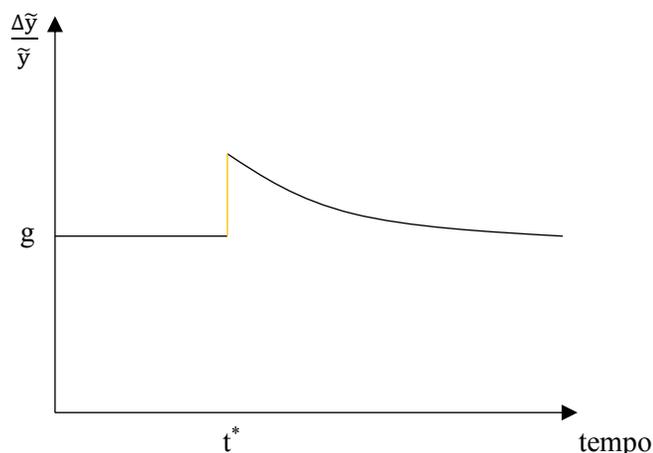


Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

Por sua vez, durante esse período de transição para o novo estado estacionário, observou-se ainda que, nesse modelo, mesmo considerando uma taxa de progresso tecnológico ( $g$ ) constante, um maior crescimento do nível de capital *per capita* eficiente traria, como consequência, uma taxa de crescimento de  $\tilde{y}$  maior que  $g$ . No entanto, quando  $\tilde{k}$  e  $\tilde{y}$  alcançassem o novo estado de equilíbrio, a taxa de crescimento do produto *per capita* eficiente voltaria a ser igual à taxa de progresso tecnológico constante, a qual seria a sua taxa de longo prazo.

Dessa forma, tendo em vista esse aumento da taxa de investimentos na economia, a evolução da taxa de crescimento de  $\tilde{y}$  ao longo do tempo pode ser visualizada da seguinte maneira:

Gráfico 4 – Efeito do aumento da taxa de investimentos sobre a taxa de crescimento ao longo do tempo.



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

Diante dessa dinâmica de transição apresentada por Solow, supondo uma política de subsídios ao aumento da taxa de investimentos em uma economia, depreende-se que esse modelo não conseguiu explicar o aumento da taxa de crescimento da renda *per capita* no equilíbrio de longo prazo, uma vez que essa taxa seria dada como constante e igual à taxa de progresso tecnológico. Assim, tais políticas econômicas não causariam efeito algum na taxa de crescimento econômico no longo prazo. Ao contrário disso, esses incentivos teriam implicações apenas no nível da renda, de modo que este poderia aumentar permanentemente, em resposta àqueles subsídios.

Assim, apesar da relevância do modelo de Solow como uma abordagem pioneira sobre a importância do progresso tecnológico (no qual a P&D está inserida) no crescimento econômico, tal estudo apresentava limites os quais precisariam ser superados, dentre eles o que diz respeito ao paradigma em relação à exogeneidade da tecnologia, pois as causalidades desta eram consideradas até então como alheias aos modelos de crescimento.

Por sua vez, essa mesma tecnologia ainda seria entendida como um bem público, o que levaria Solow a concluir que todos os países teriam acesso livre aos mesmos níveis de tecnologia, de forma que as taxas de progresso tecnológico e de crescimento da renda *per capita* nesses países seriam iguais e constantes no longo prazo (LACERDA, RUFFONI & ZAWISLAK, 2004). Em outras palavras, nesse modelo, a inovação tecnológica seria naturalmente difundida para todos os países, sendo a aplicação daquela conhecida por cada um destes.

Pelo motivo supracitado, o modelo de Solow não conseguiria explicar as diferenças tecnológicas entre os países. Por conseguinte, tal modelo também não seria suficiente para compreender as diferenças das taxas de crescimento do produto *per capita* entre os países.

Em sequência, outros estudos mais recentes, como o de Abramovitz (1986), apontaram que a maior parcela do crescimento seria explicada por fatores exógenos aos modelos de crescimento, denominados comumente de “resíduo de Solow”, o qual não foi esclarecido devidamente pelo modelo de Solow (FREGUGLIA, GONÇALVES & RIBEIRO, 2013).

Após isso, o modelo original de Solow foi ainda adaptado por Mankiw, Romer e Weil (1992, pp. 407-437) e, mesmo não considerando a tecnologia como uma variável endógena, foi incorporada a variável “capital humano” na análise, pressupondo que, embora o capital físico apresente, por si só, retornos decrescentes de escala, ao acrescentar o volume de capital humano, o capital como um todo passaria a ter retornos constantes ou crescentes de escala.

Outrossim, esse último modelo também abordou o tema “convergência de renda entre países”, de forma que o autor estimou que, considerando a renda *per capita* relacionada essencialmente com o nível de capital humano e de estoque de capital físico de cada região, haveria evidências empíricas de convergência da taxa de crescimento da renda *per capita* entre países no longo prazo, contrariando os preceitos dos modelos de crescimento endógeno, os quais refutariam tal evidência.

A seguir, dando-se continuidade à abordagem sobre o crescimento econômico, serão explicitados os modelos de crescimento endógeno de Lucas (1988) e Romer (1990).

## **1.2 MODELOS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO**

Um dos principais modelos de crescimento endógeno foi estruturado por Lucas (1988), o qual enfatizaria as externalidades advindas da utilização do capital humano, como a acumulação de conhecimento. Por outro lado, o modelo de Romer (1990) também destacaria como as externalidades positivas, a exemplo das melhorias tecnológicas e pecuniárias (relacionadas com os preços dos fatores de produção), trazidas pelo conhecimento (ideias) poderiam impulsionar o crescimento contínuo da renda *per capita* dos países. Logo após, esse mesmo modelo de Romer seria ampliado, de modo a explicar o progresso tecnológico por meio de bases microeconômicas.

Assim, ao invés de sugerir que o crescimento econômico de longo prazo fosse sustentado por melhorias tecnológicas não modeladas e automáticas, os modelos de Lucas (1988) e de Romer (1990) buscaram compreender os fatores que estariam por trás do progresso tecnológico, a fim de suprir as lacunas deixadas por Solow (1956). Tais modelos, portanto, seriam o ponto de partida

para a abordagem de uma nova corrente de modelos de crescimento, a qual enfatizaria a relação entre a denominada “economia das ideias” e o crescimento econômico.

Dessa forma, a partir, fundamentalmente, de Jones e Vollrath (2015, pp. 45-53 e p. 73), Helpman (2004, pp. 36-46), Oreiro (1999, pp. 18-22), Sala-i-Martin (1994, pp. 103-120) e Solow (2000, pp. 122-154), serão abordadas as premissas, equações e conclusões mais relevantes dos modelos de Lucas (1988) e de Romer (1990).

### *Modelo de Lucas*

Em relação ao modelo de Lucas (1988), destacou-se primeiramente o papel da formação de capital humano na geração de externalidades positivas que resultariam na acumulação de conhecimento. Esta poderia ser obtida de duas formas: pela educação formal ou pelo aprendizado (através da prática profissional).

Além disso, ainda foi enfatizada a relação entre a parcela do estoque de capital humano dedicado à qualificação (acumulação de conhecimento) e o crescimento sustentado da renda *per capita*.

Ao incorporar a variável “capital humano”, esse mesmo modelo buscou comparar as trajetórias de crescimento de Solow com as ditas trajetórias “ótimas” de crescimento (obtidas ao introduzir essa nova variável).

Contudo, vale ressaltar também que o modelo de Lucas não foi o único a considerar o capital humano como uma de suas variáveis. Conforme exemplificado no subitem anterior, o modelo de Mankiw, Romer e Weil (1992) também iria utilizar o capital humano na sua respectiva abordagem, mas de forma distinta da usada no modelo de Lucas.

Isso porque o modelo de Mankiw, Romer e Weil tão somente teve o intuito de ampliar o modelo de Solow original, mantendo, porém, os mesmos pressupostos deste. Em outras palavras, essa reformulação não alterou a forma como o progresso tecnológico era tratado, visto que este ainda permaneceria definido a partir de uma taxa exógena e constante, a qual também seria equivalente à taxa de crescimento do produto *per capita* eficiente. Outrossim, o processo de acumulação de capital humano também não seria explicado por aquele modelo.

De outro modo, diferentemente do preceituado no modelo de Mankiw, Romer e Weil (1992), Lucas endogeneizou a tecnologia em seu modelo, ou seja, trouxe explicações endógenas para a taxa de progresso tecnológico, que estaria relacionada com a maior acumulação de

conhecimento (seja pela educação ou pelo aprendizado profissional). Por conseguinte, a solução do modelo a ser demonstrado a seguir passaria a internalizar a formação de capital humano para explicar as melhorias tecnológicas e o aumento da taxa de crescimento da renda *per capita*.

A função de produção relativa ao modelo de Lucas é similar à função de Solow, distinguindo-se desta última pelo fato de conceber uma economia com dois setores - produção de bens finais (Y) e acumulação de capital humano (H) - e por tratar os rendimentos de um dos fatores acumuláveis (no caso, o capital humano) como constantes ou crescentes, conforme indicada abaixo:

$$Y = K^\alpha(\phi H)^{1-\alpha}, \quad (7)$$

onde:

“H” = estoque de capital humano;

“ $\alpha$ ” e “ $(1 - \alpha)$ ” = graus de utilização de cada um dos fatores, tais sejam K e  $\phi H$ , respectivamente; e

“ $\phi$ ” = fração do estoque de capital humano alocado na produção de bens finais.

Em sequência, esse mesmo modelo inferiu que o capital humano *per capita* se acumularia da seguinte forma:

$$\dot{H} = \lambda(1 - \phi)H \text{ ou } \dot{H}/H = \lambda(1 - \phi), \quad (8)$$

onde:

“H” = estoque de capital humano;

“ $\dot{H}$ ” = variação de capital humano;

“ $(1 - \phi)$ ” = fração do estoque de capital humano dedicado à obtenção de qualificações; e

“ $\lambda$ ” = produtividade da acumulação de capital humano.

Através da equação (8), observou-se que a taxa de crescimento do estoque de capital humano tende a ser maior com o aumento da fração do estoque de capital humano dedicada à acumulação de conhecimento  $(1 - \phi)$  e com a maior produtividade dessa acumulação  $(\lambda)$ .

Assim, caso a parcela de capital humano dedicada à qualificação fosse zero, isto é,  $\phi = 0$ , não haveria acumulação alguma. Por outro lado, se todo o estoque de capital humano disponível fosse utilizado na formação de conhecimento (acadêmico ou profissional), a taxa de crescimento de “H” seria máxima.

Por outro lado, o processo de acumulação de capital físico se daria de forma semelhante ao modelo de Solow (1956), ressaltando somente a ideia de que o capital físico seria determinado em termos de capital humano utilizado, isto é,  $K_H = K / H$ , conforme pode ser demonstrado abaixo:

$$\dot{K} = sY - dK \quad (9) \quad \longrightarrow \quad \dot{K} = s [K^\alpha (\phi H)^{1-\alpha}] - dK \quad (10)$$

Ao dividir os componentes da equação (10) por  $K$ , temos:

$$\dot{K}/K = sK^{\alpha-1}(\phi H)^{1-\alpha} - d \quad (11)$$

Considerando  $K$  em termos de  $K_H$ , a equação (11) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\dot{K}/K = s\phi^{1-\alpha}K_H^{\alpha-1} - d \quad (12)$$

A partir da equação (12), Lucas dispunha de elementos suficientes para estabelecer a condição de equilíbrio estável do seu modelo, de forma que, no estado estacionário, a taxa de acumulação de capital humano ( $\dot{H}/H$ ) se igualaria à taxa de acumulação de capital físico ( $\dot{K}/K$ ), o que tornaria então possível determinar o volume ótimo de  $K_H$ . Essa igualdade entre  $\dot{H}/H$  e  $\dot{K}/K$  pode ser matematicamente visualizada abaixo:

$$\lambda(1 - \phi) = s\phi^{1-\alpha}K_H^{\alpha-1} - d \quad (13) \quad \longrightarrow \quad \lambda(1 - \phi) + d = s\phi^{1-\alpha}K_H^{\alpha-1} \quad (14)$$

Ao dividir a notação ( $s\phi^{1-\alpha}K_H^{\alpha-1}$ ) por  $(\phi^{1-\alpha}\phi^{\alpha-1})$ ,  $K_H$  passaria a ser expresso em termos de trabalhador eficiente ( $\tilde{K}_H$ ). Assim, a equação (14) poderia ser reescrita alternativamente do seguinte modo:

$$\lambda(1 - \phi) + d = s\tilde{K}_H^{\alpha-1} \quad (15)$$

Finalmente, após os algebrismos necessários, que resultaram na equação (15), obteve-se a quantidade de equilíbrio de  $\tilde{K}_H$  ( $\tilde{K}_H^*$ ), conforme indicada a seguir:

$$\tilde{K}_H^* = \left( \frac{s}{\lambda(1-\phi)+d} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (16)$$

Por conseguinte, também foi possível obter a renda eficiente de equilíbrio ( $\tilde{Y}^*$ ) ao substituir o  $\tilde{K}_H^*$  da equação (16) na função de produção expressa em (7), já considerando  $K$  em termos de  $H$  e de  $\phi$ , o que anula o termo  $(\phi H)^{1-\alpha}$  dessa última função. Assim,  $\tilde{Y}^*$  seria dado por:

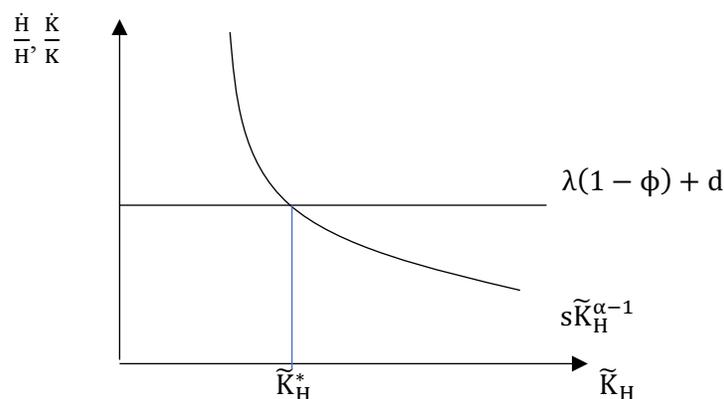
$$\tilde{Y}^* = \left( \frac{s}{\lambda(1-\phi)+d} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (17)$$

Com base nas equações (16) e (17), que determinaram a quantidade ótima de capital humano ( $\tilde{K}_H^*$ ) e a renda eficiente de equilíbrio ( $\tilde{Y}^*$ ), respectivamente, depreende-se que esses resultados seriam suficientes para manterem constantes e iguais as taxas de acumulação de capital humano e físico, num cenário característico de ausência de externalidades.

No entanto, ressalta-se que, fora do estado estacionário, as referidas taxas de acumulação (no caso, de “K” e “H”) não seriam necessariamente constantes e estariam sujeitas a externalidades até que a economia voltasse novamente à trajetória de crescimento equilibrado.

Essa condição de equilíbrio do modelo demonstrada na equação (15) pode ser melhor visualizada na figura abaixo:

Gráfico 5 – Gráfico do modelo de Lucas – condição de equilíbrio.



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

Por outro lado, o modelo observou ainda que, dentre as duas acumulações de fatores (K e H), apenas o crescimento da taxa de acumulação de capital humano ( $\dot{H}/H$ ) poderia levar a um aumento permanente na taxa de crescimento do produto ( $\dot{Y}/Y$ ), cumprindo o mesmo papel da taxa de progresso tecnológico ( $g$ ) no modelo de Solow, isto é, “ $g$ ” seria igual a “ $\lambda(1 - \phi)$ ”.

Esse efeito seria decorrência dos rendimentos constantes ou crescentes de escala do capital humano. Diferentemente, o capital físico por si só, que teria rendimentos decrescentes de escala, não poderia, porém, aumentar continuamente a taxa de crescimento econômico.

Todavia, no estado estacionário, essa taxa de crescimento do produto também se igualaria à taxa de acumulação de capital físico, que, por sua vez, seria igual à taxa de acumulação de capital humano, de forma que, em condições de equilíbrio,  $g = \dot{H}/H = \dot{K}/K = \dot{Y}/Y$ .

Por todo o exposto, a principal conclusão do modelo de Lucas foi que uma política indutora de um aumento contínuo da fração das pessoas dedicadas em acumular conhecimento (seja pela educação propriamente dita ou pela capacitação profissional) tenderia a produzir um aumento sustentado da taxa de crescimento da renda.

### *Modelo de Romer*

O modelo de Romer (1990) foi estruturado inicialmente a partir de uma versão simplificada até alcançar, logo após, uma nova versão mais robusta, tendo como pressuposto principal a ideia das externalidades positivas geradas pelo conhecimento/tecnologia sobre os níveis de capital, de forma que a renda *per capita* aumentasse de maneira contínua.

Além disso, esse mesmo modelo enfatizou como os fundamentos microeconômicos poderiam explicar o progresso tecnológico, de modo que este contemplasse a criação de novas ideias, as quais seriam bens não rivais<sup>4</sup>. Consequentemente, essas novas ideias, ao serem utilizadas em diferentes processos, permitiriam a obtenção de retornos crescentes de escala.

Nesse sentido, ressaltou-se que o equilíbrio competitivo desse modelo se daria em um cenário de concorrência imperfeita, em que não haveria rendimentos decrescentes sobre o fator capital (ELLERY JR & FERREIRA, 1996).

Dessa forma, tal modelo pretendia esclarecer de que maneira e por que os países desenvolvidos cresceriam de modo sustentado, reforçando também que o progresso tecnológico seria conduzido, em essência, pela P&D.

Feitas essas considerações gerais sobre o trabalho de Romer, cabe agora fazer uma breve exposição dos pressupostos teóricos de cada uma das versões de seu modelo.

No que tange à versão simplificada desse modelo, a função de produção total obtida (que também serviu de base para a sua versão mais completa) formalizaria como o estoque de capital (K), o trabalho empregado no setor de bens finais ( $L_Y$ ) e o estoque de ideias (A) se combinariam para gerar o produto (Y), conforme demonstrada a seguir:

$$Y = K^\alpha (AL_Y)^{1-\alpha}, \quad (18)$$

---

<sup>4</sup> Diz-se que **um bem é não rival** quando o seu consumo por parte de um indivíduo não reduz a quantidade disponível para consumo de um outro indivíduo (POSSAS, 1997).

onde:

“ $\alpha$ ” seria um parâmetro cujo valor estaria entre 0 e 1.

Sobre essa função de produção expressa em (18), enfatizou-se que K e  $L_Y$  apresentariam retornos constantes de escala. Porém, se as ideias (A) fossem consideradas também um insumo de produção, a função como um todo poderia gerar retornos crescentes de escala.

Por sua vez, observou-se ainda que a mão-de-obra utilizada nessa função ( $L_Y$ ) seria a quantidade de trabalhadores dedicada apenas à produção de bens finais, não sendo, portanto, a mão-de-obra total da economia (L). Esse fato se daria porque, nesse modelo, também foi considerada a mão-de-obra aplicada na geração de ideias ( $L_A$ ), de forma que o quantitativo total de trabalho seria determinado por:

$$L_A + L_Y = L \quad (19)$$

Quanto às equações específicas dos insumos K e  $L_Y$  e à determinação da variação do estoque de capital *per capita* ( $\Delta k$ ), não houve alterações em relação à estrutura do modelo de Solow (1956). Contudo, a novidade do modelo de Romer (1990) se daria na aplicação de uma fórmula explicativa para o progresso tecnológico, tendo em vista que a taxa de crescimento das ideias ( $\dot{A}$ ) se tornaria endógena nesse caso, diferentemente das premissas de Solow.

Assim, sendo A o número de novas ideias geradas e considerando ainda a taxa de produtividade do trabalho associada ao setor de P&D (dada por  $\bar{\delta} = \delta L_A^\lambda A^\phi$ ) e a cumulatividade do conhecimento técnico (tido por  $\bar{\delta} = \delta A^\phi$ ), a acumulação dessas ideias ( $\dot{A}$ ) seria obtida do seguinte modo:

$$\dot{A} = \bar{\delta} L_A \quad (20) \quad \longrightarrow \quad \dot{A} = (\delta L_A^\lambda A^\phi) L_A \quad (21)$$

Multiplicando-se os dois termos da expressão (21), a equação (20) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\dot{A} = \delta L_A^{\lambda'} A^\phi \quad (22)$$

ou

$$\dot{A} = (\delta A^\phi) L_A^{\lambda'} = \bar{\delta} L_A^{\lambda'}, \quad (23)$$

onde:

“ $\delta$ ” = taxa associada à geração de novas ideias;

“ $\phi$ ” = fator de transbordamento das ideias, satisfazendo as seguintes condições: se  $\phi > 0$ , maior é a acumulação de novas ideias a partir de ideias passadas; se  $\phi < 0$ , menor a acumulação de ideias futuras partindo de ideias anteriores e; se “ $\phi$ ” = 0, a produtividade de pesquisa futura teria uma relação neutra com a acumulação de ideias passadas;

“ $\lambda$ ” = parâmetro relativo à quantidade de trabalhadores dedicada ao setor de P&D (em que  $\lambda' = \lambda + 1$ ).

Por meio das equações (22) e (23), Romer então observou que a taxa de acumulação de novas ideias ( $\dot{A}$ ) tenderia a ser positivamente relacionada ao número de pessoas dedicadas a gerar ideias inovadoras e dependeria de forma positiva ou negativa em relação à taxa de geração de novas ideias ( $\delta$ ). Em outras palavras, conforme Arraes e Teles (2000, p. 758), tais funções estariam relacionadas com a promoção da P&D, a qual foi melhor esclarecida na versão ampliada do modelo de Romer (1990), a ser abordada adiante.

Sobre tal relação ambígua entre  $\dot{A}$  e  $\delta$ , verificou-se ainda que as ideias geradas em períodos passados tenderiam a ampliar ou a reduzir a capacidade de gerar ideias novas, dependendo do tipo e da área de pesquisa envolvida. Caso as ideias obtidas no passado facilitassem a geração de ideias futuras, a taxa  $\delta$  seria positivamente relacionada com  $\dot{A}$ . De outra forma, se tais ideias passadas restringissem a criação de ideias futuras, então  $\delta$  estaria influenciando negativamente  $\dot{A}$ . Assim,  $\delta$  poderia ser uma função crescente ou decrescente de  $\dot{A}$ .

Além disso, ressaltou-se que o volume de acumulação de ideias ( $\dot{A}$ ), isto é, a produtividade média da pesquisa também estaria relacionada com a quantidade de pessoas dedicadas à pesquisa ao longo do tempo ( $L_A$ ), que, por sua vez, estaria associada a um parâmetro  $\lambda$  (cujos valores se situariam entre 0 e 1).

Desse modo, com base na equação (22), seriam consideradas externalidades positivas (no caso de  $\phi > 0$  e  $\lambda = 1$ ) ou negativas (em que  $\phi < 0$  e  $\lambda < 1$ ), de forma que tal função tenderia a ter retornos crescentes ou decrescentes de escala, conforme fossem os valores obtidos dos graus de utilização dos fatores  $L_A$  e  $A$ . Ademais, a fim de evitar a possibilidade de duplicações ou redundâncias na acumulação de ideias,  $L_A$  deveria ser necessariamente indicada em termos de  $L_A^{\lambda'}$  (onde  $0 \leq \lambda \leq 1$  e  $\lambda' = \lambda + 1$ ).

Por outro lado, cabe ressaltar ainda as condições de estado estacionário da economia desse modelo, partindo da premissa básica de que, numa trajetória equilibrada, a taxa de crescimento do estoque de capital por trabalhador ( $g_k$ ), do produto *per capita* ( $g_y$ ) e a taxa de crescimento da

acumulação de ideias (ou de progresso tecnológico -  $g_A = \dot{A}/A$ ) seriam iguais e constantes, considerando um percentual constante de pessoas dedicadas à produção de ideias.

Ao dividir os membros da equação (22) por  $A$ , considerando uma trajetória equilibrada de crescimento, a taxa de progresso tecnológico seria expressa por:

$$\dot{A}/A = \delta L_A^{\lambda'}/A^{1-\phi} \quad (24)$$

De outro modo, seria possível calcular a taxa de progresso tecnológico linearizando com o logaritmo natural ( $\ln$ ) e derivando todos os componentes da expressão (24) em relação ao tempo, de forma que:

$$\ln g_A = \ln \delta + \lambda' \ln L_A - (1 - \phi) \ln A \quad (25) \longrightarrow 0 = \lambda' \frac{\dot{L}_A}{L_A} - (1 - \phi) \frac{\dot{A}}{A}, \quad (26)$$

onde:

" $g_A$ " e " $\delta$ " são constantes no estado estacionário. Assim,  $\ln g_A = \ln \delta = 0$ .

Após as soluções demonstradas em (25) e (26), a taxa de progresso tecnológico se daria por:

$$g_A = \lambda' n / (1 - \phi), \quad (27)$$

onde:

" $n$ " seria igual à taxa de crescimento da população, que, em estado estacionário, deveria se igualar à taxa de crescimento do número de pessoas dedicadas à geração de ideias/P&D, ou seja,  $\dot{L}_A / L_A = n$ .

Com base na equação (27), verificou-se que o fator de transbordamento das ideias ( $\phi$ ), juntamente com o parâmetro relativo à quantidade de trabalhadores do setor de P&D ( $\lambda'$ ) e com a taxa de crescimento de pesquisadores (a qual seria, numa trajetória equilibrada de crescimento, igual a taxa de crescimento da população), teriam relação direta com a taxa de progresso tecnológico ( $g_A$ ) e, conseqüentemente, com a taxa de crescimento de uma economia ( $g_Y$ ).

Ainda se poderia concluir a partir dessa última equação que, caso a taxa de crescimento da população e, por conseguinte, do número de pesquisadores fossem constantes ao longo do tempo, isto é, se a população em geral e a quantidade de pesquisadores parassem de crescer, o progresso tecnológico e o crescimento econômico de longo prazo também poderiam ser interrompidos.

No entanto, num cenário em que os parâmetros  $\phi$  e  $\lambda$  fossem iguais a 1, mesmo que a taxa de crescimento do número de pesquisadores (ou da população) fosse constante, haveria externalidades positivas capazes de sustentarem maiores patamares de progresso tecnológico e de crescimento econômico no longo prazo.

Com isso, constatou-se que os resultados obtidos pelo modelo de Romer (1990), relativos à taxa de crescimento econômico de longo prazo, não modificariam, em essência, as conclusões do modelo de Solow (1956) sobre esse aspecto, visto que, mesmo causada por um progresso tecnológico endógeno, a taxa de crescimento de longo prazo daquele modelo não seria influenciada por mudanças na taxa de investimento nem por oscilações do percentual de pessoas dedicadas à área de P&D (formação de ideias). Assim, alterações nessas últimas variáveis poderiam afetar somente os níveis do produto *per capita*, de forma a estabelecer um patamar elevado ou reduzido de renda em um novo estado estacionário, mantendo constante a taxa de crescimento de longo prazo.

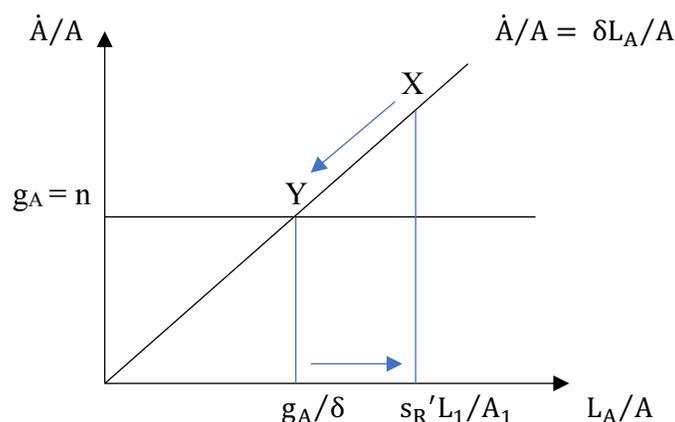
Conseqüentemente, políticas envolvendo, por exemplo, uma elevação permanente do percentual de pessoas envolvidas na área de P&D (representado por  $s_R = L_A / L$ ) tenderia a aumentar apenas momentaneamente a taxa de progresso tecnológico e, em última instância, a taxa de crescimento do produto *per capita*, não ocorrendo, porém, o mesmo efeito no longo prazo. Portanto, a taxa de crescimento de longo prazo, em síntese, permaneceria constante no modelo de Romer.

A fim de simplificar a demonstração desse efeito do aumento permanente da proporção de trabalhadores dedicada ao setor de P&D ( $s_R$ ) nas taxas de progresso tecnológico e de crescimento econômico de longo prazo, os impactos dos parâmetros  $\lambda$  e  $\phi$  foram neutralizados, de modo que, por hipótese,  $\lambda'$  seria igual a 1 e  $\phi = 0$ . Logo, considerando  $s_{RL} = L_A$ , a equação (24) poderia ser reescrita da seguinte forma:

$$g_A = \dot{A}/A = \delta s_R L/A \quad (28)$$

Baseado nessa equação (28), foi possível analisar a estática comparativa envolvendo o aumento permanente de  $s_R$  para  $s_R'$  e o impacto deste sobre  $g_A$  e  $g_Y$  no longo prazo, conforme demonstrado na figura a seguir:

Gráfico 6 – Efeito do aumento da parcela de trabalhadores de P&D sobre o progresso tecnológico.



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

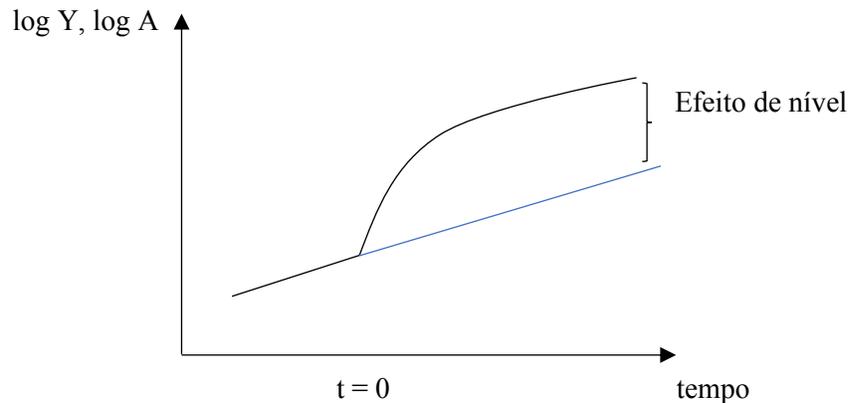
Considerando o gráfico 6, demonstrou-se inicialmente que, no ponto  $Y$ , a economia estaria crescendo numa trajetória de crescimento equilibrado à mesma taxa de progresso tecnológico ( $g_A = n$ ). Nesse mesmo ponto, quociente  $L_A/A$  seria igual a  $g_A/\delta$ . A partir daí, no momento  $t = 1$ , ocorrendo o aumento de  $s_R$  para  $s_R'$ , isto é, elevando a parcela de trabalhadores no setor de P&D, a razão  $L_A/A$  passaria a ser maior do que  $g_A/\delta$  e, conseqüentemente, a taxa de progresso tecnológico também seria maior e superaria a taxa de crescimento da população, conforme visualizado no ponto  $X$  daquela Figura.

Todavia, com o decorrer do tempo, no longo prazo, o quociente  $L_A/A$  se reduziria, de modo que a taxa de progresso tecnológico também cairia de forma gradativa, até atingir novamente o ponto  $Y$ , conforme indicado na direção das setas da Figura 6, e, com isso, a economia voltaria à sua trajetória de crescimento equilibrado em que  $g_A = n$ .

Sendo assim, verificou-se que um aumento permanente do percentual de trabalhadores dedicados ao setor de P&D elevaria de forma temporária a taxa de progresso tecnológico ( $g_A$ ) e, por conseguinte, a taxa de crescimento econômico ( $g_Y$ ). Contudo, esse efeito não seria sustentável no longo prazo.

Por outro lado, diferentemente do que ocorreria com  $g_A$  e  $g_Y$ , os efeitos de um possível aumento permanente da participação do setor de P&D sobre os níveis de tecnologia e de renda seriam positivos no longo prazo, conforme visualizados na figura a seguir:

Gráfico 7 – Efeito do aumento da participação do setor de P&D sobre os níveis de tecnologia e renda.



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Jones e Vollrath (2015).

A partir do gráfico 7 acima, observou-se que, apesar de as taxas de progresso tecnológico e de crescimento econômico não se sustentarem em patamares maiores no longo prazo, haveria um efeito permanente de aumento nos níveis de tecnologia e de renda em decorrência da elevação do percentual de P&D na economia, ocorrendo assim uma dinâmica de transição semelhante à obtida no modelo de Solow (1956), relativa ao aumento da taxa de investimentos ( $s$ ).

Até esse momento, o modelo de Romer (1990) foi analisado em sua versão simplificada, sem adentrar nos detalhes que estariam por trás da economia desse modelo.

A seguir, será abordada a versão ampliada do modelo de Romer, a qual seria marcada principalmente pelos fundamentos matemáticos e microeconômicos que justificariam os resultados ora apresentados por esse mesmo modelo.

A versão ampliada do modelo de Romer (1990) representou com maior detalhamento a dinâmica de crescimento já trazida por sua versão simplificada. Como premissa básica, considerou-se uma estrutura econômica em torno de quatro insumos fundamentais, a saber: capital (K), trabalho (L), capital humano (H) e tecnologia (A).

Diferentemente dos modelos de crescimento exógeno, em que as ideias/conhecimento (A) seriam livre e integralmente dispostas à sociedade em todas as etapas da produção, comportando-se como um bem público, isto é, não rivais e não excludentes, o conhecimento

passaria a ser incorporado através de dois componentes: um não rival (no caso, a tecnologia) e outro, rival (nesse caso, o capital humano).

Por sua vez, destacou-se que, apesar de a tecnologia (A) ser considerada um bem não rival nesse modelo, ela poderia ser excluível, tendo em vista a possibilidade de absorção por meio de patentes ou direitos exclusivos de produção em fase específica da produção.

Logo, a ideia de a tecnologia ser encarada como um bem não rival, porém excludente, caracterizaria o modelo de Romer de forma contrária ao que preceituava os demais modelos neoclássicos anteriores, os quais concebiam a economia como um todo em regime de concorrência perfeita. No caso desse modelo, uma fração da estrutura econômica seria baseada na concorrência imperfeita ou monopolística.

A partir daquela ideia, esse modelo passou então a analisar o progresso tecnológico como consequência de um processo específico de cada firma ou país em busca da apropriação tecnológica e, em última instância, visando à obtenção de lucros (no caso das firmas) ou ao crescimento econômico (tratando-se de um país) (OREIRO, 1999).

Feitas essas primeiras considerações, salienta-se, em seguida, que a economia dessa versão ampliada do modelo de Romer estaria subdividida em três setores produtivos: bens finais, bens intermediários e pesquisa. O setor de pesquisa empregaria uma parcela de capital humano ( $H_2$ ) e o estoque de ideias (A), com o intuito de gerar novas tecnologias essenciais para a produção de bens de capital. Ao adquirir a tecnologia produzida no setor de pesquisa, o setor de bens intermediários (ou bens de capital) faria uso da tecnologia (A) e do capital (K) para fornecer bens de capital. E, por último, o setor de bens finais utilizaria assim os insumos trabalho (L), uma outra parcela de capital humano ( $H_1$ ) e bens de capital (ou bens intermediários), de forma a gerar um produto final que seria um bem de consumo ou um novo bem de capital.

Ainda sobre os aspectos econômicos do modelo de Romer, ressaltou-se também que o estoque de capital humano total da economia seria o somatório entre a quantidade de capital humano utilizado no setor de P&D ( $H_2$ ) e o estoque aproveitado pelo setor de bens finais ( $H_1$ ), isto é,  $H_2 + H_1 = H$ .

As modelagens de cada um desses setores serão mais bem detalhadas nos parágrafos que se seguem.

Primeiramente, no que tange ao setor de bens finais, o mesmo se caracterizaria por ser competitivo (devido à grande quantidade de empresas no mercado), por produzir bens homogêneos

e por apresentar retornos constantes de escala, de forma que a função de produção desses bens seria análoga à do modelo de Solow (1956), conforme apresentada a seguir:

$$Y = L_y^{1-\alpha} \sum_{j=1}^A X_j^\alpha, \quad (29)$$

onde:

“ $L_y$ ” = a quantidade de trabalhadores empregada no setor de bens finais;

“ $X_j$ ” = a quantidade do  $j$ -ésimo bem intermediário (ou de capital) empregada no setor de bens finais;

“ $\alpha$ ” e “ $1 - \alpha$ ” seriam os graus de utilização de cada um dos fatores de produção; e

“ $A$ ” = número de bens intermediários diferentes.

Nesse contexto, as idênticas firmas produtoras de bens finais precisariam escolher quantidades ótimas de trabalho e de bens de capital para obter o produto. Tal decisão se daria por meio de um problema de maximização de lucro, do seguinte modo:

$$\text{Max} \left( L_y^{1-\alpha} \int_0^A X_j^\alpha dj - wL_y - \int_0^A p_j X_j dj \right), \quad (30)$$

onde:

“ $p_j$ ” = preço de aquisição do bem de capital  $j$  e “ $w$ ” = salário pago aos trabalhadores.

Com base no problema apresentado, as condições de primeira ordem exigidas seriam as seguintes:  $\partial\pi/\partial L_y = 0$  e  $\partial\pi/\partial X_j = 0$ . Ou seja, as derivadas parciais de 1ª ordem do lucro em relação ao trabalho e aos bens de capital deveriam ser iguais a zero.

Sendo assim, após os cálculos dessas duas derivadas parciais, foram obtidos os seguintes valores de preço ( $p_j$ ) e salário ótimos ( $w$ ) para o setor de bens finais:

$$w = (1 - \alpha)Y / L_y \quad (31)$$

e

$$p_j = \alpha L_y^{1-\alpha} X_j^{\alpha-1} \quad (32)$$

Tendo em vista os resultados expressos nas equações (31) e (32), admitiu-se um equilíbrio competitivo entre empresas no setor de bens finais, de forma que tais firmas iriam demandar trabalhadores até o momento em que o salário pago se igualasse ao seu produto marginal, conforme demonstrado na primeira equação. Da mesma forma, com base na segunda equação, as empresas alugariam bens de capital até que os produtos marginais de cada um desses bens se tornassem iguais aos seus respectivos preços.

Por sua vez, no setor de bens intermediários, salientou-se que suas empresas correspondentes comprariam tecnologias advindas do setor de P&D, pagando um preço ( $p$ ) por cada uma delas, de forma que tal pagamento daria a essas firmas o direito de patente exclusiva sobre os projetos tecnológicos adquiridos, assim como uma reserva de produção exclusiva dos bens de capital relacionados com esses projetos.

Conseqüentemente, tendo a disponibilidade exclusiva de tecnologias específicas, tais empresas escolheriam livremente a quantidade de bens de capital a ser produzida. Ademais, devido ao poder de monopólio obtido, essas firmas controlariam os preços dos bens de capital a serem alugados ao setor de bens finais, de modo que o setor de bens intermediários viesse a se caracterizar por um regime de concorrência imperfeita (OREIRO, 1999).

A estrutura da função de produção desse setor estaria representada simplesmente por:  $X_j = K_j$ , onde uma quantidade unitária de capital bruto seria equivalente à mesma unidade em termos de bens intermediários (JONES E VOLLRATH, 2015).

Assim como no setor de bens finais, as firmas do setor intermediário, apesar de monopolistas (controlar preços de aluguel de bens de capital), ainda enfrentariam o problema de escolha das quantidades ótimas para maximizar seus lucros ( $\pi$ ), problema esse explicitado da seguinte forma:

$$\text{Max } [\pi = p_j(X_j)X_j - rX_j], \quad (33)$$

onde:

“ $p_j(X_j)$ ” = preço correspondente à função de demanda para cada um dos bens de capital, conforme indicado em (32); e

“ $r$ ” = custo de oportunidade de obtenção de determinada tecnologia.

Baseado nesse novo problema apresentado, a condição de primeira ordem exigida para resolvê-lo seria a seguinte:  $\partial\pi/\partial X_j = p'(X_j)X_j + p_j(X_j) - r = 0$ , No caso, a derivada parcial de 1ª ordem do lucro em relação aos bens de capital deveria ser igual a zero.

Após o cálculo dessa derivada parcial, obteve-se o preço que maximizaria o lucro ( $p_j$ ) do setor de bens intermediários, conforme demonstrado abaixo:

$$p_j = \frac{r}{\left[1 + \frac{p'(X_j)X_j}{p_j}\right]}, \quad (34)$$

onde:

"  $\frac{p'(X_j)X_j}{p_j}$  " = elasticidade da função de demanda expressa em (32) em relação a  $X_j$ .

Na sequência, calculando a elasticidade da função de demanda obtida em (32) em relação a  $X_j$ , obteve-se o valor de  $(\alpha - 1)$ . Com isso, a expressão (34) poderia ser reescrita da seguinte maneira:

$$p_j = r / \alpha \quad (35)$$

A partir dos resultados demonstrados nas equações (34) e (35), observou-se que as empresas do setor de bens intermediários estabeleceriam os preços de arrendamento de bens de capital tomando como base um valor de *mark-up* (representado por  $[1 + (p'(X_j)X_j / p_j)]$ ) sobre os custos de oportunidade ( $r$ ) tidos ao adquirir tecnologia do setor de P&D. Por conseguinte, o lucro dessas firmas seria dado com uma margem acima dos seus custos.

Além disso, esse lucro seria igual para todas as empresas do setor de bens intermediários, cada qual com seu poder de mercado sobre os bens de capital produzidos. Dessa forma, o lucro obtido pelas firmas desse setor se daria conforme expressão abaixo:

$$\pi = [\alpha(1 - \alpha)Y]/A, \quad (36)$$

onde:

" $Y/A$ " = Produto (no caso,  $p_j X_j$ ) por unidade tecnológica utilizada.

Finalmente, no que diz respeito ao setor de P&D, observou-se que as firmas e/ou indivíduos dedicados a tal área teriam acesso irrestrito ao estoque de ideias/ tecnologia existente, uma vez que esta se caracterizaria como bens públicos (não rivais e não excludentes) nessa etapa. No entanto, tal tecnologia poderia ser excluível por conta, principalmente, dos direitos de patentes apropriados pelas empresas do setor intermediário. Por sua vez, o capital humano utilizado na pesquisa ( $H_2$ ) seria tratado como um bem rival. Assim, a acumulação de tecnologia ( $\dot{A}$ ) nesse setor seria dada da seguinte forma:

$$\dot{A} = \delta H_2 A, \quad (37)$$

onde:

" $\delta$ " seria a taxa de produtividade associada à acumulação de ideias.

A partir da equação (37), pôde-se verificar que, apesar de o capital humano ser um bem rival nesse setor, sua produtividade seria maior com o aumento do estoque de tecnologia existente,

o que reforçaria o aspecto de “bem público” da tecnologia presente na variável “conhecimento”. Ademais, ressaltou-se ainda que a acumulação tecnológica estaria relacionada principalmente com o percentual de capital humano utilizado no setor de P&D.

Tendo em vista que a tecnologia empregada nesse setor seria livremente disposta a todos, cada empresa envolvida teria um lucro econômico correspondente a zero (OREIRO, 1999). Com isso, o salário pago ao capital humano utilizado no setor ( $w_H$ ) seria demonstrado conforme expressão abaixo:

$$w_H = P_A \delta A, \quad (38)$$

onde:

“ $P_A$ ” = preço da tecnologia gerada (ou o preço da patente).

Por sua vez, a determinação do valor de  $P_A$  (preço da tecnologia ou patente) ao longo do tempo possuiria uma dinâmica específica, baseada no instrumento da arbitragem, cuja lógica estaria baseada na escolha mais rentável entre auferir taxas de juros ( $r$ ) ao acumular capital no valor equivalente a  $P_A$  e comprar uma patente para, posteriormente, vendê-la, obtendo lucro ( $\pi$ ) através da valorização dessa patente. Em um equilíbrio estável, as duas opções deveriam ser iguais. Tal lógica seria representada através das seguintes equações:

$$rP_A = \pi + \Delta P_A \quad (39)$$

ou

dividindo-se todos os termos por  $P_A$ , teríamos:

$$r = \pi / P_A + \Delta P_A / P_A, \quad (40)$$

onde:

“ $\Delta P_A$ ” = variação do preço da patente.

Considerando as equações (39) e (40) demonstradas, ressaltou-se que, no estado estacionário, os termos das expressões acima seriam constantes, a exemplo de “ $r$ ” e “ $\pi / P_A$ ”. Em outras palavras, tanto a taxa de juros quanto o lucro e o preço da patente aumentariam a percentuais constantes. E esses percentuais seriam equivalentes à taxa de crescimento da população ( $n$ ). Sendo assim, no que diz respeito à determinação do preço da patente ( $P_A$ ), as equações (39) e (40) ainda poderiam ser reescritas da seguinte forma:

$$P_A = \pi / (r - n), \quad (41)$$

onde:

“n” =  $\Delta P_A / P_A$  = taxa de crescimento do lucro ou de variação do preço da patente.

Essa expressão (41) seria assim interpretada como o valor da patente em um estado de equilíbrio da economia desse setor de P&D.

Após discorrer sobre os três setores correspondentes a essa versão ampliada do modelo de Romer (1990), os quais descreveram toda a estrutura de mercado e suas respectivas equações, atreladas à função de produção agregada desse modelo, verificou-se que, de um modo geral, assim como na primeira versão, considerou-se a possibilidade de retornos crescentes de escala dessa função através do fator de acumulação de ideias (A).

No entanto, foi por meio dessa última versão apresentada que se pôde obter maior clareza sobre as condições e limitações para tais retornos crescentes, os quais, no caso, seriam possíveis apenas em um nicho específico do mercado (setor de bens intermediários), que se basearia em um regime de concorrência imperfeita.

Nos outros setores, permaneceriam as condições de concorrência perfeita e de estabilidade das taxas de progresso tecnológico ( $g_A$ ) e de crescimento do produto de longo prazo ( $g_Y$ ) numa trajetória de crescimento equilibrado, condições essas similares às do modelo de Solow (1956), conforme solução anteriormente demonstrada a partir das equações (24), (25), (26) e (27), relativas à versão simplificada do modelo de Romer.

Sendo assim, tanto a primeira quanto a segunda versão do modelo de Romer (1990) foram complementares entre si e inovaram ao prever a possibilidade de a tecnologia (A) apresentar retornos crescentes de escala e ao endogeneizar a acumulação tecnológica ( $\dot{A}$ ) e a taxa de progresso tecnológico ( $g_A$ ), tornando ambos explicáveis pelo modelo, característica não presente nos modelos exógenos em geral, como o de Solow (1956).

Por todo o exposto no presente subitem, em resumo, os modelos de crescimento endógeno internalizaram novas variáveis que pudessem melhor explicar o crescimento econômico, como a tecnologia (a qual inclui a P&D) e o capital humano.

Apesar de internalizar a vertente tecnológica em seus modelos, as teorias endógenas de crescimento, de modo geral, ainda preconizariam as ideias (em que a P&D estaria inserida) como um bem público, livremente disponível a todos os países (LACERDA, RUFFONI E ZAWISLAK, 2004), a exceção do setor de bens intermediários, relativo à versão ampliada do modelo de Romer

(1990), que se baseava em mercado de concorrência imperfeita, justificando a possibilidade dos retornos crescentes de escala da tecnologia em face da função de produção agregada.

Dessa forma, diante das abordagens teóricas de crescimento econômico apresentadas neste capítulo, infere-se que as duas correntes (exógena e endógena) podem ser distinguidas, essencialmente, nos diferentes tratamentos dados à tecnologia e ao progresso tecnológico, sob os seguintes aspectos:

- a) Primeiramente, enquanto as teorias de crescimento exógeno concebiam sempre a tecnologia como um bem público, livremente disponível para todos os países, e uma economia com retornos decrescentes de escala, as teorias de crescimento endógeno entendiam que, apesar de a tecnologia ainda ser, em geral, reconhecida como um bem público, haveria situações (conforme demonstrado no modelo de Romer (1990)) em que a disponibilidade tecnológica e o progresso tecnológico não seriam automáticos, visto que estes dependeriam da quantidade de recursos pré-existentes, da capacidade de absorção e do esforço produtivo de cada um dos países, dando margem assim para que uma economia apresentasse retornos constantes ou crescentes de escala.
- b) De outra forma, ao passo que as teorias de crescimento exógeno tratariam a tecnologia e o progresso tecnológico como variáveis dadas, cujos impactos sobre o crescimento não seriam explicáveis pelos modelos, as teorias de crescimento endógeno internalizariam tais variáveis nos modelos, de modo que os efeitos da tecnologia e do progresso tecnológico sobre o crescimento econômico se tornariam explicáveis e fundamentados por essas últimas teorias.

Finalizadas as considerações teóricas sobre a relação da tecnologia/P&D em geral com o crescimento econômico, por meio das quais se obteve um entendimento amplo sobre o tema de pesquisa, o próximo capítulo abordará os principais pressupostos teóricos sobre a relação da tecnologia/P&D no setor militar com o crescimento econômico, além de conceitos e fatos históricos relacionados ao assunto.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE P&D MILITAR E SEUS EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO:**

O presente capítulo analisará a seguir as principais correntes teóricas, conceitos e fatos históricos sobre a P&D no setor de defesa e os possíveis impactos econômicos dos investimentos nessa área ao longo dos anos, relacionando dispêndios em P&D militar, progresso tecnológico em geral e crescimento econômico.

Por meio dessas abordagens, diversos autores enfatizaram os possíveis benefícios diretos e indiretos dos investimentos em P&D militar para toda a cadeia industrial e, conseqüentemente, para a melhoria do produto/renda agregada. Entretanto, não haveria um consenso entre os pesquisadores sobre as evidências de tais benefícios, visto que alguns deles até discordariam dessa relação estrita entre gastos em P&D no setor de defesa e crescimento.

Feitas as considerações iniciais sobre o assunto, passam-se em seguida às suas principais contribuições teóricas, ressaltando que, inicialmente, muitos dos argumentos apresentados não adentraram na relação propriamente dita entre P&D militar e crescimento econômico, mas apenas na associação entre gastos em defesa de modo geral e crescimento.

Contudo, as citações desses primeiros estudos são relevantes para o entendimento posterior do tema central deste trabalho, tendo em vista que a rubrica “investimentos em P&D militar” está inserida nos gastos em defesa como um todo. Portanto, uma compreensão dos impactos dos gastos em defesa de modo geral sobre o crescimento econômico dos países possibilitará uma análise mais precisa e aprofundada dos impactos econômicos dos investimentos em P&D militar.

### **2.1 ARGUMENTOS TEÓRICOS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE P&D MILITAR E CRESCIMENTO**

Neste primeiro tópico do presente capítulo, serão trazidas as principais argumentações teóricas a respeito das possíveis relações entre investimentos militares em P&D e crescimento econômico. Enquanto as primeiras contribuições trataram o tema de modo genérico, isto é, tomando como base a relação entre gastos agregados em defesa e crescimento, outras formulações posteriores aprimoraram o estudo desse assunto, de forma que estas passaram a considerar também os impactos específicos dos gastos em P&D militar sobre esse mesmo crescimento.

No entanto, dada a dificuldade de mensuração direta desses impactos, algumas daquelas últimas formulações teóricas ainda destacaram eventuais efeitos indiretos da P&D militar no crescimento, sobretudo através do número de patentes geradas no setor de defesa e que impactaram os setores civis.

Ressalta-se, porém, que não havia um consenso a respeito do tipo de interação existente entre aquela modalidade de gastos e o crescimento econômico, seja direta ou indireta, tendo em vista que os modelos relacionados, em geral, apresentariam amostras não padronizadas, isto é, com períodos divergentes e grupos distintos de países, assim como diferentes resultados, causalidades e métodos de estimação. Considerando esse descompasso entre os referidos modelos, nem todos estes poderiam ser comparáveis.

A seguir, apresenta-se então uma breve revisão teórica sobre o assunto, incluindo as possíveis comparações entre os seus modelos teóricos/econométricos associados.

#### *Gastos militares e crescimento econômico*

Conforme apontado por Junior e Shikida (2007, p. 4), os estudos sobre a vinculação entre gastos militares e crescimento econômico teriam começado a partir dos artigos de Benoit (1973, 1978).

A conclusão principal de tais artigos de Benoit era a de que os dispêndios militares poderiam contribuir para o crescimento econômico sob diferentes aspectos, como através de externalidades positivas emanadas da capacitação e da P&D militar e do aumento da produtividade dos setores privados. Essa argumentação foi baseada em resultados empíricos produzidos a partir de dados de 44 países, no período de 1950 e 1965 (GENTILUCCI E HERRERA, 2013).

Em seguida, questionamentos a respeito dos resultados apresentados nos artigos de Benoit (1973, 1978) gerariam ampla literatura sobre o tema, a exemplo dos vinte e sete artigos publicados por Sandler e Hartley entre 1980 e 1991 (JUNIOR E SHIKIDA, 2007).

Nesse contexto, fazendo ainda menção aos trabalhos de Benoit (1973, 1978), Abu-Bader e Abu-Qarn (2003, p. 571) preceituaram que os gastos militares poderiam causar impactos positivos sobre o crescimento econômico através do estímulo ao aumento da demanda agregada, caso em que tais impactos se dariam de diferentes modos e, indiretamente, tenderiam a influenciar o progresso de setores econômicos civis, fomentando, por exemplo, a formação de capital humano e tecnológico. Para exemplificar a argumentação trazida, esses mesmos autores desenvolveram

então um modelo próprio, cuja ideia principal seria testar as possíveis relações de curto e longo prazo entre os gastos públicos civis/militares realizados e o crescimento econômico dos seguintes países: Israel, Egito e Síria.

Por sua vez, os impactos positivos dos gastos militares sobre o crescimento também poderiam se dar indiretamente, através do estímulo ao desenvolvimento de infraestruturas duais<sup>5</sup>, como estradas, portos, aeroportos e centros de comunicação (ANTINORI E LIPOW, 1995).

Considerando uma causalidade inversa da apresentada até aqui, Wolfson e Shabahang (1991) estimaram um modelo empírico a fim de verificar qual e como seria a relação existente entre gastos militares e crescimento econômico na Grã-Bretanha e na Alemanha. Através desse mesmo modelo, atestou-se como o crescimento modificaria a demanda pelos gastos militares naqueles países. No caso, foram obtidas evidências de que o crescimento econômico poderia impulsionar o aumento da demanda por produtos ligados à defesa, indicando uma relação causal que partiria do crescimento para os gastos militares, ao contrário do que afirmavam os trabalhos de Benoit (JUNIOR E SHIKIDA, 2007).

Ainda na mesma linha de raciocínio, Abu-Bader e Abu-Qarn (2003, p. 572), ao registrarem o trabalho de Joerding (1986), observaram que a causalidade entre gastos militares e crescimento econômico tenderia a ser inversa, de forma que um aumento do crescimento poderia elevar os gastos militares, com o intuito de preservar os resultados obtidos em relação a ameaças estrangeiras.

Por outro lado, os estudos de Knight, Loaysa e Villanueva (1996, pp. 1-2) destacaram que o aumento dos gastos militares também poderia trazer efeitos negativos sobre o crescimento econômico de longo prazo, devido às distorções causadas nas alocações dos fatores de produção (o que levaria à queda na produtividade desses fatores) e à redução de investimentos em capital humano e tecnológico. Nesse caso, esses autores entendiam que seria necessária uma cooperação internacional de paz para que os conflitos diminuíssem e, conseqüentemente, os gastos militares viessem então a se reduzir. Logo, os países em geral tenderiam a se beneficiar com um melhor desempenho econômico no longo prazo.

Uma demonstração fática disso foram as experiências da Alemanha e do Japão após a Segunda Guerra Mundial, de modo que a imposição de reduzir os gastos militares e a garantia de

---

<sup>5</sup> O uso de infraestruturas ou tecnologias duais está ligado à definição de “dualidade”, que diz respeito à integração tecnológica e produtiva entre os setores militar e civil, de forma que diversos produtos/tecnologias/infraestruturas geralmente desenvolvidos no meio civil podem ser aproveitados pelos dois setores (DAGNINO, 2008).

maior segurança (ou menos ameaças) levaram a uma alocação de recursos voltada predominantemente para a formação de capital humano e tecnológico nos setores produtivos civis, o que teria contribuído para que esses países tivessem um crescimento econômico sustentado nesse período pós-Guerra. No entanto, supor que o crescimento daqueles países teria sido causado exclusivamente por conta da redução dos gastos militares não seria uma hipótese razoável (ANYANWU E CHAKRABARTI, 1993).

Corroborando com os mesmos argumentos indicados por Knight, Loaysa e Villanueva (1996), Dunne, Smith e Willenbockel (2005, p. 449) se utilizaram de premissas teóricas e econométricas a fim de atestar os possíveis impactos dos gastos militares sobre o progresso tecnológico e, conseqüentemente, sobre a produtividade do trabalho e o crescimento econômico em um número representativo de países. Para tal, esses últimos autores fizeram uma análise crítica dos resultados de alguns modelos econômicos aplicáveis ao tema, como o de Feder-Ram (1995) e de Barro (1990), concluindo pela inconsistência destes ao explicar os efeitos daqueles gastos sobre a economia.

Por fim, com base no trabalho de Dunne (2006), Dagnino (2008, p. 122) elucidou que, ao separar os dados entre períodos anterior e posterior ao fim da Guerra Fria, apesar de evidenciadas, para o primeiro período, correlações positivas entre gastos militares e avanços tecnológicos de modo geral e entre aqueles gastos e as taxas de crescimento econômico, tais correlações não seriam obtidas no período pós-Guerra Fria.

#### *P&D militar e crescimento econômico*

De outra forma, considerando não só a relação entre gastos militares e crescimento, mas também, de forma peculiar, os impactos da P&D no setor de defesa sobre esse mesmo crescimento, Chu e Lai (2012, pp. 475-476) analisaram os possíveis efeitos de *spin-off*<sup>6</sup> e de *crowding-out*<sup>7</sup> dessa modalidade de P&D no crescimento, sob a ótica dos custos de oportunidade advindos dos

---

<sup>6</sup> O conceito de *spin-off* está geralmente relacionado com a hipótese de que as tecnologias desenvolvidas para a produção militar podem ser aplicadas nos setores produtivos civis (DAGNINO, 2008). No entanto, *spin-offs* também podem abranger transbordamentos tecnológicos de uma área para outra, no meio civil (AMBROS, 2017).

<sup>7</sup> Conforme Gremaud et. al. (2004, pp. 376-377), “*crowding-out*” ou efeito “deslocamento” é definido como uma mera substituição de gastos privados por gastos públicos, de forma que um eventual aumento dos gastos públicos provocaria somente uma elevação da taxa de juros, sem causar variações positivas no produto. Com isso, ocorreria uma redução de investimentos privados e de outros componentes da demanda agregada proporcional ao aumento daqueles gastos.

recursos dispendidos na área científica militar em relação aos utilizados nos setores civis. A partir desse apontamento, esses mesmos autores atestaram as evidências de cada um desses efeitos da P&D militar sobre as taxas de crescimento dos países observados, os quais compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Nesse contexto, Ambros (2017, p. 137) ainda argumentou que uma eventual realocação de recursos de P&D, dos setores civis (públicos e privados) para a área de defesa, poderia inibir o crescimento econômico, causando assim os efeitos de *crowding-out*, visto que, dentre outras explicações, os *spin-offs* (ou transbordamentos tecnológicos) tenderiam a ser, em geral, mais céleres e direcionados caso fossem gerados pelos próprios setores civis.

Essa possível lentidão e falta de direcionamento dos *spin-offs* gerados pelo setor militar em relação aos provocados pelos próprios setores civis poderiam ser observados em função de vários motivos. Um deles seria que nem todas as tecnologias ou produtos militares seriam relevantes ou aplicáveis para os setores civis, haja vista as distinções de aspectos de mercado e de necessidades tecnológicas (ou de produção) entre as áreas civil e militar. Enquanto aquela área estaria focada no desempenho econômico, na qualidade dos seus produtos e na redução de custos, esta última teria como foco principal o aumento da segurança nacional, tendo como secundários e complementares quaisquer outros benefícios advindos de novos produtos ou tecnologias militares, a exemplo das transferências tecnológicas para o setor civil (ANYANWU E CHAKRABARTI, 1993).

Além disso, Dagnino (2008, pp. 126-127) observou que os setores industrial-produtivo e tecnológico militares não teriam mais, sobretudo após o fim da Guerra Fria, a capacidade de inovação, as economias de escala e a velocidade de mudança tecnológica suficientes para causar impactos positivos e significativos sobre o crescimento como teriam os setores industriais civis. Assim, uma eventual realocação de gastos em P&D, dos setores civis para o militar, poderia não ser economicamente razoável.

Finalmente, outro aspecto que poderia explicar uma possível influência do aumento dos gastos em P&D militar na retração do crescimento econômico seria a distorção de mercado causada pelo excesso de demanda por mão-de-obra qualificada (especialmente por cientistas e engenheiros). Tal distorção ocorreria caso a oferta desse tipo de mão-de-obra fosse insuficiente para atender à forte demanda requerida pelas empresas do setor de defesa/forças armadas. Consequentemente, os custos para empregar esses trabalhadores aumentariam tanto para os setores

civis quanto para a área militar, podendo causar redução dos lucros e, por sua vez, dos investimentos na economia como um todo (MOWERY, 2012).

Sob outra perspectiva, contrariamente aos argumentos de Dagnino (2008), Chu e Lai (2012), Ambros (2017), Gold (1991, p. 6) alegou que uma possível realocação de recursos de P&D, dos setores civis para a área de defesa ou vice-versa, não teria, por conseguinte, um peso significativo no aumento nem na retração das taxas de crescimento econômico.

Um exemplo que reforçaria essa alegação seria o caso do expressivo crescimento das economias alemã e japonesa após a 2ª Guerra Mundial, visto que, apesar da redução dos investimentos em P&D militar nesses países, a qual teria contribuído de alguma forma para o crescimento destes, a produtividade dessas economias teria sido incentivada predominantemente por outros fatores, como investimentos em educação e em infraestrutura (GOLD, 1991).

Diante do exposto, percebe-se então as dificuldades de se mensurar os benefícios econômicos gerados pela P&D militar de forma direta e isolada de outros fatores, uma vez que tais benefícios poderiam não ser diretamente identificados e precificados pelo mercado convencional (através de reduções de custos ou da melhoria na qualidade dos produtos).

No entanto, esses benefícios econômicos da P&D militar poderiam ser melhor observados pelos seus aspectos indiretos, através, por exemplo, da quantidade de patentes desenvolvidas para a economia civil (geradas por novos conhecimentos obtidos, por transferências tecnológicas ou por aquisições tecnológicas militares).

#### *Principais modelos keynesianos envolvendo gastos militares/P&D militar e crescimento*

Considerando agora os gastos militares (dentre os quais se inclui a P&D militar) e seus efeitos no crescimento apenas sob a ótica da demanda (como gasto público), Dunne e Nikolaidou (2012, p. 541) preconizaram que os modelos keynesianos teriam sido usados com frequência para estabelecer causalidades entre aqueles gastos e o crescimento econômico. De modo geral, tais relações causais se evidenciariam negativas, tendo em vista que os mesmos gastos poderiam trazer efeitos de deslocamento (*crowding-out*) na economia como um todo, ao reduzir os investimentos privados.

Nesse caso, os estudos keynesianos mais representativos no contexto da relação entre gastos militares/P&D militar e crescimento foram os modelos de Deger e Smith (1983), de Deger (1986a e 1986b), dentre outros<sup>8</sup> (AMBROS, 2017).

Dentre esses últimos modelos citados, Deger, por exemplo, tanto em seus pressupostos teóricos (1986b) quanto em seu modelo econométrico baseado em equações simultâneas (1986a), enfatizou especialmente os possíveis e predominantes efeitos de *crowding-out* causados pelos gastos militares/P&D militar nas economias dos países em desenvolvimento, de forma a reduzir a taxa de poupança e, por conseguinte, a acumulação de capital e o crescimento econômico nesses locais (GENTILUCCI E HERRERA, 2013).

Nesse sentido, Deger (1986b, p. 5) observou que tais efeitos poderiam se dar essencialmente pelos seguintes motivos: em primeiro lugar, a poupança/investimento doméstico se reduziria a fim de aumentar o consumo privado, como uma forma de compensar a oferta de serviços públicos (especialmente os sociais), consequência de eventuais restrições no orçamento fiscal provocadas pelo aumento no orçamento na área militar; ademais, a poupança do setor público também se reduziria em função de gastos militares adicionais e; por fim, poderia haver queda na poupança externa (levando a *déficits* nas contas externas), em decorrência do aumento das importações de armamentos e de outros produtos militares.

Por outro lado, ainda foram encontrados resultados significantes de *spin-offs* (porém, menos dominantes que os efeitos de *crowding-out*), no sentido de que os efeitos dos gastos militares, através da P&D militar, também poderiam ter um papel econômico benéfico aos países em desenvolvimento, sobretudo na criação de demanda adicional por produtos militares, o que levaria à redução da capacidade ociosa dessas economias, com o uso mais efetivo do capital produtivo, trazendo assim efeitos multiplicadores sobre as taxas de produtividade e, por conseguinte, sobre as taxas de crescimento de longo prazo (DEGER, 1986b).

No entanto, esse modelo, assim como outros modelos keynesianos em geral, por terem direcionado excessivamente os estudos para o aspecto da demanda, não se aprofundaram na análise dos possíveis impactos da oferta de produtos militares sobre o crescimento, sobretudo das melhorias tecnológicas e externalidades positivas trazidas pela produção do setor de defesa nacional.

---

<sup>8</sup> Outros modelos relacionados ao tema foram os obtidos por Faini, Annez e Taylor (1984) e Lebovic e Ishaq (1987) (AMBROS, 2017).

*Principais modelos neoclássicos envolvendo gastos militares/P&D militar e crescimento*

No que tange aos modelos neoclássicos ligados ao tema em questão, os quais conceberiam os gastos militares como um bem público puro, observou-se que, em geral, os efeitos econômicos advindos daqueles gastos poderiam ser então definidos pelo seu custo de oportunidade, ou seja, por uma ideia de *trade-off*<sup>9</sup> entre gastos ligados à defesa e gastos em outras áreas, de modo que o Estado e outros agentes envolvidos atuariam de forma racional para equilibrar os custos de oportunidade e os benefícios econômicos dos gastos militares, objetivando maximizar o nível desses gastos até o seu ponto ótimo (AMBROS, 2017).

Assim, tomando como base essa nova alternativa de explicação dos possíveis impactos positivos e negativos dos gastos militares/P&D militar sobre o crescimento econômico, Chu e Lai (2012, pp. 476-477) propuseram um modelo de crescimento baseado na oferta de P&D, de forma a identificar os possíveis efeitos da P&D militar na economia e a obter um nível ótimo que maximizasse os impactos sobre o crescimento do produto, assim como perfizeram Chang, Lai e Shieh (2002), os quais construíram um modelo de maximização de bem-estar relacionado com o nível ótimo de investimentos em P&D militar.

Igualmente, o modelo supracitado buscou também prever possíveis efeitos de *spin-in* na economia, isto é, eventuais transbordamentos de P&D do setor civil para o militar, os quais se tornariam cada vez mais frequentes após o final da Guerra Fria, devido à queda dos gastos na área de defesa como um todo (CHU E LAI, 2012).

Embora esse modelo tivesse utilizado apenas o fator trabalho em sua função de produção, ele foi considerado fundamental para analisar a participação de cientistas e engenheiros do setor de P&D nas inovações tecnológicas militares e civis.

Conforme ainda o entendimento tido por Kalaitzidakis & Tzouvelekas (2011, p. 1030), o principal pressuposto desse modelo proposto seria então que os efeitos da participação dos gastos militares/P&D militar sobre o crescimento se dariam por uma relação não linear, seguindo um padrão de curva inversa, de modo que haveria um nível ótimo de alocação acima do qual ele passaria a reduzir o crescimento econômico.

---

<sup>9</sup> A definição econômica de *trade-off* está ligada aos problemas de escolha entre diferentes alternativas econômicas a serem adotadas na produção e no consumo de bens e/ou serviços, dada a escassez de recursos e as necessidades humanas ilimitadas (GREMAUD et al., 2004).

Outros exemplos relevantes de modelos neoclássicos que discutiram a influência dos gastos militares/P&D militar no crescimento econômico foram os de Feder (1983), de Biswas e Ram (1986), assim como os de Barro (1990), de Ram (1995) e, mais recentemente, o de Derouen e Heo (2001).

Dentre os exemplos citados imediatamente acima, no caso do modelo de Biswas e Ram (1986, pp. 367-368), o qual representou uma extensão do modelo de Feder (1983), empregou-se uma função de produção neoclássica considerando os seguintes aspectos: os efeitos de externalidades positivas e negativas gerados pelo setor militar para o restante da economia e as diferenças de produtividade dos fatores de produção (capital e trabalho) entre os setores militar e civil.

Assim, ao considerar uma economia com dois setores, as funções de produção relativas aos setores civil (C) e militar (M) foram expressas da seguinte forma:

$$C = C(L_C, K_C, M) \quad (42)$$

e

$$M = M(L_M, K_M), \quad (43)$$

onde:

“ $L_C$ ” e “ $L_M$ ” seriam as quantidades de trabalho alocadas nos setores civil e militar, respectivamente (considerando  $L_C + L_M = L$ ); e

“ $K_C$ ” e “ $K_M$ ” seriam as unidades de capital aplicadas nos setores civil e militar, respectivamente (considerando  $K_C + K_M = K$ ).

A partir das equações (42) e (43), observou-se que a inclusão da variável M (setor militar) na primeira expressão permitiria que efeitos de externalidades fossem gerados para o setor civil, seja pelo do produto marginal positivo de M (em relação a C) ou pela maior produtividade de fatores utilizados no setor militar em relação aos empregados em C. Agregando assim os resultados dos dois setores, o produto total de uma economia (Y) seria dado por  $C + M$ .

Calculando todas as derivadas parciais possíveis nas duas funções de produção, o modelo demonstrou como tais efeitos de externalidades poderiam se dar. Primeiramente, caso o produto marginal de M em relação a C fosse maior que zero, isto é,  $C_M > 0$ , o aumento da oferta militar implicaria diretamente em um aumento da taxa de crescimento dessa economia.

Por outro lado, ao considerar as produtividades marginais de fatores nas funções de produção (42) e (43), seria possível indicar as externalidades através das diferenças de produtividade dos fatores de produção (capital e trabalho) entre os setores militar e civil. A relação observada se daria da seguinte forma:

$$\frac{M_L}{C_L} = \frac{M_K}{C_K} = (1 + \delta), \quad (44)$$

onde:

“ $M_L$ ” e “ $C_L$ ” seriam as produtividades marginais do trabalho em relação aos setores militar e civil, respectivamente;

“ $M_K$ ” e “ $C_K$ ” seriam as produtividades marginais do capital em relação aos setores militar e civil, respectivamente; e

“ $\delta$ ” indicaria um fator de diferença de produtividade relativa entre os setores militar e civil.

Com base na equação (44), verificou-se que, se  $\delta$  fosse maior que 0, haveria uma diferença a maior de produtividade marginal dos fatores em favor do setor militar, o que também poderia gerar efeitos de externalidades nessa economia e, por conseguinte, propiciar o aumento da taxa de crescimento econômico.

A partir dos pressupostos teóricos do modelo de Biswas e Ram (1986), os quais resultaram em especificações econométricas (equações de regressão linear<sup>10</sup>), foram analisadas empiricamente as possíveis evidências de impactos do setor militar sobre o crescimento econômico de 58 países em desenvolvimento e as variações de produtividade de fatores entre os dois setores (militar e civil) nesses países, nos períodos de 1960 a 1970 e de 1970 a 1977.

Após a realização desses testes empíricos, observou-se que os efeitos de externalidades do setor produtivo militar seriam insignificantes em relação à produção civil dos países amostrados. Ademais, esses mesmos autores sugeriram que as diferenças de produtividade entre os fatores de produção dos setores civil e militar também seriam estatisticamente insignificantes nos países observados.

De outra forma, partindo de uma proposta teórica além da observada até então em modelos neoclássicos como o de Biswas e Ram (1986), Derouen Jr. e Heo (2001, pp. 482-484)

---

<sup>10</sup>Nas equações de regressão linear, uma variável, denominada “variável dependente”, é expressa como uma função linear de uma ou mais variáveis, chamadas de “variáveis explanatórias”. Nesse contexto, pressupõe-se que, caso existam relações causais entre aquela variável e essas últimas, elas ocorrerão apenas em uma direção, a saber, das variáveis explanatórias para a dependente (GUJARATI E PORTER, 2011).

assumiram um modelo com três setores na economia (público não militar (N), militar (M) e privado (P)), de forma a segregar o setor civil, antes considerado de forma agregada em modelos anteriores.

Cada um desses setores teria a sua parcela de contribuição para o produto econômico utilizando-se dos insumos trabalho ( $L_M$ ,  $L_N$  e  $L_P$ ) e capital ( $K_M$ ,  $K_N$  e  $K_P$ ). Por sua vez,  $A_t$ ,  $B_t$  e  $C_t$  denotariam os fatores de mudança tecnológica neutra<sup>11</sup> dos setores militar, público não militar e privado, respectivamente. Ademais, tendo em vista os possíveis efeitos de externalidades gerados pelos setores militar e público não militar, esses próprios setores também seriam variáveis consideradas na função de produção do setor privado.

Sendo assim, o modelo de Derouen Jr. e Heo (2001) ficou estruturado da seguinte forma:

$$M = A_t F(L_M, K_M); \quad (45)$$

$$N = B_t G(L_N, K_N); e \quad (46)$$

$$P = C_t H(L_P, K_P, M, N) \quad (47)$$

Considerando todas as variáveis listadas nas equações (45), (46) e (47) acima, especialmente os fatores de mudança tecnológica, Derouen Jr. e Heo (2001) derivaram a equação da produto marginal da economia ( $dY/Y$ ), com base nas estimativas de produtividade marginal de cada insumo, conforme demonstrada abaixo:

$$dY/Y = \lambda + e^{\lambda t} \psi_L (dL/L) + e^{\lambda t} \psi_K (I/Y) + [\pi_M (M/Y) + e^{\lambda t} \psi_M] (dM/M) + [\pi_N (N/Y) + e^{\lambda t} \psi_N] dN/N + \lambda \pi_M (M/Y) + \lambda \pi_N (N/Y), \quad (48)$$

onde:

“ $dL/L$ ” seria a taxa de crescimento do trabalho;

“ $I/Y$ ”, o percentual de investimentos em relação ao produto ( $Y$ );

“ $dM/M$ ”, a taxa de crescimento dos gastos militares;

“ $M/Y$ ”, a proporção de gastos militares sobre o produto;

“ $dN/N$ ”, a taxa de crescimento dos gastos públicos não militares;

“ $N/Y$ ”, a proporção de gastos públicos não militares sobre o produto;

“ $\pi_M$ ” e “ $\pi_N$ ” representariam os impactos combinados do progresso tecnológico e do aumento da produtividade no crescimento econômico, derivados dos setores militar e público não militar;

---

<sup>11</sup>Entende-se por mudança tecnológica neutra o progresso tecnológico que não altera a distribuição de renda dos fatores de produção nem a proporção utilizada dos mesmos (DEROUEN E HEO, 2001).

“ $\psi_L$ ”, “ $\psi_K$ ”, “ $\psi_M$ ” e “ $\psi_N$ ” traduziriam os efeitos de externalidades provenientes de cada tipo de insumo; e “ $e^{\lambda t}$ ” seria um fator de mudança tecnológica sempre maior que zero (incluindo os casos em que o termo constante  $\lambda$  for negativo), devido à presença do exponencial.

A partir da equação indicada em (48), esses últimos autores avaliaram empiricamente as possíveis relações entre as variáveis correspondentes à mesma, sobretudo os eventuais efeitos dos gastos militares sobre o crescimento econômico, tendo a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) como variável dependente e as variáveis  $dL/L$ ,  $I/Y$ ,  $M/Y$ ,  $dM/M$ ,  $N/Y$  e  $dN/N$  como variáveis explanatórias. Por sua vez, os outros termos indicados, a exemplo dos efeitos de externalidades, corresponderiam aos coeficientes de cada uma das variáveis independentes.

Para tal estimação, foram selecionados 18 países da América Latina (não incluindo a Cuba, devido a problemas de disponibilidade de dados), com intervalos variáveis de observação para cada país, porém todos compreendidos entre 1961 e 1990.

Como resultados principais dessa análise, verificou-se, em geral, que o progresso tecnológico, a taxa de crescimento do trabalho e o aumento da proporção dos investimentos sobre o PIB teriam positivos e significativos impactos sobre o crescimento econômico. Outrossim, os efeitos de externalidades dos gastos militares e públicos não militares também seriam positivos e significantes no crescimento.

Ademais, as estimativas significantes obtidas dos coeficientes  $\lambda\pi_M$  e  $\lambda\pi_N$  demonstrariam que o aumento da proporção dos gastos militares e de dispêndios públicos não militares em relação ao PIB tenderiam a afetar o crescimento econômico, de forma negativa e positiva, respectivamente.

Ao considerar, porém, os resultados específicos de cada país analisado, constatou-se que o aumento dos gastos militares (totais e como proporção sobre o PIB) tenderiam a afetar negativamente o crescimento econômico em 13 dos 18 países observados, enquanto que, em quatro desses países, esses efeitos seriam positivos. No caso da Argentina, tais impactos dos gastos militares seriam nulos.

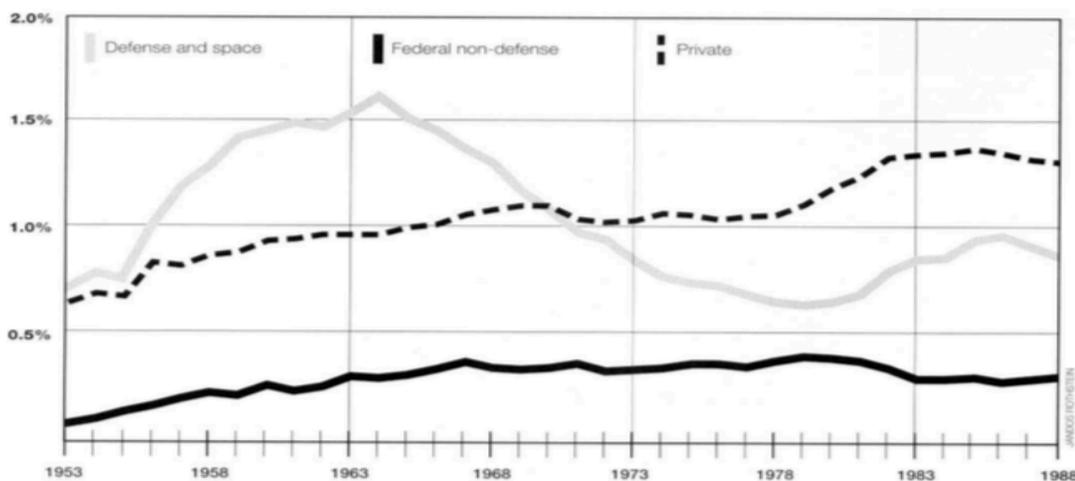
Por sua vez, os efeitos de externalidades dos gastos militares ( $\psi_M$ ) seriam significantes e positivos em cinco países (Chile, Costa Rica, México, Nicarágua e Peru) e, significantes e negativos, somente no Panamá. Nos demais países, tais efeitos se mostrariam nulos. Já os impactos do progresso tecnológico e da produtividade no setor militar ( $\pi_M$ ) seriam significantes e positivos apenas na Costa Rica e, significantes e negativos, em quatro países (Argentina, Colômbia, Nicarágua e Peru).

Em suma, os modelos neoclássicos apresentados neste tópico são baseados essencialmente em uma função de produção agregada que, por vezes, reflete em uma função de bem-estar social envolvendo gastos no setor militar (incluindo a P&D militar). Outrossim, esses estudos atinentes à oferta militar enfatizariam também os impactos dos *spin-offs* e de outras externalidades positivas gerados pelos gastos militares/P&D militar sobre o crescimento econômico, concluindo assim que os efeitos obtidos seriam, em geral, positivos ou nulos.

Todavia, a despeito de alguns modelos neoclássicos disponibilizarem instrumentos teóricos e empíricos úteis para avaliar a eficiência alocativa dos gastos militares/P&D militar em condições estáveis, tais modelos não conseguiram esclarecer como se daria a alocação eficiente desses gastos em relação aos gastos civis/P&D civil ao longo do tempo, tendo em vista que nem sempre os dados históricos refletiriam uma relação de *trade-off* entre gastos militares/P&D militar e gastos civis/P&D civil, tornando assim inconclusivos os resultados dos referidos modelos no sentido de obter uma alocação ótima de gastos em defesa.

Nesse contexto, Gold (1991, p. 2) argumentou que o próprio comparativo histórico entre gastos militares e não militares em P&D nos Estados Unidos da América (EUA) seria um exemplo que refutaria tal relação de *trade-off* entre esses indicadores, uma vez que, enquanto os investimentos em P&D militar (como percentual do PIB norte-americano) teriam aumentado durante os anos 1950 e 1980, somente nos anos 1980 esse *trade-off* se confirmaria, isto é, os gastos em P&D civil se reduziriam em função do aumento dos gastos em P&D militar. A dinâmica entre gastos em P&D civil (públicos não militares e privados) e gastos em P&D militar em relação ao PIB nos EUA pode ser visualizada no gráfico a seguir:

Figura 1 – Gastos em P&D como percentual do PIB nos EUA.



Fonte: Gold, (1991, p. 2).

Assim, baseado na figura 1 acima, depreende-se que, apesar da possibilidade de haver uma relação de *trade-off* entre gastos em P&D militar e gastos em P&D civil e, ainda, de haver alguma complementaridade entre componentes civis e militares de P&D em algum setor específico, a exemplo da computação, os gastos em P&D civil seriam, em geral, autônomos em relação aos gastos em P&D militar.

Por fim, ao focar predominantemente nos aspectos ligados à oferta (produção) militar, os pressupostos neoclássicos também negligenciam a influência e a participação ativa das forças armadas/Estado na determinação desses gastos.

#### *P&D militar e sua influência no crescimento econômico através da criação de patentes*

Não obstante as dificuldades em se mensurar de forma direta e isolada de outros fatores os impactos da P&D militar sobre a performance econômica, esses efeitos poderiam, contudo, ser melhor observados caso estes fossem evidenciados pelos seus aspectos indiretos, especialmente por meio da quantidade de patentes produzidas pelo setor militar e absorvidas pelo setor produtivo civil, conforme já mencionado no tópico “P&D militar e crescimento econômico”.

Sendo assim, esse tópico analisará brevemente alguns pressupostos teóricos que observaram uma relação indireta da P&D com o crescimento econômico através do número de patentes produzidas e, logo após, abordará como tais pressupostos poderiam ser estendidos para o caso específico da P&D militar.

Primeiramente, por meio do trabalho seminal de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008, pp. 779-781), argumentou-se que as variações do número de patentes por pesquisador não só tenderiam a ser influenciadas pela propensão em obter patentes e pela capacidade inovativa de um país, mas também estariam relacionadas com os níveis de produtividade dos setores de P&D e, por conseguinte, poderiam gerar efeitos na taxa de crescimento econômico dos países.

Esse trabalho apontou também outros aspectos relacionados com a produtividade de P&D, como as políticas voltadas à educação e à ciência e tecnologia (C&T), estas, por sua vez, estritamente relacionadas com a quantidade de patentes produzidas. Isso porque tais políticas poderiam promover maior transferência de conhecimento e capacidade de absorção tecnológica

para os setores de P&D em geral (dentre os quais, o setor militar) e para as economias como um todo.

Com o intuito ainda de melhor justificar esse entendimento sobre as possíveis relações entre a produção de patentes e a produtividade da P&D, esse mesmo trabalho se inspirou fundamentalmente no modelo de crescimento de Romer (1990)<sup>12</sup>, fazendo as adaptações necessárias para estruturar a sua função de produção de patentes e, logo após, estimar os parâmetros dessa função através de testes empíricos.

Considerando  $L_r$  o número de trabalhadores dedicados ao setor de produção de ideias, a função de produção de patentes de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008) foi expressa da seguinte forma:

$$\dot{P} = \delta L_{r_i}^\lambda, \quad (49)$$

onde:

“ $\dot{P}$ ” seria o número observado de patentes;

“ $\lambda$ ” seria um indicador de produtividade dos pesquisadores; e

“ $\delta$ ” seria o nível de propensão à criação de patentes.

A partir da função de produção expressa em (49), as relações entre as variáveis descritas, sobretudo entre a produtividade no setor de P&D e a quantidade de patentes produzidas, foram estimadas por meio de equações econométricas, as quais serão melhor abordadas no próximo capítulo deste trabalho.

Apesar de essa mesma função ter expressado, em tese, uma relação direta e imediata entre a produtividade do setor de P&D e o número de patentes produzidas, os efeitos daquela sobre esta variável nem sempre seriam observados de forma instantânea e automática, tendo em vista que o nível de propensão à criação de patentes ( $\delta$ ) poderia não ser elevado o suficiente para que tais efeitos fossem logo evidenciados.

Uma das possíveis causas desse nível insuficiente de propensão à criação de patentes e, conseqüentemente, do retardamento da produção de patentes seria a lentidão natural de alguns

---

<sup>12</sup>Esse modelo adaptado se baseou na função de produção de conhecimento/tecnologia desenvolvida pelo modelo de crescimento de Romer (1990). Entretanto, aquele modelo trouxe alguns aspectos distintos deste, como a possibilidade de variações na produtividade dos pesquisadores e a não dependência direta da produção de conhecimento em relação ao estoque de conhecimento, visto que este influenciaria diretamente a produtividade dos pesquisadores, e não a produção de conhecimento como um todo (RASSENFOSSE E VAN POTTELBERGHE DE LA POTTERIE, 2008).

setores em absorver os complexos conhecimentos necessários para as devidas apropriações de patentes (as quais seriam imperfeitas), a exemplo das indústrias aeronáutica e de semicondutores, que tenderiam a apresentar curvas de aprendizagem<sup>13</sup> mais dilatadas (KLEVORICK, LEVIN, NELSON E WINTER, 1987).

No entanto, embora compactuassem com o mesmo entendimento de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie ao estabelecerem uma relação estreita e positiva entre a produtividade no setor de P&D e o número de patentes produzidas, Horstmann, MacDonald e Slivinski (1985, pp. 837-838) argumentaram que apenas uma parcela das inovações produzidas pelas firmas em geral seria patenteada.

Isso significa que somente essa parcela patenteada deveria ser considerada, de fato, nos modelos que envolvessem a relação entre as duas variáveis. Assim, essa problemática pressupunha uma relação positiva, porém imperfeita, entre a produtividade no setor de P&D e a criação de patentes.

Por outro lado, seguindo a mesma linha teórica até então apresentada, mas, nesse caso, analisando estritamente a relação indireta entre a P&D militar e o crescimento econômico através da criação de patentes, Anyanwu e Chakrabarti (1993, pp. 136-138 e pp. 142-143) verificaram que, apesar da demonstração de impactos diretos insignificantes da P&D na área de defesa sobre as taxas de crescimento nos EUA, o mesmo não aconteceria caso fossem considerados os efeitos indiretos tidos pela mudança tecnológica, medida pelo número de patentes concedidas nos EUA (o qual seria utilizado como variável *proxy* (intermediária) do modelo estimado).

Tal verificação empírica foi realizada através de um modelo de equações simultâneas<sup>14</sup> baseado em dados de séries temporais<sup>15</sup> obtidos dos EUA, sendo mensurados em termos de mudanças percentuais, entre os anos de 1955 a 1988, e contendo variáveis endógenas e exógenas.

---

<sup>13</sup>As curvas de aprendizagem são representações matemáticas dos níveis cognitivos de aprendizado de trabalhadores quando estes desempenham tarefas repetitivas. Essas ferramentas têm sido úteis nas avaliações de desempenho de trabalhadores submetidos a novas tarefas, ao acompanhar o progresso dos mesmos à medida em que as repetições acontecem (ANZANELLO E FOGLIATTO, 2007).

<sup>14</sup>Conforme preconizado por Gujarati e Porter (2011, p. 667), nesse tipo de modelo econométrico, há uma relação ambígua ou simultânea entre as variáveis dependentes e explanatórias, tornando duvidosa a distinção entre as mesmas, além de ter necessariamente mais de uma equação, uma para cada variável endógena (ou conjunto de variáveis dependentes). Com isso, diferentemente do que ocorre nos modelos com equação única, nos de equações simultâneas, os parâmetros de uma equação devem ser estimados levando em consideração as informações trazidas pelas outras equações do sistema.

<sup>15</sup>Dados de séries temporais podem ser definidos como um conjunto de valores observados em momentos distintos do tempo, coletados em intervalos regulares, como os preços de ações (diariamente) (GUJARATI E PORTER, 2011).

As primeiras variáveis (endógenas) seriam representadas pela tecnologia (medida pelo número de patentes concedidas - TECH), pelas competências profissionais científicas e de engenharia (mensuradas pelo número de cientistas e de engenheiros - TESK), pelo PIB da economia civil (total do PIB menos os gastos militares - CIVGDP) e pelos investimentos em P&D militar (MIRAD).

Já as últimas variáveis (exógenas) seriam os outros gastos militares (MINRAD = total de gastos militares – MIRAD), os investimentos privados em P&D (PRAD), os gastos totais privados (PREX), os outros gastos privados (PREXLPRAD = PREX – PRAD), os gastos em educação (ED), os gastos públicos desconsiderando os gastos militares (GELM) e os gastos públicos sem considerar os gastos em defesa e em educação (GELMED).

Assim, com base nas variáveis supracitadas, o modelo econométrico de Anyanwu e Chakrabarti (1993) ficaria estruturado através do seguinte conjunto de equações simultâneas:

$$\text{TECH} = a_0 + a_1\text{TESK} + a_2\text{MIRAD} + a_3\text{MINRAD} + a_4\text{GELM} + a_5\text{PRAD} + a_6\text{PREXLPRAD} + e_1 \quad (50)$$

$$\text{TESK} = b_0 + b_1\text{ED} + b_2\text{MIRAD} + b_3\text{MINRAD} + b_4\text{GELMED} + b_5\text{PRAD} + b_6\text{PREXLPRAD} + e_2 \quad (51)$$

$$\text{CIVGDP} = C_0 + C_1\text{PREX} + C_2\text{TECH} + C_3\text{TESK} + C_4\text{MIRAD} + C_5\text{MINRAD} + C_6\text{GELM} + e_3 \quad (52)$$

$$\text{MIRAD} = D_0 + D_1\text{MINRAD} + D_2\text{TECH} + D_3\text{TESK} + D_4\text{CIVGDP} + D_5\text{PRAD} + e_4, \quad (53)$$

onde:

"a<sub>0</sub>", "b<sub>0</sub>", "C<sub>0</sub>" e "D<sub>0</sub>" seriam os parâmetros constantes ou interceptos de cada equação;

"a<sub>1</sub>", "a<sub>2</sub>", "a<sub>3</sub>", "a<sub>4</sub>", "a<sub>5</sub>", "a<sub>6</sub>", os parâmetros de interesse de cada variável independente em (50);

"b<sub>1</sub>", "b<sub>2</sub>", "b<sub>3</sub>", "b<sub>4</sub>", "b<sub>5</sub>", "b<sub>6</sub>", os parâmetros de interesse de cada variável independente em (51);

"C<sub>1</sub>", "C<sub>2</sub>", "C<sub>3</sub>", "C<sub>4</sub>", "C<sub>5</sub>", "C<sub>6</sub>", os parâmetros de interesse de cada variável independente em (52);

"D<sub>1</sub>", "D<sub>2</sub>", "D<sub>3</sub>", "D<sub>4</sub>" e "D<sub>5</sub>", os parâmetros de interesse de cada variável independente em (53);

"e<sub>1</sub>", "e<sub>2</sub>", "e<sub>3</sub>", "e<sub>4</sub>", os termos de erro de cada uma das equações imediatamente acima.

Considerando então o conjunto de equações observadas em (50), (51), (52) e (53), observou-se que, assim como ocorre entre diversas variáveis indicadas, a relação de causalidade

entre a quantidade de patentes obtidas nos EUA e os investimentos em P&D militar nesse mesmo país (observada em (50) e (53)) seria ambígua, ou seja, um possível aumento de tais investimentos poderia influenciar a criação de patentes e, ao mesmo tempo, esta tenderia a influenciar o aumento dos gastos em P&D militar.

Por conseguinte, quanto aos possíveis efeitos da P&D militar no crescimento econômico, a interpretação realizada por aquele modelo seria no sentido de que, mesmo não havendo evidências diretas desses efeitos da P&D militar para a economia norte-americana, tais evidências poderiam se dar de forma indireta, através do progresso tecnológico (mensurado em termos de número de patentes provenientes de produtos ou tecnologias advindas do setor de defesa).

Um provável exemplo daquelas evidências indiretas poderia ser atribuído às estruturas dos sistemas nacionais de inovação dos principais países que compõem a OCDE (incluindo os EUA, Reino Unido e França), as quais teriam sido predominantemente fomentadas pelas patentes ligadas a investimentos em P&D militar nesses três países (MOWERY, 2012).

Em que pese tal conclusão, ressaltou-se que o aumento do progresso tecnológico não seria dado em função somente da P&D militar, mas também, por exemplo, da P&D nos setores civis e da qualificação técnica de profissionais envolvidos (como cientistas e engenheiros).

De outra forma, em posicionamento contrário ao preconizado no modelo de Anyanwu e Chakrabarti (1993), Cowan e Foray (1995, p. 853) sustentaram que tais evidências indiretas (relacionadas com a quantidade de patentes atreladas à P&D militar) não necessariamente se confirmariam, visto que as patentes ligadas à P&D militar estariam, em geral, trazendo retornos econômicos mais baixos se comparados com os efeitos gerados pelas patentes associadas à P&D dos setores privados civis.

Apesar disso, depreendeu-se também a partir desse mesmo argumento que, a depender do estágio específico do ciclo de vida tecnológico de um produto ou processo, a P&D no setor de defesa poderia influenciar de forma positiva ou não as transferências de tecnologia para determinados setores econômicos (incluindo os impactos indiretos através da criação de patentes). Para melhor explicar, os estágios tecnológicos iniciais de um produto militar tenderiam a apresentar um maior potencial para implicações econômicas/comerciais positivas. Por sua vez, os processos militares teriam maior influência econômica nas suas fases tecnológicas finais.

Do mesmo modo, mas partindo de resultados empíricos comparativos entre os países da OCDE, Malik (2018, pp. 199-200) inferiu que, de um modo geral, os investimentos em defesa (a

exemplo dos gastos em atividades de P&D militar) poderiam então influenciar positivamente a inovação/criação de patentes e a performance econômica com base no ciclo de vida tecnológico de um produto ou processo, conforme explicado no parágrafo imediatamente anterior.

Nesse contexto, esse último autor enfatizou de uma forma mais específica os efeitos de tais investimentos militares nas exportações de alto valor tecnológico, as quais teriam impactos diretos no desempenho econômico dos países observados. Contudo, ressaltou-se que aqueles efeitos poderiam variar de país para país, tomando como base os impactos dos EUA em relação aos outros países da OCDE.

Um exemplo comparativo desses efeitos seria a disparidade entre as quantidades de patentes militares produzidas nos EUA e na China, tendo em vista que, enquanto o primeiro país, mesmo sendo o líder mundial em gastos militares, apresenta um total de apenas 411 patentes nesse setor, o segundo possui mais de 6.000, segundo dados obtidos da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI)<sup>16</sup>.

No que tange à produção de patentes propriamente dita, os principais resultados do modelo de Malik (2018) indicaram que, apesar de não serem variáveis correlacionadas<sup>17</sup>, os investimentos militares tenderiam a influenciar positivamente a quantidade de patentes de forma indireta, que, por conseguinte, conduziria a uma maior performance econômica através das exportações de produtos/processos de alta tecnologia, sendo que essa influência teria maior ou menor intensidade a depender do país em análise.

A fim de atestar e esclarecer os resultados indicados nos três últimos parágrafos, em primeiro lugar, Malik (2018, pp. 200-203) analisou as interações existentes entre instituições militares e comerciais civis em torno do Sistema Nacional de Inovação (SNI) e seus reflexos sobre as transferências de tecnologia, as inovações/patentes produzidas e, conseqüentemente, sobre a performance econômica, interações essas baseadas em quatro elementos institucionais: pessoas, produtos, sistemas e símbolos.

---

<sup>16</sup>Disponível em: <<https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>>.

<sup>17</sup>A correlação entre variáveis está ligada à força ou ao grau de associação linear entre as mesmas (tratadas simetricamente). Por sua vez, apesar de a análise de correlação estar associada à análise de regressão, tais análises não se confundem entre si, pois partem de conceitos distintos, de forma que, por exemplo, mesmo que haja uma correlação positiva entre X e Y, isso não garante que haja uma relação em termos de regressão entre tais variáveis, e vice-versa (GUJARATI E PORTER, 2011).

Posteriormente, o mesmo autor estruturou um modelo de regressão com dados em painel<sup>18</sup>, com o intuito de testar empiricamente os efeitos dos investimentos militares em relação à produção de patentes, à quantidade de publicações científicas e, em última instância, ao valor das exportações de alta tecnologia em 29 países da OCDE observados, entre os anos de 1993 e 2015.

Tal análise partiu de um modelo que apresentou como variável dependente ( $Y_{it}$ ) as exportações de alta tecnologia, mensuradas pelo percentual de produtos de alta tecnologia exportados em relação ao total exportado em toda a economia. Já o vetor de variáveis independentes ( $X_{it}$ ) indicadas foi subdividido em dois tipos de variáveis: principal e intermediárias.

Nesse caso, a variável independente principal seria os investimentos em defesa (incluindo a P&D militar) como percentual do PIB e as variáveis independentes intermediárias seriam os números de registros de artigos científicos e de patentes em um país, ambos contados em nível nacional, as quais também poderiam ser consideradas variáveis dependentes em dois dos seis cenários de modelos propostos a partir do modelo principal a ser demonstrado em seguida.

Com base nas informações imediatamente acima, o modelo econométrico de Malik (2018), baseado em variáveis *dummy*<sup>19</sup> e em efeitos fixos<sup>20</sup>, apresentou-se genericamente da seguinte forma:

$$Y_{it} = c + X'_{it}\alpha + \delta_t + \delta_i + \varepsilon_{it}, \quad (54)$$

onde:

"c" seria uma constante;

" $\alpha$ ", os parâmetros de interesse em cada variável independente;

---

<sup>18</sup>A análise de modelos de regressão com dados em painel está baseada na dimensão temporal e espacial, isto é, agrupa observações de séries temporais e de corte transversal para estimar as variáveis indicadas (GUJARATI E PORTER, 2011). No exemplo desse modelo específico, havia dados combinados de quatro variáveis (uma dependente e três independentes) entre todos os países (29, no total) e anos (de 1993 a 2015) observados.

<sup>19</sup>Segundo Gujarati e Porter (2011, p. 288), as variáveis *dummy* podem ser definidas como variáveis de natureza qualitativa (ou de escala nominal), as quais indicam, em geral, a presença ou a ausência de uma "qualidade" ou atributo em um modelo econométrico, a exemplo de gênero, raça, cor, religião, dentre outros aspectos, assumindo comumente os valores de 1 (presença) e 0 (ausência). No caso desse modelo analisado, assumiu-se um vetor contendo todas as variáveis *dummy* referentes ao tempo e outro, com as variáveis *dummy* relacionadas a cada país amostrado.

<sup>20</sup>Um modelo de dados em painel com efeitos fixos indica que o intercepto/coeficiente linear pode se distinguir entre indivíduos e/ou entre períodos diferentes, mas, em regra, o intercepto de cada indivíduo se mantém invariável no tempo (GUJARATI E PORTER, 2011). Em relação a esse modelo estudado, porém, foram considerados efeitos fixos tanto do indivíduo quanto do tempo (efeitos fixos bidirecionais).

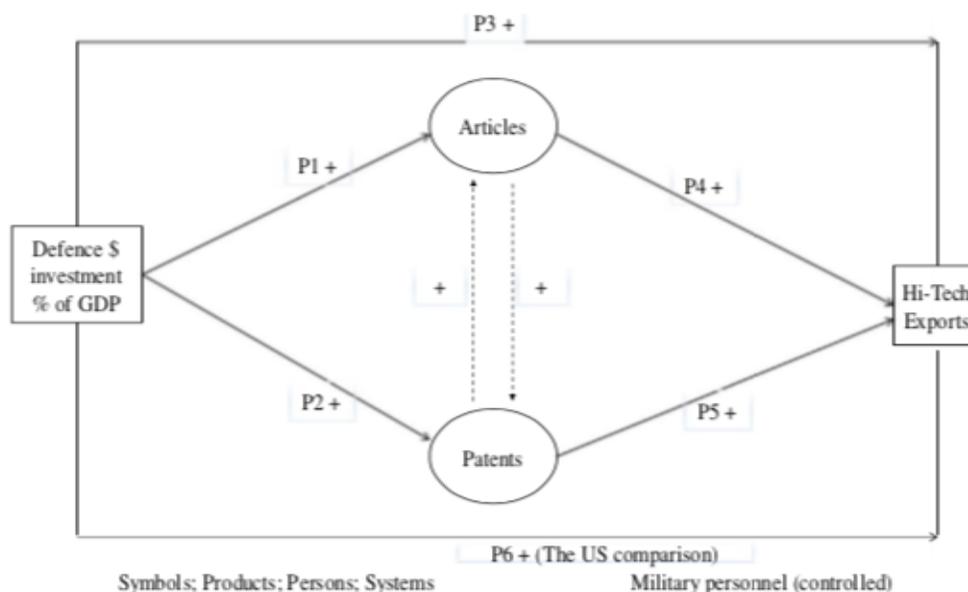
" $\delta_t$ ", um vetor de variáveis *dummy* de tempo;

" $\delta_i$ ", um vetor de variáveis *dummy* individuais (referentes a cada país);

" $\varepsilon_{it}$ ", o termo de erro.

Alternativamente, as relações entre as variáveis expressas na equação (54) ainda podem ser representadas e interpretadas através da seguinte figura:

Figura 2 – Representação do modelo econométrico proposto por Malik.



Fonte: Malik (2018, p. 203).

A partir da figura 2 acima descrita, pôde-se melhor visualizar o papel das patentes no modelo de Malik, de modo que elas poderiam ser, ao mesmo tempo, variáveis explanatórias (P5) e dependentes (P2), a depender da direção de causa e efeito (indicada pelas setas) e do cenário de modelo proposto em função do modelo principal (P1, P2, P3, P4, P5 e P6).

Em suma, os resultados apresentados por esse modelo (e por suas variantes) indicaram uma relação positiva dos investimentos em defesa (em que a P&D militar está inserida) e da quantidade de patentes (indiretamente) com o percentual de exportações de alta tecnologia e, conseqüentemente, com a taxa de crescimento de uma economia.

Sendo assim, diante dessa breve exposição dos principais pressupostos teóricos sobre os gastos militares, observa-se que não há um consenso em relação aos efeitos dos gastos

militares/P&D militar sobre o crescimento econômico, tendo em vista que, de modo geral, na corrente neoclássica, a maioria dos seus modelos tendem a considerar tais efeitos nulos ou positivos (através de *spin-offs* e de outras externalidades positivas, como incentivos à educação, ou à qualificação profissional). Por outro lado, os resultados dos modelos keynesianos evidenciam, predominantemente, efeitos negativos daqueles gastos sobre o crescimento (através de *crowding-outs*). Portanto, os resultados encontrados têm sido ambíguos e inconclusivos.

Entretanto, dadas as dificuldades encontradas por aqueles modelos (neoclássicos e keynesianos) em quantificar, de forma direta e isolada de outras variáveis, os impactos da P&D militar sobre a performance econômica, outros modelos se propõem a melhor evidenciar tais efeitos ao considerarem os aspectos indiretos envolvidos nessa possível relação, sobretudo os associados à quantidade de patentes produzidas pelo setor militar e absorvidas pelo setor produtivo civil e que, por sua vez, podem conduzir a maiores taxas de crescimento econômico.

No caso, esses últimos modelos indicam, em geral, uma relação positiva entre a P&D militar e o número de patentes produzidas em um país, o qual, por conseguinte, tende a ser uma variável influente no crescimento econômico. Todavia, conforme ressaltado, por exemplo, no modelo de Malik (2018), esses efeitos positivos podem não ser imediatos, pois estão baseados no ciclo de vida tecnológico de um produto ou processo militar.

Por fim, após essa breve abordagem teórica, também se mostra necessário esclarecer os principais fatos históricos, assim como conceitos fundamentais que serviram de base para a formalização das teorias apresentadas em relação à influência da P&D militar no crescimento econômico.

## **2.2 FATOS HISTÓRICOS E CONCEITOS ENVOLVENDO P&D MILITAR E CRESCIMENTO**

Remontam ao século XVI as primeiras tentativas de introduzir inovações nas tecnologias militares da época, mais precisamente na fabricação de armamentos militares por parte da Grã-Bretanha. No entanto, somente no século XIX, de forma ainda reduzida e restrita aos britânicos, tais inovações passaram a ser concebidas como um processo organizado, baseado em incentivos à P&D na indústria de defesa britânica. Logo após, com o advento da 1ª Guerra Mundial, embora impactos das tecnologias desenvolvidas no meio militar já pudessem ser discretamente observados

no próprio setor militar e na economia industrial como um todo, esse conflito ainda não seria suficiente para que o volume de investimentos em P&D militar se tornasse significativo e, possivelmente, produzisse efeitos econômicos relevantes (MOWERY, 2012).

Assim, apenas a partir do contexto da 2ª Guerra Mundial, a P&D militar passou a ser tratada como um fator relevante para a incorporação de novas tecnologias e, conseqüentemente, para o crescimento econômico (LESKE, 2013; BARROS et al., 2013). Isso foi resultado de um processo de percepção nas forças armadas em geral da importância estratégica do conhecimento e da tecnologia para a melhoria dos setores de defesa/segurança de diversos países, motivado especialmente pelas demandas tecnológicas militares requeridas naquele conflito (COSSUL E GERALDO, 2017).

Em decorrência desse fato, aumentaram-se os incentivos para a realização de investimentos cada vez mais expressivos em P&D militar, sobretudo nos EUA e em outros países desenvolvidos, por intermédio dos seus respectivos governos, instituições de pesquisa e de ensino militares estatais (LESKE, 2013; BARROS et al., 2013).

Nesse contexto, Dagnino (2008, p. 116) ressaltou as inovações obtidas por meio de investimentos em P&D na área de defesa durante a 2ª Guerra Mundial, o que atraiu maiores oportunidades de negócios para as empresas civis, principalmente nos EUA. Tal efeito seria indicado como “*spin-off*”, isto é, a transferência de tecnologia e de conhecimento do setor industrial e produtivo militar para os setores civis, de forma que tais avanços tecnológicos de P&D militar fossem aplicados na produção de bens no meio civil.

Segundo Anyanwu e Chakrabarti (1993, pp. 137), os principais casos de *spin-offs* poderiam se dar por:

- a) Transferências intraindustriais, as quais denotam transferências de tecnologia entre setores equivalentes das áreas militar e civil, como entre a navegação marítima militar e a comercial; e
- b) Transferências interindustriais, que são definidas como transferências de tecnologia entre setores distintos das áreas militar e civil, a exemplo da aplicação da tecnologia a *laser* dos sistemas de armamentos militares na biomedicina civil.

Da mesma forma, outras externalidades positivas da P&D militar na produtividade econômica dos países poderiam ser evidenciadas de forma indireta, através, por exemplo, dos incentivos à formação de capital humano, seja pela educação formal ou pela qualificação

profissional, das economias de escala nos setores industriais que apoiam a indústria de defesa, da expansão das infraestruturas de transporte, como estradas, portos e aeroportos (COSSUL E GERALDO, 2017), assim como das patentes geradas por produtos ou tecnologias advindas do setor de defesa (ANYANWU E CHAKRABARTI, 1993).

Para exemplificar, Ruttan (2006, p. 5) reforçou que, ao longo do século XX, a P&D militar teria sido fundamental para o progresso tecnológico de seis áreas específicas, a saber: as indústrias aeronáutica, de computação, de semicondutores, espacial, a internet e a energia nuclear. Assim, foi observado que a P&D em defesa teria contribuído positivamente para a evolução tecnológica das áreas mencionadas.

No entanto, alega-se que tais efeitos, sejam diretos ou indiretos, teriam sido frequentes apenas durante a 2ª Guerra Mundial e nas duas décadas iniciais da Guerra Fria, tendo como consequência o avanço dos setores exemplificados imediatamente acima. Após esses dois períodos, a partir do começo da década de 1970, a ocorrência de *spin-offs* passaria a ser cada vez menor. Portanto, consideraram-se factíveis e evidentes naquele período (durante a 2ª Guerra Mundial e no início da Guerra Fria) os benefícios gerados pelos transbordamentos de tecnologias produzidas na área militar para o desempenho econômico de diversos países, sobretudo dos EUA (RUTTAN, 2006).

Nesse contexto, Leske (2013, p. 62) indicou alguns exemplos de *spin-offs* evidenciados também no Brasil. Um deles foi o desenvolvimento do programa FX-2<sup>21</sup>, concebido para a melhoria da competitividade brasileira no mercado externo e o estímulo à indústria nacional por meio do aumento de valor agregado.

Além disso, ressalta-se ainda, no caso brasileiro, a contribuição de institutos de pesquisa e treinamento militares, como o Instituto Militar de Engenharia (IME), o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), dentre outros, na formação inicial desses processos de *spin-offs*, de modo que o capital humano e tecnológico gerado poderia ser aproveitado por diversos setores da economia, e não somente pela área militar. Assim, nesse exemplo, o Estado, através das atividades de pesquisa e inovação desses institutos militares, estaria incentivando também a oferta de capital humano/tecnológico de defesa (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, 2010).

---

<sup>21</sup>Esse projeto, lançado inicialmente durante o governo de Fernando Henrique Cardoso e, logo após, reformulado no Governo Lula (2006), tem o objetivo de reequipar e renovar a Aviação de Caça da Força Aérea Brasileira (FAB).

Outrossim, Pacheco e Pedone (2016, p. 3) destacaram também a atuação do Estado na demanda por produtos/tecnologias militares como uma política industrial eficaz para a P&D na área de defesa. Isso porque o Estado poderia, através de compras públicas de bens militares, sobretudo intermediários, impulsionar o crescimento da demanda por tais produtos/tecnologias e, por consequência, influenciar o desenvolvimento de produtos finais com maior nível tecnológico, com a possibilidade de gerar *spin-offs* para outros setores econômicos.

Por outro lado, indo de encontro aos argumentos históricos favoráveis às evidências de *spin-offs* até então apresentados, Duarte (2012, p. 27) ressaltou que, nos últimos 200 anos, a maior parte das inovações tecnológicas teriam ocorrido visando à sua aplicação primeiro no meio civil, e, depois, no campo militar. Tal processo seria chamado comumente de *spin-in* ou *spin-on*, ou seja, o aproveitamento pelo setor militar da P&D desenvolvida nas áreas civis.

Em outras palavras, a maioria dos avanços tecnológicos de emprego militar teriam surgido, primeiramente, mediante a alocação de recursos do capitalismo internacional, esta impulsionada por outras fontes dissociadas das forças armadas. Dessa forma, ao longo desses últimos dois séculos, tais avanços denotariam uma predominância do efeito de transbordamento de tecnologia do meio civil para o militar, e não o contrário.

Seguindo o mesmo posicionamento do parágrafo imediatamente anterior, Ruttan (2006, pp. 20-22), avaliou que, apesar das demonstrações fáticas da existência de *spin-off* no desenvolvimento de tecnologias civis, não havia evidências de que isso poderia ocorrer frequentemente, sobretudo a partir da segunda metade do período da Guerra Fria, no início dos anos 1970. Tal tendência contrária aos *spin-offs* se manteria então durante as décadas seguintes.

A título de exemplo, esse último autor destacou que as mudanças significativas na economia dos EUA e na sua estrutura industrial de defesa ao longo dos anos 1990, logo após o término da Guerra Fria, teriam reduzido ainda mais o montante de investimentos em P&D militar, tendo em vista que esta já não tinha a mesma eficiência e capacidade de trazer melhorias tecnológicas como outrora. Com isso, passou-se a questionar o chamado “paradigma do *spin-off*” e a privilegiar os processos de *spin-in*, através do desenvolvimento de tecnologias duais (aproveitadas tanto pelos setores civis quanto pelo setor militar).

Do mesmo modo, tais mudanças também ocorreriam na economia do Reino Unido, visto que, ao final da década de 1980 (com o término da Guerra Fria), havia incertezas quanto à contribuição efetiva da P&D militar para a inovação, a produtividade e o crescimento econômico

dessa região, resultando assim em uma reavaliação da real necessidade desse tipo de investimento para o desenvolvimento da economia local (SIMMIE, 1995).

Considerando esses exemplos trazidos por Simmie (1995) e Ruttan (2006), é possível refutar a existência inequívoca dos *spin-offs* da P&D militar, dado que, apesar da possibilidade de haver transbordamentos de tecnologia do setor militar para o civil, essa ideia não poderia ser tomada como regra geral. Isso porque os avanços trazidos pelas forças armadas nem sempre seriam transferidos para o meio civil, podendo demorar anos ou simplesmente não acontecer (LESKE, 2013).

Logo, os *spin-offs* não se refletiriam de forma automática e incontestável na economia, uma vez que estes efeitos dependeriam de diversos fatores relacionados, como a modalidade tecnológica utilizada, o tipo de mercado envolvido, a capacidade de absorção tecnológica pelo setor a ser beneficiado, o local onde a tecnologia será implantada e a disponibilidade de recursos para tal implantação (COSSUL E GERALDO, 2017).

Entretanto, ainda que os *spin-offs* não se apresentassem como processos naturais em todos os ramos de produção da economia, isso não significava que esses efeitos não poderiam se verificar, de fato, em algumas áreas específicas. Para exemplificar essa situação, Simmie (1995, p. 6) pontuou que os setores aeroespacial e eletrônico civis do Reino Unido, altamente dependentes dos investimentos em P&D militar nesse país, foram afetados negativamente com os cortes de gastos públicos e privados em P&D militar no final dos anos 1980.

No que diz respeito ao cenário brasileiro, Dagnino e Campos Filho (2007), mencionados em Leske (2013, pp. 62-63), ainda em contraposição à existência de *spin-offs* no País, apontaram alguns fatos que poderiam inibir esses efeitos, tais como a baixa quantidade de empresas com volumes significativos de investimentos em P&D, a não transferência de conhecimento tecnológico das empresas estrangeiras (em tese, mais inovadoras) para as filiais no Brasil, além da ênfase dada à importação de produtos de alto valor agregado, como máquinas e equipamentos, limitando a produção interna, o que restringiria o transbordamento tecnológico para outros setores da indústria nacional.

Ademais, outro aspecto que também poderia inibir os efeitos de *spin-offs* no Brasil e, ao mesmo tempo, dificultar o aumento dos investimentos em P&D militar seria a possível insuficiência de demanda por produtos de defesa de alto valor tecnológico, que, em geral, estaria

relacionada com as compras realizadas pelas forças armadas brasileiras (BARCELLOS et al., 2017).

Do mesmo modo, conforme citado por Leske (2013, p. 63), Dagnino (2010) sustentou ainda que diversas firmas nacionais ligadas ao setor de defesa brasileiro não demonstrariam desempenhos a ponto de refletir tais efeitos de *spin-offs*. Isso porque tais empresas não teriam escala e nem qualidade produtiva suficientes para permitir a incorporação de maior valor agregado tecnológico aos produtos militares, de forma a gerar transbordamentos no setor civil (ABDI, 2010).

Como reflexos desse baixo desempenho tecnológico-produtivo de muitas daquelas firmas militares, destaca-se, finalmente, o reduzido número de patentes assinaladas no Brasil em comparação com outros países, possível consequência do pequeno aporte de investimentos em P&D militar, especialmente em pesquisadores para o setor, dentre doutores e mestres, que também estariam aquém de outras regiões mais desenvolvidas (LESKE, 2013).

Após as considerações teóricas apresentadas até aqui, surgem algumas questões a serem enfrentadas ao longo dos próximos capítulos do presente trabalho.

Em resumo, tais questões envolvem identificar e avaliar teórica e empiricamente as possíveis relações entre P&D militar e crescimento econômico a partir de duas hipóteses: Uma é a de que o gasto em P&D militar poderia influenciar direta e positivamente a produtividade tecnológica (mensurada pelo número de patentes produzidas) e, por sua vez, influenciar de forma indireta e positiva, a taxa de crescimento econômico por meio de *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar o valor tecnológico das patentes às produções civis. A outra é a alternativa de que os investimentos em P&D na área de defesa poderiam causar indiretamente um “efeito-distorção” negativo no desempenho econômico, como resultado de um *crowding-out* na produção tecnológica (de patentes) como um todo.

Para tal, com o intuito de abordar as questões supracitadas, o capítulo posterior e final deste trabalho irá levantar e caracterizar dados históricos de diversas variáveis em uma amostra de países observados (incluindo o Brasil), de modo a analisar teórica e empiricamente como se dariam e em qual intensidade seriam, em geral, os eventuais impactos indiretos da P&D militar sobre a taxa de crescimento econômico desses países, através do aumento das atividades tecnológicas (medidas pela quantidade de patentes produzidas).

### **3 INVESTIMENTOS EM P&D MILITAR E IMPACTOS SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO**

Este capítulo terá como principal objetivo avaliar os prováveis efeitos indiretos da P&D militar nas taxas de crescimento econômico de países observados (dentre os quais se inclui o Brasil), sob a ótica dos *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar valor tecnológico às produções civis (através da produção de patentes).

Para que tal avaliação empírica seja efetiva, utilizando-se de fontes reconhecidas de consulta, este trabalho irá, primeiramente, coletar e explicar os dados históricos das principais variáveis associadas à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (associada ao número de patentes) e ao crescimento econômico em uma amostra de países, entre 2003 e 2015.

Em seguida, a partir do levantamento e da compilação daqueles dados, serão assim fundamentados, por meio dos seus principais modelos teóricos e econométricos aplicáveis, os eventuais impactos da P&D militar sobre a quantidade de patentes produzidas (e depositadas nos principais órgãos credenciadores internacionais) e, por conseguinte, sobre as taxas de crescimento real do PIB dos países amostrados.

#### **3.1 DADOS HISTÓRICOS SOBRE PATENTES, INVESTIMENTOS EM P&D MILITAR E CRESCIMENTO EM PAÍSES SELECIONADOS**

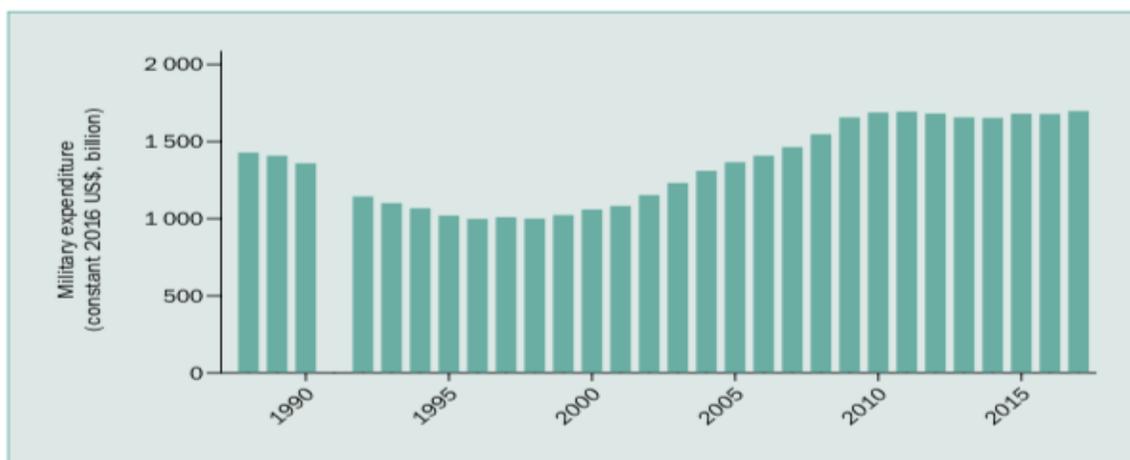
Na abordagem deste item, serão levantados e discutidos os dados dos principais indicadores atrelados à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica e ao crescimento econômico de países selecionados (dentre os quais, alguns países da OCDE e o Brasil), considerando registros históricos de 2003 a 2015, tais como: gastos militares (totais e em relação ao PIB); investimentos agregados em P&D (totais e sobre o PIB); investimentos privados em P&D (totais e sobre o PIB); investimentos públicos em P&D (totais e sobre o PIB); investimentos em P&D militar (totais e em relação ao PIB); números totais de pedidos e concessões de patentes no mundo, números de pedidos e concessões de patentes junto ao Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO, na sigla em inglês), números de pedidos de patentes de acordo com o PCT, administrado pela OMPI; números de pedidos e concessões de patentes no âmbito do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI); PIB (em dólares correntes de paridade de poder de compra (PPC)); e percentuais de crescimento do PIB em cada país selecionado.

### *Gastos militares*

Em primeiro lugar, não há como discutir sobre investimentos em P&D no setor de defesa sem antes entender a composição dos gastos militares (na qual a P&D militar está incluída) e o peso que os valores totais destes possuem nas principais economias do mundo e no contexto econômico mundial como um todo.

Segundo dados do *Stockholm International Peace Research Institute* - SIPRI (2018a, pp. 1-2), estima-se que, em 2017, os gastos militares mundiais tenham somado cerca de \$ 1,74 trilhões (em valores correntes), o qual representa o nível mais alto de gastos desde o final da Guerra Fria. Após anos consecutivos de crescimento desses gastos (entre 1999 e 2016), mas não em termos reais (descontando as inflações durante esse período), finalmente, em 2017, houve um crescimento real marginal de 1,1%. A evolução dos gastos militares globais entre 1988 e 2017 é demonstrada na figura a seguir:

Figura 3 – Evolução dos gastos militares mundiais (1988-2017).



Fonte: SIPRI (2018a, p. 1) - Obs.: Os totais indicados contemplam os dados do SIPRI de gastos militares de 172 países e estão expressos em valores constantes de 2016 (atualizados para a data-base de maio/2018). Além disso, em 1991, como não foi possível obter dados da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), os gastos militares não foram contabilizados no referido ano.

Tal somatório global de gastos militares em 2017 correspondeu a aproximadamente 2,2% do PIB mundial ou 230 dólares *per capita*. Todavia, a proporção de gastos militares em relação ao PIB global já chegou a alcançar cerca de 3,3% em 1992 (pós-Guerra Fria) e, após quedas sucessivas, esse percentual atingiu o patamar de 2,1% em 2014.

Considerando agora os comparativos de gastos militares entre os países, ressalta-se que os totais desses gastos nos 10 países com os maiores orçamentos de defesa (dentre eles, EUA, China, Arábia Saudita e Rússia) representaram, em 2017, 73% do montante de gastos militares mundiais. Por exemplo, nesse mesmo ano, os gastos militares nos EUA foram de cerca de 610 bilhões de dólares, quase três vezes maior do que o volume desses gastos na China (\$ 228 bilhões – segundo maior orçamento de defesa). Outrossim, aponta-se que o montante de gastos militares nos EUA supera o valor dos outros sete maiores orçamentos de defesa juntos (no caso, do 2º ao 8º maior gasto militar) (SIPRI, 2018a).

A tabela a seguir demonstra o *ranking* dos gastos militares nos 15 países mais representativos, além de trazer informações como proporção desses gastos em relação ao PIB (em 2008 e 2017), percentual de participação de cada país no somatório mundial, volume financeiro absoluto (2017) e crescimento desses gastos (entre 2008 e 2017), assim como possíveis alterações no *ranking* entre 2016 e 2017:

Tabela 1 – *Ranking* dos gastos militares nos 15 países mais representativos em 2017.

Classificação		País	Gastos 2017 (em \$ bilhões)	Mudança percentual 2008-2017 (%)	Participação mundial 2017 (%)	Gastos como proporção do PIB (%)	
2017	2016					2017	2008
1	1	EUA	610	-14	35	3,1	4,2
2	2	China	228	110	13	1,9	1,9
3	3	Arábia Saudita	69,4	34	4	10	7,4
4	4	Rússia	66,3	36	3,8	4,3	3,3
5	5	Índia	63,9	45	3,7	2,5	2,6
6	6	França	57,8	5,1	3,3	2,3	2,3
7	7	Reino Unido	47,2	-15	2,7	1,8	2,3
8	8	Japão	45,4	4,4	2,6	0,9	0,9
9	9	Alemanha	44,3	8,8	2,5	1,2	1,3
10	10	Coréia do Sul	39,2	29	2,3	2,6	2,6
11	11	Brasil	29,3	21	1,7	1,4	1,4
12	12	Itália	29,2	-17	1,7	1,5	1,7
13	13	Austrália	27,5	33	1,6	2	1,8
14	14	Canadá	20,6	13	1,2	1,3	1,2
15	15	Turquia	18,2	46	1	2,2	2,2
<b>Total dos 15 maiores gastos militare</b>			<b>1.396</b>	<b>-</b>	<b>80</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total mundial</b>			<b>1.739</b>	<b>9,8</b>	<b>100</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>

Fonte: Elaboração Própria, a partir de dados do SIPRI (2018a, p. 2) - Obs.: Os totais de gastos militares foram expressos em valores constantes de 2016 (atualizados para a data-base de maio/2018) e o PIB se baseou nas estimativas do Fundo Monetário Internacional.

A partir da tabela 1 acima, observa-se que, apesar de os EUA terem os maiores orçamentos de gastos militares do mundo, a proporção destes gastos em relação ao seu respectivo PIB reduziu de 4,2%, em 2008, para 3,1%, em 2017. Além disso, o volume absoluto de tais gastos nos EUA decresceu cerca de 14% em termos nominais, no mesmo intervalo de tempo.

Por sua vez, no que diz respeito ao Brasil, verifica-se que a proporção média de gastos militares em relação ao seu PIB se manteve estável em 1,4%, entre 2008 e 2017. Contudo, houve um crescimento 21% do total de gastos militares brasileiros nesse mesmo período, perfazendo cerca de \$ 29,3 bilhões em 2017, além de obter uma participação de 1,7% em relação ao total desses gastos no mundo.

Diante das considerações apresentadas, conforme indicados nas tabelas A.1. e A.2. do Apêndice A (vide pág. 109), é possível verificar, na íntegra, os dados referentes aos totais de gastos militares e as proporções destes em relação ao PIB (%), obtidos entre 2003 e 2015, em 14 países selecionados (incluindo países da OCDE e o Brasil).

#### *Investimentos totais em P&D*

Haja vista a mesma justificativa trazida para a relevância da abordagem dos gastos militares, argumenta-se também que não é possível compreender os valores de investimentos em P&D militar sem obter e caracterizar os dados agregados dos investimentos em P&D.

Com base em dados recentes do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC (2017a, 2017b) e da OCDE (2018a), verifica-se que os 14 países observados perfizeram, em 2015, um total de investimentos nessa área de cerca de \$ 1,49 trilhões (em valores correntes de PPC). Esse valor foi o mais expressivo até então alcançado e representou um crescimento de aproximadamente 4,7% (em termos nominais) em relação ao total investido em 2014 (\$ 1,42 trilhões - em valores correntes de PPC).

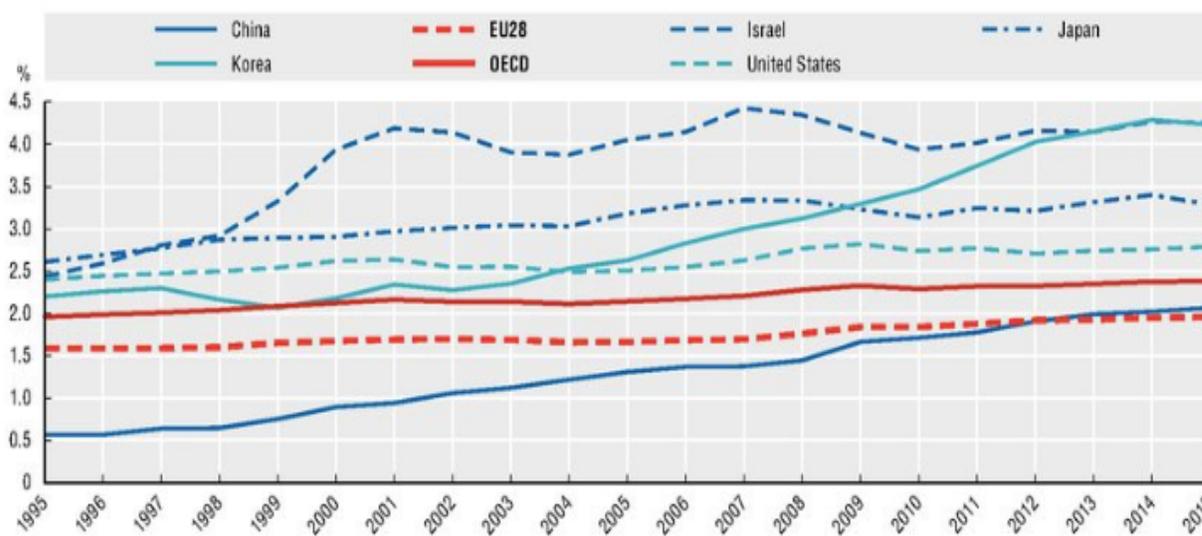
Esse somatório de investimentos em P&D em 2015 correspondeu a uma proporção média de cerca de 2% em relação ao PIB nos mesmos países selecionados. Tal percentual médio se manteve estável nos últimos três anos observados (de 2013 a 2015).

Por sua vez, considerando somente os países da OCDE, os gastos totais em P&D em 2015 alcançaram \$ 1,14 trilhões (em valores correntes de PPC), o que representou um crescimento em termos reais de 2,3% em relação a 2014. Já o percentual médio de investimentos em P&D em relação ao PIB nesses países permaneceu estável em 2,4% desde 2013 (OCDE, 2017).

De outra forma, conforme comparativos internacionais obtidos da OCDE (2017, p. 24), observa-se que os EUA se manteve, em 2015, como o maior expoente mundial em volume de investimentos em P&D, ultrapassando o valor de \$ 500 bilhões (em valores correntes de PPC). Logo após, a China aparece com o segundo maior montante de gastos mundiais em P&D (\$ 409 bilhões – em valores correntes de PPC). Ademais, destaca-se também o crescimento significativo do percentual de gastos em P&D sobre o PIB na Coréia do Sul, a partir do início dos anos 2000.

Esses comparativos de gastos em P&D entre países (EUA, China, Coréia do Sul, Japão, Israel, União Europeia e OCDE em geral) podem ser melhor ilustrados através da figura abaixo, considerando o período de 1995 a 2015:

Figura 4 – Comparativo de gastos em P&D entre países selecionados da OCDE – em % do PIB (1995-2015).



Fonte: OCDE (2017, p. 26) – Obs.: EU28 representa o grupo de 28 países da União Europeia.

No que tange apenas ao Brasil, observa-se que, em 2015, os investimentos totais em P&D estiveram em torno de \$ 41 bilhões (em valores correntes de PPC). Esse valor representou uma queda de aproximadamente 3,7% em relação a esses mesmos gastos realizados em 2014. Em termos de proporção sobre o PIB, os investimentos brasileiros em P&D mantiveram-se estáveis em 1,2% (MCTIC, 2017a).

Feitas as principais considerações sobre os dados mais recentes de investimentos em P&D, as tabelas A.3. e A.4 do Apêndice A (vide pág. 109) trazem na íntegra os valores totais de

gastos em P&D e as proporções destes em relação ao PIB (em %) em 14 países selecionados (incluindo países da OCDE e o Brasil), entre 2003 e 2015.

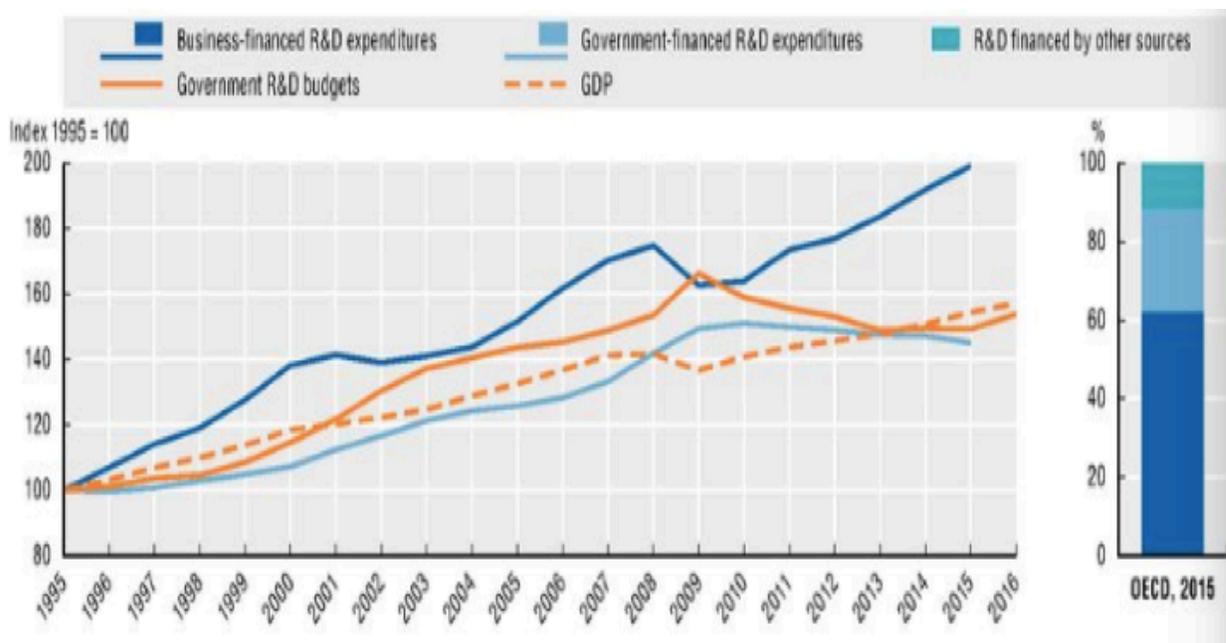
### *Investimentos em P&D por setor (público e privado)*

Com base nas informações sobre os gastos totais em P&D nos países selecionados, faz-se também necessária a segregação de tais gastos pelos setores envolvidos, que são essencialmente o público e o privado. Essa subdivisão é mais um passo adiante que contribuirá para a posterior identificação e caracterização dos investimentos em P&D militar.

Em princípio, estima-se que, entre 2014 e 2015, o crescimento recente dos gastos em P&D nos países da OCDE tenha sido causado principalmente pelo aumento dos investimentos privados nesse setor, os quais representam cerca de 70% dos gastos totais em P&D. Mesmo as instituições privadas sem fins lucrativos, que ocupam um percentual de 2,4% no total de P&D, aumentaram o seu montante de investimentos entre esses mesmos anos. Enquanto isso, os investimentos públicos em P&D não cresceram no mesmo ritmo que os gastos privados nesse setor (OCDE, 2017).

A figura abaixo ilustra a composição dos gastos em P&D por setor (governo, empresas e outros), no âmbito dos países da OCDE:

Figura 5 – Composição de gastos em P&D por setor nos países da OCDE (1995-2016).



Fonte: OCDE (2017) – Obs.: Os valores estão expressos em valores constantes de PPC referentes a 1995 (base = 100).

Além disso, considerando dados recentes do MCTIC (2017a, 2017b) e da OCDE (2018a) em relação aos 14 países observados (dentre os quais se incluem alguns países da OCDE e o Brasil), constata-se que, em 2015, os gastos privados em P&D<sup>22</sup> alcançaram cerca de \$ 1,026 trilhões (correntes em PPC), o que significou um crescimento de 5,95% (em termos nominais) desses gastos em relação a 2014. No entanto, o percentual médio de gastos nesses países sobre o total de gastos em P&D caiu em comparação a 2014, isto é, reduziu de 54,08%, em 2014, para 53,94%, em 2015. De outra forma, a proporção média de gastos privados em P&D em relação ao PIB dos países observados se manteve estável em 1,1% em 2015.

Por outro lado, com base nos mesmos dados referenciados imediatamente acima, verifica-se que os gastos públicos em P&D<sup>23</sup> perfizeram, em 2015, um valor aproximado de \$ 388 bilhões (correntes em PPC), o que representou um crescimento de 1,22% (em termos nominais) em relação a 2014. Contudo, semelhantemente ao que ocorreu com os gastos em P&D no setor privado, também houve redução do percentual de gastos públicos em P&D naqueles países sobre o total de gastos em P&D entre 2014 e 2015 (passou de 35,15%, em 2014, para 34,36%). Contudo, a proporção média de gastos públicos em P&D em relação ao PIB dos países observados diminuiu de 0,61%, em 2014, para 0,59%, em 2015.

Por sua vez, a partir somente dos dados em relação ao Brasil, observa-se que, em 2015, os gastos públicos e privados em P&D<sup>24</sup> estiveram em torno de \$ 20,58 bilhões e de \$ 19,48 bilhões (ambos em valores correntes de PPC), respectivamente. Com base nesses montantes de gastos e comparando-os com as estimativas de 2014, nota-se que houve um crescimento dos investimentos privados brasileiros em P&D em torno de 1,84%. Em contrapartida, os gastos públicos em P&D no Brasil recuaram em cerca de 8,69%.

Em termos percentuais de composição, os investimentos privados em P&D no País aumentaram de 44,8 para 47,5%, enquanto que os investimentos públicos brasileiros em P&D reduziram de 52,9 para 50,2%. Ao considerar os percentuais desses investimentos (públicos e

---

<sup>22</sup>Não incluem gastos em P&D financiados por universidades privadas, por instituições privadas sem fins lucrativos nem por capital privado estrangeiro.

<sup>23</sup>Não incluem gastos em P&D financiados por universidades públicas nem por capital público estrangeiro.

<sup>24</sup>Em relação ao Brasil, também não foram considerados os gastos em P&D provenientes de universidades, de instituições privadas sem fins lucrativos, nem de capital estrangeiro.

privados) em relação ao PIB, a mesma tendência é observada: recuo dos gastos públicos em P&D (de 0,67 para 0,64%) e crescimento dos gastos privados em P&D (de 0,57 para 0,61%).

Diante do exposto, as tabelas A.5. e A.6 do Apêndice A (vide pág. 109) demonstram na íntegra os montantes de gastos em P&D por setor de financiamento (empresas e governo)<sup>25</sup> e as proporções destes em relação ao PIB (em %)<sup>26</sup> em 14 países selecionados (incluindo países da OCDE e o Brasil), entre 2003 e 2015.

### *Investimentos em P&D militar*

Finalmente, depois de identificar e caracterizar os montantes de gastos militares e os valores dos gastos em P&D de forma agregada e por setor envolvido (empresas e governo) nos países selecionados, a partir dos dados de P&D no setor público (excluindo gastos em P&D advindos do ensino superior público e de capital estrangeiro), torna-se possível extrair os valores de investimentos em P&D no setor de defesa, visto que estes estão, em geral, inseridos no orçamento de gastos públicos em P&D e, por sua vez, estão contemplados no contexto dos gastos militares.

Com base nos resultados dos indicadores de P&D, obtidos do MCTIC (2017a, 2017b) e da OCDE (2018a), estima-se que os gastos totais em P&D militar nos países selecionados (incluindo alguns países da OCDE e o Brasil) tenham sido, em 2015, de \$ 84,16 bilhões (em valores correntes de PPC), o que representou uma queda de cerca de 1,85% do montante de P&D militar em relação a 2014 (\$ 85,74 bilhões).

A partir de tais dados, avalia-se ainda que os cinco países mais representativos nesse tipo de gastos em 2015 tenham sido, nessa ordem, os EUA (\$ 62,17 bilhões), a China (\$ 12,84 bilhões), a Coreia do Sul (\$ 2,36 bilhões), o Reino Unido (\$ 2,13 bilhões) e a França (\$ 1,52 bilhões).

Em termos de proporção em relação ao PIB, os investimentos em P&D militar mantiveram, em 2015, um percentual médio estável de 0,07%. Por sua vez, dentre todos os países observados, o maior percentual obtido foi dos EUA (0,345%), seguido pelo Japão (0,243%) e pela Coreia do Sul (0,163%).

---

<sup>25</sup>Os montantes não somam 100% dos gastos em P&D porque foram considerados apenas os setores de maior relevância: governo e empresas. Por sua vez, não foram considerados os demais setores (ensino superior, instituições privadas sem fins lucrativos e o setor estrangeiro).

<sup>26</sup>Não foram considerados os demais setores (ensino superior, instituições privadas sem fins lucrativos e o setor estrangeiro).

No que diz respeito ao Brasil, em relação a 2015, estima-se um total de gastos em P&D militar no valor de cerca de \$ 308 milhões (em valores correntes de PPC), representando um aumento de aproximadamente 9,5% em relação a 2014. Já a proporção desses gastos em relação ao PIB brasileiro teria sido de 0,01% em 2015, também maior que o percentual de 2014 (0,008%).

Feitas as considerações gerais sobre os dados de investimentos em P&D militar, destaca-se que, para a obtenção desses montantes, os valores dos gastos em P&D foram inicialmente segregados por setores (empresas e governo). A partir disso, subdividiu-se a parcela pública dos gastos em P&D entre percentuais do setor civil e de defesa, conforme indicados no MCTIC (2017a e 2017b) e na OCDE (2018a). Aplicando-se esse percentual sobre os dispêndios públicos totais em P&D, obteve-se então os montantes de investimentos em P&D no setor de defesa.

No entanto, tendo em vista que não havia disponibilidade de dados de investimentos públicos em P&D segregados entre percentual civil e militar em todos os países observados, nos casos em que não foi possível essa segregação<sup>27</sup>, os valores dos investimentos em P&D militar foram extraídos ao se multiplicar as proporções de P&D militar em relação ao PIB pelos próprios PIBs correntes dos países envolvidos.

Já os dados das proporções de P&D militar em relação ao PIB<sup>28</sup> nos países selecionados, foram obtidos ao se subtrair os percentuais de P&D civil sobre o PIB dos percentuais de P&D total sobre o PIB (conforme disponíveis em OCDE (2018a)).

Com base nessas premissas, as tabelas A.7. e A.8. do Apêndice A (vide pág. 109) apresentam detalhadamente os resultados obtidos dos montantes de investimentos em P&D militar e as proporções de P&D civil e militar em relação ao PIB (em %) em 14 países selecionados (incluindo países da OCDE e o Brasil), entre 2003 e 2015.

### *Patentes*

Após uma sequência de compilações que resultou na obtenção de dados estimados sobre investimentos em P&D militar, faz-se necessário também, neste momento, extrair números referentes a pedidos e concessões de patentes no âmbito de importantes organismos credenciadores

---

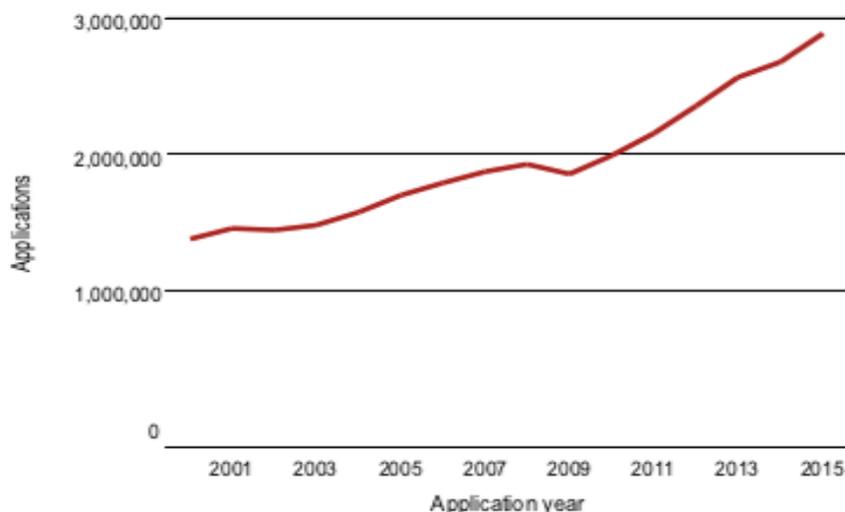
<sup>27</sup>Em relação à África do Sul e à China, não foi possível obter os valores de gastos de P&D governamental de forma segregada entre percentual civil e militar a partir dos dados da OCDE (2018) nem do MCTIC (2017b) ou de outra fonte oficial.

<sup>28</sup>Devido à indisponibilidade de dados oficiais específicos, os percentuais da China foram estimados com base no percentual médio de P&D militar em relação ao PIB para cada ano observado.

(a exemplo do USPTO e do INPI), assim como a pedidos de patentes conforme o PCT, com o intuito de, posteriormente, utilizar os quantitativos de patentes obtidos, em média, para atestar e interpretar possíveis relações causais entre gastos em P&D militar e produção de patentes e, por conseguinte, entre P&D militar e crescimento econômico.

Segundo a OMPI (2016a, p. 21), estima-se que o número global de pedidos de patentes em 2015 tenha sido de cerca de 2,9 milhões, representando um crescimento de aproximadamente 7,8% em relação a 2014. Tal crescimento foi conduzido principalmente pela China, que foi responsável por cerca de 174.000 dos 208.000 pedidos adicionais no referido ano (84% em relação ao crescimento total). Em seguida, os principais expoentes desse crescimento foram os EUA e o *European Patent Office* (EPO), os quais perfizeram juntos 8,6% do crescimento total. A curva de crescimento mundial de pedidos de patentes entre 2000 e 2015 pode ser visualizada através da figura a seguir:

Figura 6 – Evolução dos pedidos totais de patentes no mundo (2000-2015).



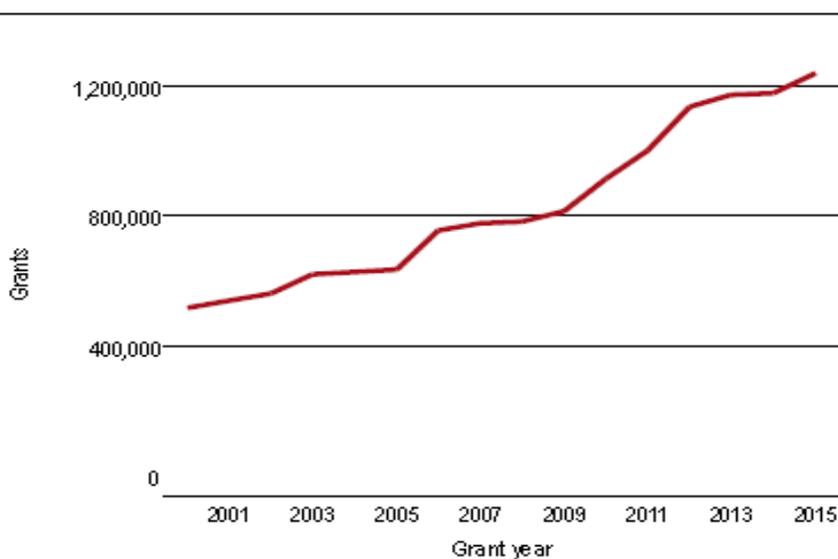
Fonte: OMPI (2016a, p. 21).

Nesse contexto, observa-se que o maior número de pedidos de patentes se deu no âmbito do *State Intellectual Property Office of the People's Republic of China* (SIPO, na sigla em inglês) – cerca de 1,10 milhões, seguido do USPTO - 589.410, do *Japan Patent Office* (JPO) – 318.721, do *Korean Intellectual Property Office* (KIPO) – 213.694 e do EPO (160.028). Conjuntamente,

esses cinco escritórios perfizeram cerca de 82,5% do total de pedidos de patentes em 2015 (OMPI, 2016a).

Por sua vez, quanto ao número de concessões de patentes, conforme a OMPI (2016a, p. 28), estima-se que o seu total, em 2015, tenha sido de cerca de 1,2 milhões, representando um crescimento de aproximadamente 5,2% em relação a 2014. Tal crescimento foi predominantemente impulsionado pela China, que foi responsável por um aumento de 54% na concessão de patentes. Em seguida, os principais expoentes desse crescimento foram os EUA (através do USPTO) e o Japão (por meio do JPO). Apresenta-se na figura abaixo a evolução do número global de concessões de patentes entre 2000 e 2015:

Figura 7 – Evolução das concessões totais de patentes no mundo (2000-2015).



Fonte: OMPI (2016a, p. 28).

Com isso, verifica-se que o maior número de concessões de patentes se deu no âmbito do *State Intellectual Property Office of the People's Republic of China* (SIPO, na sigla em inglês) – 359.316, seguido do Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO, na sigla em inglês) – 298.407, do *Japan Patent Office* (JPO) – 189.358, do *Korean Intellectual Property Office* (KIPO) – 101.873 e do EPO (68.431). Conjuntamente, esses cinco escritórios corresponderam a cerca de 82% do total de concessões de patentes em 2015 (OMPI, 2016a).

De outra forma, estima-se também que, em 2015, o número total de pedidos de patentes de acordo com o PCT, conforme indicado pela OMPI (2016b, p. 5), foi de 218.000, o qual

representou um crescimento de cerca de 1,7% em relação a 2014, sendo o quinto ano consecutivo de crescimento desses pedidos. Nesse contexto, naquele mesmo ano estimado, o maior número de pedidos de patentes consoante o PCT foi feito pelos EUA (57.385), seguido do Japão (43.476) e da China (33.089). Por sua vez, o Brasil realizou, em 2015, 547 pedidos de patentes de acordo com o PCT.

Para fins de consulta, a tabela A.9., trazida no Apêndice A (vide pág. 109), apresenta na íntegra os números de pedidos de patentes conforme o PCT em 14 países selecionados, entre 2003 e 2015.

Considerando somente o USPTO, verifica-se que esse escritório norte-americano ocupa o segundo lugar em termos de número de pedidos e de concessões de patentes, com totais de 589.410 e de 298.407, em 2015, respectivamente, sendo superado apenas pelo quantitativo do SIPO (OMPI, 2016a).

No que diz respeito aos países selecionados para este trabalho, os quais representam cerca de 86% dos somatórios de pedidos e concessões de patentes no USPTO, estima-se que o número de pedidos de patentes tenha crescido em 1,66%, em comparação a 2014. Por sua vez, avalia-se que o número de concessões de patentes nesse mesmo conjunto de países tenha se reduzido em 1,23%, comparado com o total de 2014 (MCTIC, 2017b; USPTO, 2015a; USPTO, 2015b).

A tabela A.10., disposta no Apêndice A (vide pág. 109), demonstra na íntegra os totais de pedidos e concessões de patentes junto ao USPTO naqueles países selecionados, entre 2003 e 2015.

Por fim, em relação ao Brasil, o qual está entre os dez maiores escritórios de registros de patentes do mundo e é representado pelo INPI, estima-se que o País tenha recebido, em 2015, cerca de 32.936 pedidos, significando uma queda de cerca de 0,42% em comparação ao número de pedidos em 2014. Quanto à origem dos depositantes de patentes, os EUA ocupam o primeiro lugar, com 10.303 pedidos, seguido do Brasil (7.344), da Alemanha (2.505) e do Japão (2.148), todos depositados em 2015 (INPI, 2016b; INPI, 2017).

Observando somente os 14 países selecionados neste trabalho, que perfazem cerca de 81% do total de pedidos de patentes no âmbito do INPI, verificou-se, em 2015, um aumento de aproximadamente 0,81% do número total de pedidos de patentes em relação ao quantitativo de 2014. Já os números de concessões de patentes em 2015 ainda não estão disponíveis na base de

dados do INPI, enquanto que, em 2014, foram 2.444 concessões ao todo, tendo os EUA como maior quantitativo (778), seguido do Brasil (732) e da Alemanha (406).

Sendo assim, conforme indicados na tabela A.11. do Apêndice A (vide pág. 109), apresentam-se detalhadamente os números totais de pedidos e concessões de patentes no âmbito do INPI naqueles países selecionados, entre 2003 e 2015.

### *Produto Interno Bruto (PIB)*

Finalmente, após obter e apresentar os números de pedidos e concessões de patentes a partir de diversos organismos de registro, como USPTO, INPI e OMPI (conforme o PCT), importa também demonstrar o PIB e as suas respectivas taxas de crescimento reais nos países selecionados para este trabalho, a fim de reunir informações suficientes para, logo após, atestar e explicar eventuais relações indiretas entre investimentos em P&D militar e crescimento econômico através da produção de patentes.

Segundo dados obtidos da OCDE (2018b) em relação aos valores de PIB nos países observados (em bilhões de \$ correntes de PPC), a partir de 2013, a China passou a apresentar um PIB maior que o dos EUA (considerando os valores em \$ correntes de PPC), tornando-se a maior economia mundial em paridade de poder de compra (PPC) corrente. Seguindo essa tendência, em 2015, verifica-se que aquele país obteve um PIB de cerca de \$ 19.811,75, enquanto que este apresentou um PIB de aproximadamente \$ 18.120,71. Em seguida, aparecem os PIBs do Japão (\$ 5.176,84) e da Alemanha (\$ 3.905,51), nessa ordem<sup>29</sup> e com todos os valores apresentados em bilhões de \$ correntes de PPC.

Por outro lado, comparando-se as taxas de crescimento real do PIB indicadas (baseadas nos valores de PIB obtidos em bilhões de \$ constantes de 2010 em PPC), constata-se que a China é o país que apresentou o maior percentual de crescimento em comparação a 2014 (cerca de 6,9%). Já os EUA obtiveram um percentual de 2,86% de aumento do PIB no mesmo período. Nesse contexto, destacam-se também as altas taxas de crescimento real do PIB na Espanha e no México, perfazendo, respectivamente, percentuais de 3,43% e de 3,27% (BANCO MUNDIAL, 2018).

---

<sup>29</sup>Tendo em vista que a análise comparativa dos PIBs se restringiu apenas aos países selecionados para a modelagem deste trabalho, a sequência apresentada dos cinco maiores PIBs mundiais (em bilhões de \$ correntes de PPC) não considerou os dados da Índia e da Rússia, os quais obtiveram PIBs de \$ 8.003,40 e de \$ 3.615,03, respectivamente, em 2015 (OCDE, 2018b).

No que tange ao Brasil, observa-se que o mesmo obteve o sétimo maior PIB mundial em 2015, perfazendo um valor de \$ 3.213,60 (em bilhões de \$ correntes de PPC). Por sua vez, a taxa de crescimento real do PIB brasileiro no mesmo ano (tendo como referência o PIB obtido em bilhões de \$ constantes de 2010 em PPC) foi negativa (-3,55%), reflexo da crise econômica enfrentada pelo País a partir do início daquele ano.

Diante do exposto, conforme pode ser visualizado nas tabelas A.12. e A.13. do Apêndice A (vide pág. 109), apresentam-se minuciosamente os dados do PIB (em bilhões de \$ correntes de PPC) e de suas taxas de crescimento (em termos reais) nos países selecionados, entre 2003 e 2015.

Em síntese, ao longo da abordagem deste item, foram estruturados e esclarecidos os dados dos principais indicadores associados à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (medida pelo número de patentes produzidas) e ao crescimento econômico, em uma amostra de países observados (dentre os quais, alguns países da OCDE e o Brasil), considerando um período entre 2003 e 2015.

Com isso, após os devidos ajustes e filtragem desses dados, obtiveram-se informações suficientes para a estimação do modelo a ser explicitado no item a seguir, com o intuito de validar ou não as prováveis relações indiretas entre P&D militar e crescimento, através da produção de patentes.

### **3.2 ESTIMAÇÕES E RESULTADOS OBTIDOS DA RELAÇÃO ENTRE P&D MILITAR, PATENTES E CRESCIMENTO NOS PAÍSES SELECIONADOS**

De posse dos dados das variáveis de interesse, tais como “gastos militares”, “investimentos em P&D (público e privado)”, “investimentos em P&D militar”, “patentes” e “taxa de crescimento do PIB”, este item discorrerá primeiramente sobre as premissas e estruturas dos possíveis modelos econométricos aplicáveis à análise das relações indiretas entre P&D militar e crescimento através da produção de patentes, de modo a estimar os parâmetros que estejam associados àquelas variáveis e que melhor se ajustem aos modelos obtidos.

Após essa primeira etapa (metodologia de análise de dados), importa também avaliar teórica e empiricamente os resultados encontrados, a fim de verificar como tais relações podem ser explicadas.

### *Metodologia de análise de dados*

Antes da análise de dados propriamente dita, cabe ressaltar inicialmente os seguintes aspectos referentes à amostra obtida:

- a) Os dados estão compreendidos uma amostra de 14 países (dentre os quais se inclui o Brasil) e de 13 anos consecutivos (no caso, entre 2003 e 2015), o que perfaz assim um total de 182 observações para cada variável considerada, sendo uma observação por país e ano específico;
- b) As fontes oficiais consideradas para a obtenção dos referidos dados foram o SIPRI, a OCDE, o MCTIC, o INPI, a OMPI e o Banco Mundial;
- c) Para melhor organização dessas 182 observações, esses mesmos dados foram empilhados em planilha própria (Excel), de forma que cada observação fosse indicada pela seguinte sequência, em ordem alfabética de países: “África do Sul 2003”, “África do Sul 2004”, ... ,”Alemanha 2003”, “Alemanha 2004” e assim, sucessivamente, até a última observação, relativa a “Reino Unido 2015”;
- d) Pelas características das observações indicadas, compreende-se que esse é um exemplo clássico de dados em painel (ver nota de rodapé 18);
- e) Os dados em painel do caso em análise se configuram como um painel balanceado<sup>30</sup> e curto<sup>31</sup>;
- f) As variáveis consideradas na análise desses dados foram as seguintes: “Número de patentes” (PAT), “gastos militares” (GST\_MIL), “investimentos privados em P&D” (INVPRIV\_P&D), “investimentos militares em P&D” (INVMIL\_P&D) e “investimentos públicos não militares em P&D” (INVPÚBL\_P&D), estes últimos obtidos ao subtrair os investimentos militares em P&D dos investimentos públicos totais em P&D.

---

<sup>30</sup>Nesse caso, o conjunto de dados em painel em análise se caracteriza como “balanceado” porque cada um dos países amostrados (cada unidade de corte transversal) obtiveram os mesmos números de observações. Se os números de observações de cada um desses países fossem diferentes, os dados seriam caracterizados como “desbalanceados” (GUJARATI e PORTER, 2011).

<sup>31</sup>No exemplo analisado, os dados são chamados de painel “curto” pois o número de países observados (i) é maior que o número de períodos de tempo (t), ou seja, 14 é maior que 13. Caso contrário, tais dados seriam um painel “longo”, isto é, “t” seria maior que “i” (GUJARATI e PORTER, 2011).

Feitas essas considerações iniciais sobre a amostragem realizada, passa-se à metodologia de análise dos dados em si, conforme descrita em sequência.

A partir das 182 observações indicadas (derivadas de dados de 14 países em 13 anos consecutivos), será realizada uma análise de regressão de dados em painel entre o “número de patentes” (PAT)<sup>32</sup>, tido como variável dependente, e as demais variáveis citadas na alínea “f” acima, tidas como independentes ou explanatórias, a saber: INVPRIV\_P&D, INVMIL\_P&D, INVPÚBL\_P&D e GST\_MIL.

Tal análise de regressão de dados em painel se dará com base no modelo P2 de Malik (2018) – visto no item 1 do capítulo 2, porém trazendo algumas modificações, conforme serão observadas nas estruturas das equações de regressão a serem estimadas em sequência.

Nesse contexto, a regressão de dados em painel foi considerada a opção mais viável dentre as possíveis pelo fato de esta apresentar maiores vantagens na avaliação da dinâmica da mudança tecnológica ao longo do tempo e no tratamento de efeitos que não poderiam ser observados em uma análise pura de dados de cortes transversais ou de séries temporais.

Além disso, vale ressaltar também que os dados em painel tendem a fornecer informações mais precisas, maior variabilidade, maiores graus de liberdade<sup>33</sup>, estimadores mais eficientes<sup>34</sup> e menor colinearidade<sup>35</sup> entre variáveis. No entanto, isso não sugere que não haja problemas a serem enfrentados na modelagem de dados em painel, os quais serão explicitados ao longo desta análise.

Um desses problemas residirá em escolher a técnica de estimação mais adequada para representar o modelo. No caso, serão consideradas três possibilidades principais de estimação: o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para dados empilhados sem efeitos e os

---

<sup>32</sup>Foi considerado como variável dependente o número de patentes conforme o PCT (gerido pela OMPI) pelo fato de este incorporar, na média, um quantitativo de patentes que pondera os números atribuídos aos principais escritórios mundiais de registro.

<sup>33</sup>Em geral, o valor do “grau de liberdade (gl)” é determinado pelo número total de observações (n) de uma amostra menos o número de restrições independentes (lineares) consideradas ou número de parâmetros estimados, incluindo o intercepto (k+1), isto é,  $n - (k+1)$ . Sendo assim, quanto mais parâmetros forem adicionados a uma equação de regressão, menos graus de liberdade estarão disponíveis para estimar a variabilidade dos estimadores desses parâmetros (GUJARATI e PORTER, 2011).

<sup>34</sup>Um estimador é considerado eficiente se ele for o melhor estimador linear não viesado ou não tendencioso (MELNT). Dessa forma, dados dois estimadores não viesados, o que apresentar a menor variância será mais eficiente. Essa é a definição do Teorema de Gauss-Markov (WOOLDRIDGE, 2010).

<sup>35</sup>Conforme preceituado por Wooldridge (2010, p. 93), o conceito de multicolinearidade está associado à correlação/cominação linear entre variáveis independentes, que pode até mesmo ser perfeita se tal correlação for igual a + ou - 1. Assim, esse problema pode distorcer os resultados obtidos no modelo, caso a correlação seja alta.

modelos de MQO considerando efeitos fixos (ver nota de rodapé 20) e efeitos aleatórios<sup>36</sup>. Em seguida, serão comparados os três tipos de modelos, a fim de aferir qual destes seria mais adequado à regressão estudada.

Outrossim, com o intuito de mitigar eventuais problemas de heterocedasticidade, isto é, quando as variâncias dos erros ou da variável dependente (PAT) em relação às variáveis explanatórias são distintas, os erros padrão obtidos pelo modelo foram corrigidos em relação à heterocedasticidade de White. Dessa forma, esses erros padrão passaram a ser estimadores consistentes com base em uma matriz de covariância robusta a heterocedasticidade (através do recurso do White Diagonal).

Por sua vez, verifica-se também que os testes de estacionariedade<sup>37</sup> realizados identificaram um padrão de não estacionariedade ou de raiz unitária<sup>38</sup> nas séries temporais relativas às variáveis originais PAT, INVPRIV\_P&D, INVÚBL\_P&D e GST\_MIL, com exceção da variável INVMIL\_P&D.

Assim, a fim de corrigir tal problema, será considerado um modelo de regressão entre as primeiras diferenças dessas variáveis, isto é, entre ( $\Delta$ PAT) e ( $\Delta$ INVPRIV\_P&D,  $\Delta$ INVMIL\_P&D,  $\Delta$ INVÚBL\_P&D e  $\Delta$ GST\_MIL) (ver na íntegra os resultados dos testes no Apêndice B – pág. 127).

Isso porque os testes referentes às variáveis  $\Delta$ INVPRIV\_P&D,  $\Delta$ INVMIL\_P&D,  $\Delta$ INVÚBL\_P&D,  $\Delta$ GST\_MIL<sup>39</sup> e  $\Delta$ PAT haviam indicado que suas respectivas séries temporais seriam estacionárias a um nível de significância de até 10%, ao contrário do que se verificou nos testes com a maioria das variáveis originais.

Com base nessa conformação de modelo de primeiras diferenças, é possível estimar preliminarmente uma equação geral de regressão (MQO para dados em painel e sem efeitos)

<sup>36</sup>Diferentemente do modelo de efeitos fixos, por meio do qual se permite, em geral, que cada unidade de corte transversal (países) ou cada período tenha seu próprio intercepto, o modelo de efeitos aleatórios pressupõe que os valores de intercepto sejam obtidos aleatoriamente de uma população maior de países ou de períodos diferentes, sendo então incluídos no termo de erro (GUJARATI E PORTER, 2011).

<sup>37</sup>Os principais testes de estacionariedade considerados neste trabalho foram os de: Dickey-Fuller aumentado (DFA), Phillips-Perron (PP) e W (Im-Pesaran/Shin), para processos individuais de raiz unitária; e t (Levin, Lin & Chu), para processos comuns de raiz unitária. No que tange aos resultados obtidos desses testes, para que a série se evidencie estacionária, deve-se rejeitar a hipótese nula de que há uma raiz unitária a um nível de significância de até 10% (percentual máximo de significância considerado).

<sup>38</sup>Uma série temporal não estacionária ou de raiz unitária é caracterizada por uma média e/ou variância que varia(m) com o tempo (GUJARATI E PORTER, 2011).

<sup>39</sup>A variável  $\Delta$ GST\_MIL apresentou estacionariedade apenas no teste PP, a um nível de significância de 10%.

contendo três defasagens temporais nas variáveis independentes  $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}$ ,  $\Delta\text{INVMIL\_P\&D}$  e  $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}$ , da seguinte forma (ver resultados no Apêndice C – pág. 132):

$$\begin{aligned} \Delta\text{PAT}_{i,t} = & c + \beta_1\Delta\text{GST\_MIL}_{i,t} + \beta_2\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t} + \beta_3\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t-1} + \\ & \beta_4\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t-2} + \beta_5\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t-3} + \beta_6\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t} + \\ & \beta_7\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t-1} + \beta_8\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t-2} + \beta_9\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t-3} + \\ & \beta_{10}\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t} + \beta_{11}\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t-1} + \beta_{12}\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t-2} + \\ & \beta_{13}\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t-3} + u_{i,t}, \end{aligned} \quad (55)$$

onde:

“ $\beta_1$ ”, “ $\beta_2$ ”, “ $\beta_3$ ”, “ $\beta_4$ ”, “ $\beta_5$ ”, “ $\beta_6$ ”, “ $\beta_7$ ”, “ $\beta_8$ ”, “ $\beta_9$ ”, “ $\beta_{10}$ ”, “ $\beta_{11}$ ” e “ $\beta_{12}$ ” e “ $\beta_{13}$ ” são os coeficientes angulares das respectivas variáveis explanatórias;

“ $c$ ”, o termo de intercepto da equação;

“ $i$ ”, o país correspondente;

“ $t$ ”, o ano correspondente; e

“ $t-1$ ”, “ $t-2$ ” e “ $t-3$ ”, são as defasagens de um, dois e três anos, respectivamente.

A partir desse modelo geral de regressão, o qual apresenta um número de defasagens temporais compatível com o número de observações anuais ( $t = 13$ )<sup>40</sup>, importa também escolher a extensão de defasagem que aumente a qualidade de explicação do modelo da melhor forma possível. Para tal, o número de defasagens da equação (55) foi reduzido até que se minimizasse o valor do Critério de Informação de Akaike (CIA)<sup>41</sup>.

Nesse caso, o CIA foi minimizado apenas no modelo com uma defasagem nas variáveis  $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}$ ,  $\Delta\text{INVMIL\_P\&D}$  e  $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}$ , cuja equação é demonstrada abaixo:

$$\begin{aligned} \Delta\text{PAT}_{i,t} = & c + \beta_1\Delta\text{GST\_MIL}_{i,t} + \beta_2\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t} + \beta_3\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}_{i,t-1} + \\ & \beta_4\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t} + \beta_5\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}_{i,t-1} + \beta_6\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t} + \\ & \beta_7\Delta\text{INVMIL\_P\&D}_{i,t-1} + u_{i,t} \end{aligned} \quad (56)$$

<sup>40</sup>Em uma análise empírica, recomenda-se partir de um modelo com defasagens suficientemente grandes, que, em regra, compreendem de um terço a um quarto da extensão da série temporal, e, em seguida, reduzir tais defasagens através de algum critério estatístico, como o de Akaike (GUJARATI E PORTER, 2011).

<sup>41</sup>O valor do CIA é calculado da seguinte forma:  $e^{2k/n} \sum \hat{u}_i^2/n$  ou  $(2k/n) + \ln(\sum \hat{u}_i^2/n)$ , onde “ $k$ ” é o número de regressores (incluindo o intercepto), “ $n$ ” é o número de observações e “ $\sum \hat{u}_i^2$ ” = Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) (GUJARATI E PORTER, 2011).

Desse modo, uma vez que esta última equação obtida tende a melhor explicar o modelo de regressão entre as variáveis ( $\Delta PAT$ ) e ( $\Delta INVPRIV\_P\&D$ ,  $\Delta INVMIL\_P\&D$ ,  $\Delta INV\acute{U}BL\_P\&D$  e  $\Delta GST\_MIL$ ), ela será utilizada a partir de agora como a equação-base para o estudo comparativo dos possíveis efeitos inerentes a esse modelo, sejam eles fixos ou aleatórios.

Em relação aos efeitos fixos atribuídos à equação (56), foram derivadas duas novas equações a partir desta: na primeira, cada indivíduo (país) possuiria o seu próprio intercepto e, na segunda, cada período anual observado teria também um intercepto próprio, interceptos esses que seriam, na verdade, variáveis *dummy*. Essas equações ajustadas para efeitos fixos nos cortes transversais e nas séries temporais, respectivamente, podem ser verificadas abaixo:

$$\Delta PAT_{i,t} = c_i + \beta_1 \Delta GST\_MIL_{i,t} + \beta_2 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t} + \beta_3 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t-1} + \beta_4 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t} + \beta_5 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t-1} + \beta_6 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t} + \beta_7 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t-1} + u_{i,t} \quad (57)$$

e

$$\Delta PAT_{i,t} = c_t + \beta_1 \Delta GST\_MIL_{i,t} + \beta_2 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t} + \beta_3 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t-1} + \beta_4 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t} + \beta_5 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t-1} + \beta_6 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t} + \beta_7 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t-1} + u_{i,t} , \quad (58)$$

onde:

“ $c_i$ ” e “ $c_t$ ” são os termos de intercepto de cada indivíduo (país) e de cada período anual, respectivamente.

Por outro lado, no que tange aos efeitos aleatórios considerados a partir da equação (56), também foram obtidas outras duas novas equações, sendo que, nesse caso, as diferenças individuais por país e por período observado, respectivamente, estão expressas no termo de erro. Tais equações podem ser demonstradas a seguir:

$$\Delta PAT_{i,t} = c + \beta_1 \Delta GST\_MIL_{i,t} + \beta_2 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t} + \beta_3 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t-1} + \beta_4 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t} + \beta_5 \Delta INV\acute{U}BL\_P\&D_{i,t-1} + \beta_6 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t} + \beta_7 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t-1} + w_{i,t} , \quad (59)$$

onde:

“ $w_{i,t}$ ” é o termo de erro composto, designado por  $\varepsilon_i + u_{i,t}$ , em que: “ $\varepsilon_i$ ” é o componente de corte transversal ou específico de cada país e “ $u_{i,t}$ ”, o elemento de erro combinado da série temporal e do corte transversal ou o termo idiossincrático.

$$\begin{aligned}
 \Delta PAT_{i,t} = & c + \beta_1 \Delta GST\_MIL_{i,t} + \beta_2 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t} + \beta_3 \Delta INVPRIV\_P\&D_{i,t-1} + \\
 & \beta_4 \Delta INVPU\&BL\_P\&D_{i,t} + \beta_5 \Delta INVPU\&BL\_P\&D_{i,t-1} + \beta_6 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t} + \\
 & \beta_7 \Delta INVMIL\_P\&D_{i,t-1} + w_{i,t}, \tag{60}
 \end{aligned}$$

onde:

“ $w_{i,t}$ ” é o termo de erro composto, designado por  $\varepsilon_t + u_{i,t}$ , em que: “ $\varepsilon_t$ ” é o componente da série temporal ou específico de cada ano observado e “ $u_{i,t}$ ”, o elemento de erro combinado da série temporal e do corte transversal ou o termo idiossincrático.

Diante das considerações necessárias para se compreender as metodologias de estimação de cada um dos modelos expostos, ressalta-se que, no próximo tópico, os principais resultados obtidos serão sintetizados e comparados através de tabela própria. De qualquer forma, os mesmos resultados também estarão disponíveis na íntegra no Apêndice D deste trabalho, para fins de melhor entendimento da análise (vide pág. 133).

Após demonstrar e interpretar tais resultados, revisitando-se os pressupostos teóricos dos modelos de crescimento econômico (especialmente o de Romer (1990)) e do modelo de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), importa também explicitar as relações de causalidade teóricas existentes entre “patentes” (PAT) e “taxa de crescimento real do PIB” (Var\_PIB), com o intuito de reforçar a ideia de que os efeitos indiretos dos investimentos militares em P&D sobre essa taxa de crescimento podem se dar essencialmente a partir da produção de patentes, ideia essa que também vai ao encontro das conclusões trazidas pelos modelos de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018).

#### *Resultados obtidos e causalidades teóricas entre P&D militar, patentes e crescimento econômico*

Quanto aos resultados econométricos obtidos, cabe ressaltar que estes foram extraídos a partir do programa *EViews* 9.5, conforme sintetizados através da tabela a seguir:

Tabela 2 – Principais resultados dos modelos estimados.

VARIÁVEIS INDEPENDENTES CONSIDERADAS					
MODELOS	ITENS	$\Delta$ GST_MIL	$\Delta$ INVPRIV_P&D	$\Delta$ INVPÚBL_P&D	$\Delta$ INVMIL_P&D
SEM EFEITOS	Coefficiente ( $\beta$ )	-17,5523	189,2568	13,1566	-446,3447
	Erro Padrão	40,3759	38,9894	178,0228	257,7241
	Estatística t	-0,4347	4,854	0,0739	-1,7318
	Prob. (valor-P)	0,6645	0,0000	0,9412	0,0856
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1713</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,3851</b>
EFEITOS FIXOS (NOS CORTES TRANSVERSAIS)	Coefficiente ( $\beta$ )	-17,0212	156,2803	-15,0872	-439,9087
	Erro Padrão	48,2658	47,7799	218,5039	284,084
	Estatística t	-0,3526	3,2708	-0,069	-1,5485
	Prob. (valor-P)	0,725	0,0014	0,9451	0,1241
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1471</b>	<b>Estatística F</b>	<b>6,9444</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,4429</b>
EFEITOS FIXOS (NA SÉRIE TEMPORAL)	Coefficiente ( $\beta$ )	-0,3038	192,7489	3,8243	-498,6436
	Erro Padrão	38,2182	37,5995	177,9531	244,5477
	Estatística t	-0,0079	5,1263	0,0214	-2,039
	Prob. (valor-P)	0,9937	0,0000	0,9829	0,0436
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1855</b>	<b>Estatística F</b>	<b>6,9089</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,4143</b>
EFEITOS ALEATÓRIOS (NOS CORTES TRANVERSAIS)	Coefficiente ( $\beta$ )	-17,5523	189,2568	13,1566	-446,3447
	Erro Padrão	40,3759	38,9894	178,0228	257,7241
	Estatística t	-0,4347	4,854	0,0739	-1,7318
	Prob. (valor-P)	0,6645	0,0000	0,9412	0,0856
<b>Critério de Akaike</b>	<b>-</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,3851</b>
EFEITOS ALEATÓRIOS (NA SÉRIE TEMPORAL)	Coefficiente ( $\beta$ )	-17,5523	189,2568	13,1566	-446,3447
	Erro Padrão	40,3759	38,9894	178,0228	257,7241
	Estatística t	-0,4347	4,854	0,0073	-1,7318
	Prob. (valor-P)	0,6645	0,0000	0,9412	0,0856
<b>Critério de Akaike</b>	<b>-</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,3851</b>

(Continuação)

MODELOS	ITENS	VARIÁVEIS INDEPENDENTES CONSIDERADAS		
		$\Delta$ INVPRIV_P&D(-1)	$\Delta$ INVÚBL_P&D (-1)	$\Delta$ INVMIL_P&D(-1)
SEM EFEITOS	Coefficiente ( $\beta$ )	-144,6283	309,5836	374,8009
	Erro Padrão	55,1663	105,3085	219,4069
	Estatística t	-2,6216	2,9397	1,7082
	Prob. (valor-P)	0,0098	0,0039	0,0899
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1713</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado 0,3851</b>
EFEITOS FIXOS (NOS CORTES TRANSVERSAIS)	Coefficiente ( $\beta$ )	-165,9562	234,6224	342,3077
	Erro Padrão	44,2212	137,4656	283,2646
	Estatística t	-3,7528	1,7067	1,2084
	Prob. (valor-P)	0,0000	0,0904	0,2292
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1471</b>	<b>Estatística F</b>	<b>6,9444</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado 0,4429</b>
EFEITOS FIXOS (NA SÉRIE TEMPORAL)	Coefficiente ( $\beta$ )	-144,7164	281,2591	293,3235
	Erro Padrão	56,5104	111,4576	216,3666
	Estatística t	-2,5608	2,5234	1,3556
	Prob. (valor-P)	0,0116	0,0129	0,1776
<b>Critério de Akaike</b>	<b>17,1855</b>	<b>Estatística F</b>	<b>6,9089</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado 0,4143</b>
EFEITOS ALEATÓRIOS (NOS CORTES TRANSVERSAIS)	Coefficiente ( $\beta$ )	-144,6283	309,5836	374,8009
	Erro Padrão	55,1663	105,3085	219,4069
	Estatística t	-2,6216	2,9397	1,7082
	Prob. (valor-P)	0,0098	0,0039	0,0899
<b>Critério de Akaike</b>	<b>-</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado 0,3851</b>
EFEITOS ALEATÓRIOS (NA SÉRIE TEMPORAL)	Coefficiente ( $\beta$ )	-144,6283	309,5836	374,8009
	Erro Padrão	55,1663	105,3085	219,4069
	Estatística t	-2,6216	2,9397	1,7082
	Prob. (valor-P)	0,0098	0,0039	0,0899
<b>Critério de Akaike</b>	<b>-</b>	<b>Estatística F</b>	<b>13,7047</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado 0,3851</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do *EViews* 9.5. Obs.: Os resultados originais destes modelos estão disponíveis na íntegra no Apêndice D deste trabalho.

Feita a apresentação dos resultados, cabe agora interpretá-los, considerando duas vertentes: em primeiro lugar, serão comparados os resultados globais entre os três modelos obtidos (sem efeitos, de efeitos fixos e de efeitos aleatórios), a fim de definir qual desses modelos melhor

poderia explicar a regressão realizada. Depois disso, será realizada uma análise individual da influência de cada variável independente na produção de patentes (PAT), com ênfase na relação entre investimentos militares em P&D (INVMIL\_P&D) e PAT.

Confrontando-se então inicialmente os três tipos de modelos observados, é possível perceber, de imediato, que os resultados estimados dos modelos sem efeitos e de efeitos aleatórios são numericamente iguais, não havendo distinção entre os graus de explicação das variáveis em tais modelos.

Logo após, ao se comparar os resultados dos modelos de efeitos fixos nos cortes transversais e nas séries temporais com os dos modelos de efeitos aleatórios (também nas séries de tempo e nos cortes transversais), observa-se que, em geral, os coeficientes (ou estimadores) dos primeiros modelos diferem substancialmente dos coeficientes (ou estimadores) dos segundos, conforme sugerem os testes de Hausman<sup>42</sup> realizados (ver resultados no Apêndice E – pág. 138). Assim, nesse caso, é possível inferir que os modelos de efeitos fixos são preferíveis aos modelos de efeitos aleatórios.

Na sequência, baseado nos valores do Critério de Informação de Akaike (CIA), comparando-se os resultados entre os modelos de efeitos fixos nos cortes transversais, de efeitos fixos nas séries temporais e sem efeitos, verifica-se que o modelo de efeitos fixos nos cortes transversais é o que melhor explica a regressão dentre esses três considerados, dado que o seu CIA é o menor deles (17,1471), abaixo, portanto, dos valores obtidos nos outros dois modelos (efeitos fixos nas séries temporais - 17,1855 e sem efeitos – 17,1713).

Sendo assim, o modelo de efeitos fixos nos cortes transversais tende a ser o mais adequado dentre todos os modelos estimados, por exatamente refletir as diferenças de produção tecnológica em cada país amostrado através de interceptos distintos ( $c_i$ ).

Ainda sobre os resultados globais dos modelos, vale ressaltar também que, apesar de os resíduos gerados em tais modelos não serem normalmente distribuídos (conforme indicado nos

---

<sup>42</sup>O teste formulado por Hausman possui uma distribuição assintótica qui-quadrada ( $\chi^2$ ), cuja hipótese nula associada é que os estimadores (coeficientes) dos modelos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios não difiram significativamente. Caso a hipótese nula for rejeitada, infere-se que os modelos de efeitos aleatórios não são adequados, visto que, muito provavelmente, os efeitos aleatórios estejam correlacionados com um ou mais regressores. Logo, ao se rejeitar a hipótese nula, os modelos de efeitos fixos serão preferíveis aos de efeitos aleatórios (WOOLDRIDGE, 2010).

testes de Jarque-Bera (JB)<sup>43</sup> demonstrados no Apêndice D – vide pág. 133), os estimadores de MQO obtidos se mantêm assintótica e normalmente distribuídos. Isso porque, como os modelos partem de uma grande amostra (182 observações), esses estimadores permanecerão assintoticamente normais e, por conseguinte, os principais testes realizados (como os testes t (*Student*) e F (*Snedecor*)) também serão válidos nesse caso.

Por outro lado, analisando o grau de interferência de cada variável independente na produção de patentes dos países observados, sobretudo da influência dos investimentos militares em P&D na quantidade de patentes produzidas por tais países, cabem as seguintes considerações:

- a) Em todos os modelos específicos considerados, observa-se que os impactos dos investimentos militares em P&D (INVMIL\_P&D) na produção de patentes (PAT) tendem a ser ambíguos, uma vez que eles são, ao mesmo tempo, significativamente negativos no ano corrente ( $\Delta$ INVMIL\_P&D), e expressivamente positivos na primeira defasagem anual ( $\Delta$ INVMIL\_P&D(-1)).
- b) No entanto, a conclusão imediatamente anterior é crível apenas nos modelos sem efeitos, de efeitos aleatórios e de efeitos fixos nas séries temporais, visto que: nos dois primeiros, as variáveis  $\Delta$ INVMIL\_P&D e o  $\Delta$ INVMIL\_P&D(-1) apresentam valores-P<sup>44</sup> de 0,0856 e de 0,0899, respectivamente, sendo então os seus impactos aceitáveis a um nível de significância<sup>45</sup> de 10%; e, no modelo de efeitos fixos nas séries temporais, a influência da variável  $\Delta$ INVMIL\_P&D é aceitável a um nível de significância de 5%, dado que o valor-P é de 0,0436. Por sua vez, no modelo de efeitos fixos nos cortes transversais, nenhuma daquelas duas variáveis podem explicar de forma aceitável a regressão, visto que apresentam valores-P acima de 10%;

---

<sup>43</sup>O teste de normalidade JB é um teste assintótico (ou de amostras grandes) baseado na análise dos resíduos de MQO. De posse dos coeficientes de assimetria (S) e de curtose (K), obtém-se a seguinte estatística:  $JB = n [S^2/6 + (K - 3)^2/24]$ , onde “n” é o tamanho da amostra. A partir disso, sob a hipótese nula ( $H_0$ ) de que os resíduos são normalmente distribuídos, espera-se que o valor de JB seja igual a 0 ou bem próximo de 0. Nos testes realizados no caso analisado, os valores de JB obtidos foram significativamente positivos, o que leva a rejeitar  $H_0$ , de modo que os resíduos encontrados não são normalmente distribuídos (GUJARATI E PORTER, 2011).

<sup>44</sup>Conforme consta em Wooldridge (2010, p. 125), o valor-P ou P-valor resultante de um modelo de regressão indica o menor nível de significância ao qual a hipótese nula ( $H_0$ ) é rejeitada, dado o valor observado de uma estatística de teste, ou seja, é o nível exato de significância de uma estatística de teste quando o valor crítico (ou estatística) de teste é utilizado.

<sup>45</sup>Nível de significância ( $\alpha$ ) é a probabilidade de se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) quando ela é, de fato, verdadeira em um teste qualquer. Este também é chamado de probabilidade de erro do tipo I (WOOLDRIDGE, 2010).

- c) Com base em tais inferências, evidencia-se que, em geral, os impactos dos investimentos militares em P&D na produção de patentes não são imediatos nos países observados, uma vez que a produção tecnológica militar tende a seguir um ciclo de vida menos célere que o da iniciativa privada. Ademais, o processo de registro das patentes de tecnologias militares tende a ser mais dificultoso/burocrático que o de registro de patentes do setor civil;
- d) Esse último argumento pode ser ratificado pelo fato de os investimentos privados em P&D no ano corrente ( $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}$ ) serem alta e positivamente significantes em todos os modelos estimados (com valores-P próximos de 0 ou até mesmo iguais a 0). De forma contrária, os investimentos privados em P&D defasados em um ano ( $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}(-1)$ ) se mostram alta e negativamente significantes nos cinco modelos estimados (valores-P abaixo de 1%). Nesse sentido, verifica-se que, diferentemente dos investimentos militares em P&D, os investimentos privados em P&D tendem a influenciar de maneira imediata a produção de patentes nos países observados;
- e) Quanto às outras variáveis consideradas, observa-se primeiramente que, em todos os modelos estimados, os impactos dos gastos militares (indicados por  $\Delta\text{GST\_MIL}$ ) na produção de patentes nos países selecionados tendem a ser negativos e pouco significantes (valores-P elevados);
- f) No caso dos investimentos públicos em P&D (representados por  $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}$  e  $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}(-1)$ ), verifica-se a mesma tendência ambígua observada no caso dos investimentos militares em P&D, no sentido de que, em todos os modelos considerados, a variável defasada  $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}(-1)$  tende a ser alta e positivamente significativa na produção de patentes (a um nível de significância de 10%) e, ao mesmo tempo, no ano corrente, os investimentos públicos em P&D ( $\Delta\text{INVPÚBL\_P\&D}$ ) tendem a ser pouco significantes na criação de patentes (embora os coeficientes sejam, em maioria, positivos);
- g) Assim, seguindo a mesma linha de interpretação admitida para os impactos dos investimentos militares em P&D, essa última tendência demonstra que os efeitos dos investimentos públicos em P&D na produção tecnológica dos países observados também não são imediatos, tendo em vista a maior lentidão do ciclo de vida

tecnológico de invenções e a maior dificuldade/burocracia em se registrar patentes a partir da P&D no setor público.

Feita a avaliação empírica dos resultados, importa também, neste momento, analisar as principais relações de causalidade teóricas existentes entre “produção de patentes” (PAT) e “taxa de crescimento real do PIB” (Var\_PIB), intrínsecas aos modelos de crescimento expostos (sobretudo o de Romer (1990)) e ao modelo de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), assim como as causalidades evidenciadas entre “investimentos militares em P&D” (INVMIL\_P&D) e crescimento econômico através da “produção de patentes” (PAT), especialmente abordadas nos modelos de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018).

Conforme explicitado no primeiro capítulo deste trabalho, os modelos de crescimento abordados (Solow (1956), Lucas (1988) e Romer (1990)) apresentam em comum a ideia de que o progresso tecnológico é o fator fundamental para se promover um crescimento econômico sustentado, seja de forma exógena (como em Solow), ou endógena (no caso de Lucas e Romer).

Entretanto, o modelo de Romer (1990) ainda vai além dessa hipótese geral, no sentido de apontar que o progresso tecnológico abrange a criação de novas ideias (ou de conhecimento) e que essas novas ideias, sendo utilizadas no processo produtivo, proporcionam retornos crescentes de escala suficientes para que a produção aumente de forma contínua. Por sua vez, esse modelo também sustenta que o progresso tecnológico tende a ser impulsionado basicamente pela atividade econômica de P&D.

Outrossim, ao analisar o progresso tecnológico de forma mais acurada, a partir da versão ampliada do modelo de Romer (1990), verifica-se que, além de ser conduzido pela P&D, tal progresso tecnológico também é consequência de um processo específico de apropriação (ou absorção) tecnológica de cada firma ou país, sendo que esta apropriação de tecnologia tende a se dar, efetivamente, pelo registro de patentes ou de direitos exclusivos de produção de um bem que contenha uma nova tecnologia.

Dessa forma, é razoável conceber a ideia de que o nível de progresso tecnológico de um país e a quantidade de patentes associada a um mesmo país sejam indicadores equivalentes. Por conseguinte, entende-se que a taxa de progresso tecnológico também deve se equiparar à taxa de produção de patentes, a qual é influenciada fundamentalmente pela dinâmica econômica do setor de P&D.

Esse último pressuposto é reforçado ao se observar a equação (38), do modelo de Romer (1990), e a equação (49), do modelo de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), uma vez que a primeira delas aponta para uma relação direta do preço de uma patente com os salários e os lucros do setor de P&D, os quais, por sua vez, estão atrelados ao nível de produção tecnológica (ou de patentes), e a segunda indica que a acumulação tecnológica e a acumulação de patentes são conceitos que se confundem e são influenciadas pelas mesmas variáveis.

Dadas as evidências de uma relação estrita entre patentes e progresso tecnológico, segundo os pressupostos teóricos dos modelos de Romer (1990) e de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), torna-se também factível acolher a hipótese de que a quantidade de patentes geradas pode influenciar diretamente a taxa de crescimento econômico de longo prazo, visto que, em estado estacionário ou numa trajetória de crescimento equilibrado, a taxa de progresso tecnológico (ou de produção de patentes) se igualaria à taxa de crescimento real do produto. Logo, em condição de *ceteris paribus*<sup>46</sup>, quanto maior o número de patentes produzidas, maior tende a ser a taxa de crescimento real de uma economia.

Por outro lado, considerando agora as possíveis causalidades entre investimentos em P&D no setor militar e crescimento econômico (em termos reais), observa-se, sobretudo a partir dos modelos de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018), que os benefícios econômicos atribuídos aos investimentos em P&D militar dificilmente podem ser percebidos e tendem a ser insignificantes, se forem considerados de forma direta e isolada de outros fatores/variáveis.

Todavia, os impactos dos investimentos em P&D militar na economia podem ser mais bem observados caso estes sejam evidenciados pelos seus aspectos indiretos, sobretudo por meio da influência positiva ou negativa de tais investimentos na quantidade de patentes produzidas na economia como um todo, resultado de um processo de absorção tecnológica da P&D militar pelos setores civis (*spin-offs* ou transbordamentos tecnológicos) ou de um efeito de retração tecnológica nos setores civis devido ao aumento da P&D militar (*crowding-outs*).

Nesse contexto, apesar das evidências dos impactos dos investimentos em P&D militar na produção de patentes e, por consequência, de forma indireta, no crescimento econômico, é possível depreender, a partir do modelo de Malik (2018), que tais impactos nem sempre tendem a

---

<sup>46</sup>Condição segundo a qual todas as demais variáveis que possam influenciar na determinação de uma variável dependente específica (no caso, a taxa de crescimento econômico) sejam mantidas constantes (GREMAUD, 2004).

ser imediatos, pois estes estão relacionados com o ciclo de vida tecnológico de um produto (ou processo) militar e ainda podem diferir entre países e períodos distintos.

No caso dos modelos estimados neste item, as características desses impactos podem ser visualizadas através da inserção de defasagens anuais na variável  $\Delta\text{INVMIL\_P\&D}$ , as quais associam a produção de patentes às condições do ciclo de vida tecnológico militar, e da adição de um intercepto distinto para cada país ou para cada ano (no caso dos modelos de efeitos fixos) e de termos de erro individuais, considerando países ou anos diferentes (nos modelos de efeitos aleatórios).

Em síntese, compreende-se então que as relações de causalidade teóricas trazidas pelos modelos de Romer (1990), de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018) reportam à hipótese principal deste trabalho de que os impactos dos investimentos militares em P&D ( $\text{INVMIL\_P\&D}$ ) sobre a taxa de crescimento econômico (em termos reais) tendem a ser evidentes e significativos apenas de forma indireta, por meio de *spin-offs* ou de *crowding-outs* gerados no setor civil a partir do aumento ou da redução da quantidade de patentes, respectivamente.

Por todo o exposto neste item, considerando, em primeiro lugar, os resultados obtidos através dos modelos estimados, relativos à influência dos investimentos em P&D militar no crescimento, observa-se que os efeitos destes na produção de patentes e, por conseguinte, na taxa de crescimento econômico tendem, em geral, a ser ambíguos, visto que, ao mesmo tempo, a variável associada ao ano corrente ( $\Delta\text{INVMIL\_P\&D}$ ) apresenta-se negativamente significativa e a variável referente à primeira defasagem anual ( $\Delta\text{INVMIL\_P\&D}(-1)$ ) se mostra positivamente significativa. Essa tendência reflete a maior lentidão do ciclo de vida tecnológico da produção militar em relação ao da produção privada.

De forma contrária, tendo em vista a maior celeridade e imediatismo do ciclo de vida tecnológico da produção privada em face da produção militar, os efeitos dos investimentos privados em P&D na produção de patentes se mostram positivamente significantes no ano corrente (através da variável  $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}$ ) e negativamente significantes na primeira defasagem anual (reproduzida pela variável  $\Delta\text{INVPRIV\_P\&D}(-1)$ ).

No que diz respeito às causalidades teóricas existentes entre “produção de patentes” (PAT) e “taxa de crescimento econômico (em termos reais) e entre “investimentos militares em

P&D” (INVMIL\_P&D) e essa mesma taxa de crescimento, através da “produção de patentes” (PAT), constata-se, através dos modelos de Romer (1990), de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018), que:

- a) Há evidências teóricas de que a quantidade de patentes produzidas e o nível de progresso tecnológico são indicadores que se confundem, e por sua vez, a taxa de progresso tecnológico e a taxa de produção de patentes também se equivalem, em termos práticos;
- b) Com isso, verifica-se ainda que há uma relação estrita entre taxa de produção de patentes e taxa de crescimento econômico de longo prazo, tendo em vista que, no estado estacionário, a taxa de progresso tecnológico (ou de produção de patentes) e a taxa de crescimento real da economia tendem a ser iguais e constantes;
- c) Por fim, também há evidências teóricas de que os impactos dos investimentos militares em P&D (INVMIL\_P&D) sobre a taxa de crescimento econômico (em termos reais) tendem a ser evidentes e significativos apenas de forma indireta, por meio de *spin-offs* ou de *crowding-outs* gerados no setor civil a partir, respectivamente, do aumento ou da redução do número de patentes produzidas (ou do nível de progresso tecnológico).

Em suma, após todas as abordagens realizadas, o presente e último capítulo deste trabalho inicialmente apresentou e interpretou os dados dos principais indicadores associados à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (medida pelo número de patentes produzidas) e ao crescimento econômico, em uma amostra de países observados (dentre os quais, alguns países da OCDE e o Brasil), compreendendo um período entre 2003 e 2015 e, em seguida, apresentou a modelagem e os resultados empíricos de tais dados, com o intuito de validar ou não as prováveis relações estatísticas entre as variáveis observadas, isto é, entre (PAT) e (INVPRIV\_P&D, INVMIL\_P&D, INVPÚBL\_P&D e GST\_MIL).

Observou-se então, através desses resultados, que os efeitos dos investimentos em P&D militar se mostram, em geral, ambíguos, visto que, no ano corrente, tendem a ser negativamente significantes e, na primeira defasagem anual, passam a ser positivamente significantes, comportamento esse que reflete o ciclo de vida tecnológico da produção militar nos países observados.

Com isso, verifica-se que os resultados obtidos por aquela modelagem vão ao encontro dos preceitos dos modelos teóricos apresentados nos capítulos 1 e 2 deste trabalho (sobretudo o de Romer (1990), de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008), de Anyanwu e Chakrabarti (1993) e de Malik (2018)), tendo em vista as evidências de uma relação estreita entre “patentes”, “progresso tecnológico” e “crescimento econômico” (em termos reais), assim como a tendência de que os efeitos dos “investimentos em P&D militar” sejam evidentes e significativos sobre o crescimento apenas de forma indireta, em relação aos países selecionados, através de *spin-offs* ou *crowding-outs* gerados no setor civil a partir, respectivamente, do aumento ou da redução da quantidade de patentes produzidas (ou do nível de progresso tecnológico).

## CONCLUSÕES

Esta Dissertação teve como principal objetivo demonstrar e analisar teórica e empiricamente os eventuais impactos dos gastos em P&D militar sobre o crescimento de países selecionados (incluindo o Brasil), sob as seguintes hipóteses: a primeira foi a de que os investimentos em P&D militar poderiam influenciar direta e positivamente a produtividade tecnológica, através da criação de patentes, e, por conseguinte, influenciar de forma indireta e positiva, a taxa de crescimento econômico por meio de *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar o valor tecnológico das patentes às produções civis. Já a segunda considerou que os investimentos militares em P&D poderiam, de outra forma, causar indiretamente efeitos negativos no desempenho econômico, como resultado de um *crowding-out* na produção tecnológica/ de patentes como um todo.

Para o alcance de tal objetivo, no capítulo 1, foram abordados inicialmente os modelos elementares de crescimento econômico de Solow (1956), de Lucas (1988) e de Romer (1990), modelos esses que trouxeram um entendimento geral sobre as principais causalidades do crescimento econômico, especialmente destacando o papel do progresso tecnológico nesse sentido.

Logo após, no capítulo 2, foram apresentadas as principais contribuições teóricas (e/ou modelos econométricos), assim como conceitos essenciais e fatos históricos que envolvem os prováveis efeitos dos investimentos militares em P&D no crescimento econômico, através do progresso tecnológico/produção de patentes. Dentre as contribuições/modelos considerados, destacaram-se os trabalhos de Feder (1983), Deger (1986a e 1986b), Biswas e Ram (1986),

Anyanwu e Chakrabarti (1993), Derouen e Heo (2001), de Rassenfosse e Van Pottelberghe de la Potterie (2008) e de Malik (2018).

Finalmente, por meio do terceiro e último capítulo deste trabalho, foram apresentados e esclarecidos os dados históricos associados às principais variáveis associadas à P&D, à P&D militar, à produção tecnológica (relacionada com o número de patentes) e ao crescimento econômico, a partir de uma amostra de países que inclui o Brasil, entre 2003 e 2015.

Em seguida, feito o levantamento e a compilação daqueles dados, foram estimados os modelos econométricos aplicáveis ao caso, além de terem sido revisitados os modelos teóricos mais relevantes, tudo com o objetivo de avaliar empirica e teoricamente os possíveis impactos indiretos dos gastos em P&D militar sobre as taxas de crescimento econômico dos países observados, sob a ótica de *spin-offs* (transferências de tecnologia), ao agregar valor tecnológico às produções civis (por meio do aumento da produção de patentes), e de *crowding-outs*, ao reduzir o valor tecnológico nas produções civis (pelo recuo da produção de patentes).

Assim, a partir das argumentações trazidas nos três capítulos deste trabalho, depreende-se que há evidências teóricas e empíricas dos impactos diretos dos investimentos em P&D militar sobre a produção tecnológica (de patentes) dos países amostrados. Por conseguinte, também são evidenciados teoricamente os impactos indiretos dos investimentos em P&D militar sobre o crescimento econômico dos mesmos países observados (através dos seus efeitos sobre a variável “patentes” - PAT).

De outra forma, considerando o lento ciclo de vida tecnológico da produção (ou processo) militar, tais impactos dos investimentos militares em P&D também se mostram ambíguos, pois tendem a ser negativos e significantes no ano corrente (podendo, assim, provocar *crowding-outs* na produção tecnológica e no crescimento econômico) e, ao mesmo tempo, positivos e significantes na primeira defasagem anual (os quais podem induzir maior crescimento econômico através de *spin-offs*).

Em que pese as conclusões apresentadas, importa ressaltar que as estimativas obtidas se aplicam apenas aos países observados (dentre os quais se inclui o Brasil) e são indicadas de forma agregada e em termos médios, sem considerar as possíveis variações de resultados de país para país, dado o caráter genérico dos modelos estimados (regressões de dados em painel).

Nesse contexto, enfatiza-se ainda que tais conclusões não são (e nem podem) ser taxativas, haja vista as inúmeras obras/artigos nacionais e internacionais que abordam o assunto

sob diferentes pontos de vista, utilizando-se de modelos teóricos/econométricos distintos. Logo, o tratamento do tema exposto não deve se esgotar aqui neste trabalho.

De qualquer forma, espera-se que as ferramentas teóricas e empíricas apresentadas nesta Dissertação contribuam para melhor difundir o campo de Economia de Defesa no Brasil e, simultaneamente, agreguem maior conhecimento a essa área de estudo, de modo a ser um instrumento de pesquisa útil a futuras discussões acadêmicas e eficaz para subsidiar possíveis políticas públicas relativas a investimentos em P&D militar no País.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-BADER, S.; ABU-QARN, A. S. Government expenditures, military spending and economic growth: causality evidence from Egypt, Israel, and Syria. **Journal of Policy Modeling**, v. 25 (2003), pp. 567-583. Amsterdã: Elsevier, abr./2003.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudos Setoriais de Inovação - Base Industrial de Defesa**: determinantes da acumulação de conhecimento para inovação tecnológica nos setores industriais no Brasil. Brasília: ABDI, 2010.

AMBROS, C. C. Indústria de defesa e desenvolvimento: controvérsias teóricas e implicações em política industrial. **Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais**, v. 6, nº 11, pp. 136-158. Porto Alegre: UFRGS, jan./ jun. 2017.

ANTINORI, C. M.; LIPOW, J. External security threats, defense expenditures, and the economic growth of less-developed countries. **Journal of Policy Modeling**, v. 17(6), pp. 579-595. Amsterdã: Elsevier, jan./1995.

ANYANWU, C. L.; CHAKRABARTI, A. K. Defense R&D, technology and economic performance: a longitudinal analysis of the U.S. experience. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 40, nº 2, pp. 136-145. EUA: IEEE, maio/1993.

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. **Gest. Prod.**, v. 14, nº 1, pp. 109-123. São Carlos: UFScar, jan.-abr./2007.

ARRAES, R. A.; TELES, V. K. Endogeneidade versus exogeneidade do crescimento econômico: uma análise comparativa entre Nordeste, Brasil e países selecionados. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 31, edição especial, pp. 754-776. Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, nov./2000.

BANCO MUNDIAL. **Data Bank**: World Development Indicators. Washington-DC: The World Bank-World Bank Group, 2018. Disponível em: <<http://databank.worldbank.org/data/source/world-development-indicators#>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

BARCELLOS, J. A.; FONSECA, P. V. D.; GOMES, S. B. V. Panoramas setoriais 2030: aeroespacia e defesa. In: **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**, pp. 205-225. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, 2017.

BARROS, D. C.; DE CASTRO, B. H. R.; FILHO, S. L. S. C.; FONSECA, P. V. D.; GORNSZTEJN, J. Panorama sobre a indústria de defesa e segurança no Brasil. **BNDES Setorial**, nº 38, p. 373-408. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, 2013. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3810.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3810.pdf)>. Acesso em 09 de fevereiro de 2017.

BISWAS, B.; RAM, R. Military expenditures and economic growth in less developed countries: an augmented model and further evidence. **Economic Development and Cultural Change**, pp. 361-372. Chicago: The University of Chicago, 1986.

BLANCHARD, O. **Macroeconomia**. 4ª edição. Tradução: Cláudia Martins e Mônica Rosemberg. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHU, A. C.; LAI, C-C. On the growth and welfare effects of defense R&D. **Journal of Public Economic Theory**, 14(3), pp. 473-492. EUA: Wiley Periodicals, Inc., 2012.

COSSUL, N. I.; GERALDO, M. S. Tecnologia como fator estratégico para o Brasil e para a segurança da América do Sul. **Revista Política Hoje**, v. 26, nº 1, pp. 37-54. Recife: UFPE, 2017.

COWAN, R.; FORAY, D. Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development. **Research Policy**, 24, pp. 851-868. Amsterdã: Elsevier, 1995.

DAGNINO, R. Em que a Economia de Defesa pode ajudar nas decisões sobre a revitalização da indústria de defesa brasileira? **Revista de Economia Heterodoxa**, nº 9, ano VII, pp. 113-137. Rio de Janeiro: OIKOS, 2008.

DEGER, S. Economic Development and Defense Expenditure. **Economic Development and Cultural Change**, pp. 179-196. Chicago: The University of Chicago, 1986.

DEROUEN JR., K.; HEO, U. Modernization and the military in Latin America. **B. J. Pol. S.**, v. 31, pp. 475-496. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

DUARTE, E. E. **Tecnologia militar e desenvolvimento econômico: Uma análise histórica**. Rio de Janeiro: IPEA, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1114/1/TD1748.pdf>>. Acesso em 07 de fevereiro de 2017.

DUNNE, J. P.; NIKOLAIDOU, E. Defence spending and economic growth in the EU15. **Taylor and Francis Journals**, v. 23(6), pp. 537-548. Londres: University of the West of England, dez./2012.

DUNNE, J. P.; SMITH, R. P.; WILLENBOCKEL, D. Models of military expenditure and growth: a critical review, defence and peace economics. **Taylor and Francis Journals**, v. 16(6), pp. 449-461. Londres: University of the West of England, dez./2005.

ELLERY JR, R; FERREIRA, P. C. Crescimento econômico, retornos crescentes e concorrência monopolista. **Revista de Economia Política**, v. 16, nº 2(62). Rio de Janeiro: FGV, abril-junho/1996. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/2>>. Acesso em 16 de março de 2018.

ESCRITÓRIO AMERICANO DE MARCAS E PATENTES. **Number of utility patent applications filed in the United States, by country of origin, calendar years 1965 to present.** EUA: Patent Technology Monitoring Team, 2015. Disponível em: <[https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl\\_yr.htm](https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.htm)>. Acesso em 23 de agosto de 2018.

\_\_\_\_\_. **Extended year set – patent counts by country, state, and year utility patents.** EUA: Patent Technology Monitoring Team, 2015. Disponível em: <[https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst\\_utlh.htm](https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_utlh.htm)>. Acesso em 23 de agosto de 2018.

FREGUGLIA, R. S.; GONÇALVES, E.; RIBEIRO, E. C. B. A. Transbordamento de tecnologia e capacidade de absorção: uma análise para os estados brasileiros. **Revista Economia**, v. 14, nº 1A, pp. 3-27. Brasília: ANPEC, jan.-abr./2013. Disponível em: <[http://www.anpec.org.br/revista/vol14/vol14n1p3\\_27.pdf](http://www.anpec.org.br/revista/vol14/vol14n1p3_27.pdf)>. Acesso em 21 de setembro de 2017.

GENTILUCCI, E.; HERRERA, R. Military Spending, technical progress, and economic growth: a critical overview on mainstream defense economics. **Journal of Innovation Economics and Management**, 2013/2, nº 12, pp. 13-35. Paris: De Boeck Supérieur, 2013.

GREMAUD, A. P. et al. **Manual de Economia**: equipe de professores da USP, 5ª edição. São Paulo: Saraiva, 2004.

GOLD, D. Military R&D a poor scapegoat for flagging economy. **The Bulletin of the Atomic Scientists**. Manhattan: Routledge-Taylor & Francis Group, jan.-fev./1991.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D.C. **Econometria Básica**, 5ª edição. Tradução: Denise Durante, Mônica Rosemberg e Maria Lúcia G. L. Rosa. São Paulo: AMGH Editora, 2011.

HELPMAN, E. **The Mystery of economic growth**. Cambridge: Harvard University, 2004.

HORSTMANN, I.; MACDONALD, G. M.; SLIVINSKI, A. Patents as information transfer mechanisms: to patent or (maybe) not to patent. **Journal of Political Economy**, v. 93, nº 5. Chicago: The University of Chicago, 1985.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Anuário Estatístico de Propriedade Industrial 2000-2012**. Rio de Janeiro: Assessoria de Assuntos Econômicos-INPI, 2016. Disponível em <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/anuario-estatistico-de-propriedade-industrial-2000-2012-patente1#patente>>. Acesso em 23 de agosto de 2018.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas preliminares a partir de 2013**. Rio de Janeiro: Assessoria de Assuntos Econômicos-INPI, 2016. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/estatisticas-preliminares-2013-a-partir-de-2013>>. Acesso em 23 de agosto de 2018.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Atividades INPI 2017: Estatísticas**. Rio de Janeiro: Assessoria de Assuntos Econômicos-INPI, 2016. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas>>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

JONES, C.; VOLLRATH, D. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. 3ª edição. Tradução: Cristiana de Assim Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

JUNIOR, A. F.; SHIKIDA, C. D. **Gastos militares, ameaças externas e crescimento econômico**. Belo Horizonte: IBMEC Minas, 2007. Disponível em: <<http://www.ceae.ibmecmg.br/wp/wp44.pdf>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2017.

KALAITZIDAKIS, P.; TZOUVELEKAS, V. Military spending and the growth-maximizing allocation of public capital: a cross-country empirical analysis. **Economic Inquiry**, v. 49, nº 4, pp. 1029-1041. Fountain Valle-CA: Western Economic Association International, out. 2011.

KLEVORICK, A. K.; LEVIN, R. C.; NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Appropriating the returns from industrial research and development. **Brookings Papers on Economic Activity**, 18 (3), pp. 783-832. Washington-DC: Brookings Institution Press, fev./1987.

KNIGHT, M., LOAYZA, N. & VILLANUEVA, D. The Peace Dividend – military spending cuts and economic growth. **Policy Research Working Paper**, nº 1577, 49p. Washington D.C.: IMF, Feb/1996.

LACERDA, J. S.; RUFFONI, J; ZAWISLAK, P. A. Uma análise comparativa entre indicadores de desenvolvimento tecnológico e de crescimento econômico para grupos de países. XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, **Anais...** Curitiba, 2004. Disponível em: <[www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=2183](http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=2183)>. Acesso em 05 de setembro de 2017.

LESKE, A. D. C. Inovação e políticas na indústria de defesa brasileira. **Tese de Doutorado**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. Disponível em: <[http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/ppge/Ariela\\_Leske.pdf](http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/ppge/Ariela_Leske.pdf)>. Acesso em 06 de fevereiro de 2017.

MALIK, T. H. Defence investment and the transformation national science and technology: a perspective on the exploitation of high technology. **Technological Forecasting & Social Change**, 127 (2018), pp. 199-208. Amsterdã: Elsevier, 2018.

MANKIW, N., ROMER, D. WEIL, D. “A contribution to the empirics of economic growth”. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 107, pp. 407-437. Oxford: Oxford University Press, 1992.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação 2017**. Brasília: COIND-MCTIC, 2017.

\_\_\_\_\_. **Banco de Variáveis de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília: COIND-MCTIC, 2017. Disponível em: < [http://indicadoresvar.mctic.gov.br/arvore.php?varid=MSTI&idioma=pt\\_br](http://indicadoresvar.mctic.gov.br/arvore.php?varid=MSTI&idioma=pt_br)>. Acesso em 17 de agosto de 2018.

MOWERY, D. C. Defense-related R&D as a model for “Grand Challenges” technology policies. **Research Policy**, v. 41, pp. 1703-1715. Berkeley-CA: Elsevier, 2012.

OREIRO, J. L. Progresso tecnológico, crescimento econômico e as diferenças internacionais nas taxas de crescimento da renda per capita. Uma crítica aos modelos neoclássicos de crescimento. **Economia e Sociedade**, pp. 41-67. Campinas: UNICAMP, jun./1999.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. **World Intellectual Property Indicators 2016**. Genebra: WIPO, 2016. Disponível em: < [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_941\\_2016.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2016.pdf)>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

\_\_\_\_\_. **Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2016: the international patent system**. Genebra: WIPO, 2016. Disponível em: < [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_901\\_2016.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_901_2016.pdf)>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: the digital transformation**. Paris: OECD Publishing, 2017.

\_\_\_\_\_. **Main Science and Technology Indicators full database 2018**. Paris: OCDE, 2018. Disponível em: < [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI\\_PUB](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB)>. Acesso em 17 de agosto de 2018.

\_\_\_\_\_. **OECD Productivity Statistics: GDP per capita and productivity levels**. Paris: OCDE, 2018. Disponível em: < [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI\\_PUB](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB)>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

PACHECO, T; PEDONE, L. Incentivos governamentais e indústria de defesa. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 5, nº 2, pp. 177-196. Porto Alegre: ABED, jul.-dez./2016.

POSSAS, S. Conhecimento e atividade econômica. **Economia e Sociedade** (8), pp. 85-100. Campinas: UNICAMP, jun./1997.

RASSENFOSSE, G. D.; VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. A policy insight into the R&D-patent relationship. **Research Policy** 38 (2009), pp. 779-792. Amsterdã: Elsevier, fev./2009.

RUTTAN, V. W. Is war necessary for economic growth? **Historically Speaking-Issues**. Minnesota: University of Minnesota, out./2006.

SALA-I-MARTIN, X. **Apuntes de crecimiento económico**. Traducción: Affons Méndez. Barcelona: Antoni Bosch, 1994.

SIMMIE, J. **R&D and the ‘Peace Dividend’: a review of the implications for some local defence-dependent economies in the UK**. Cambridge: Joint Editors and Blackwell Publishers, 1995.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **The Quartely Journal of Economics**, v. 70, nº 1, pp. 65-94. Oxford: Oxford University Press, 1956.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento econômico**, 5ª edição, seção 11.3. São Paulo: Atlas, 2005.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. Trends in world military expenditure, 2017. **SIPRI Fact Sheet**. Estocolmo: SIPRI, maio/2018.

\_\_\_\_\_. Data for all countries 1949-2017 (excel spreadsheet). **SIPRI Military Expenditure Database**. Estocolmo: SIPRI, 2018. Disponível em: <<https://www.sipri.org/databases/milex>>. Acesso em 13 de Agosto de 2018.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à Econometria**: uma abordagem moderna, 4ª edição norte-americana. Tradução: José Antônio Ferreira. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

**APÊNDICE A - TABELAS DE DADOS REFERENTES A GASTOS MILITARES, P&D,  
P&D MILITAR, PATENTES E CRESCIMENTO ECONÔMICO**

A.1. Gastos militares totais nos países selecionados (2003-2015) - em bilhões de \$ correntes.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>África do Sul</b>	2,57	3,10	3,57	3,51	3,53	3,29	3,59
<b>México</b>	3,25	3,13	3,62	4,08	4,78	4,94	4,86
<b>Canadá</b>	9,96	11,34	12,99	14,81	17,42	19,34	18,94
<b>Estados Unidos</b>	415,22	464,68	503,35	527,66	556,96	621,13	668,57
<b>Bélgica</b>	38,76	42,63	42,28	43,08	51,64	62,96	56,21
<b>Brasil</b>	8,39	9,78	13,59	16,40	20,49	24,45	25,65
<b>China</b>	35,13	40,35	45,92	55,34	68,01	86,36	105,64
<b>Japão</b>	42,49	45,34	44,30	41,55	40,53	46,36	51,47
<b>Coréia do Sul</b>	15,85	17,83	22,16	25,18	27,73	26,07	24,58
<b>França</b>	45,92	53,01	52,91	54,52	60,59	66,01	66,88
<b>Alemanha</b>	35,06	38,01	38,05	38,09	42,55	48,08	47,47
<b>Portugal</b>	3,11	3,72	4,04	4,07	4,37	4,81	4,95
<b>Espanha</b>	12,88	15,26	16,00	17,25	20,07	22,23	20,18
<b>Reino Unido</b>	46,94	53,97	55,15	57,48	65,99	65,62	57,91

<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>África do Sul</b>	4,19	4,59	4,49	4,12	3,89	3,49
<b>México</b>	5,90	6,47	6,98	7,84	8,66	7,74
<b>Canadá</b>	19,32	21,39	20,45	18,52	17,85	17,95
<b>Estados Unidos</b>	698,18	711,34	684,78	639,70	609,91	596,10
<b>Bélgica</b>	52,45	54,99	51,69	52,63	51,92	42,02
<b>Brasil</b>	34,00	36,94	33,99	32,87	32,66	24,62
<b>China</b>	115,71	137,97	157,39	179,88	200,77	214,09
<b>Japão</b>	54,66	60,76	60,01	49,02	46,88	42,11
<b>Coréia do Sul</b>	28,18	30,99	31,95	34,14	37,55	36,57
<b>França</b>	61,78	64,60	60,04	62,42	63,61	55,34
<b>Alemanha</b>	46,26	48,14	46,47	45,93	46,10	39,81
<b>Portugal</b>	4,72	4,90	4,14	4,72	4,11	3,57
<b>Espanha</b>	19,71	19,70	18,86	17,24	17,18	15,19
<b>Reino Unido</b>	58,08	60,27	58,50	56,86	59,18	53,86

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do SIPRI (2018b).

A.2. Proporção de gastos militares em relação ao PIB nos países seleccionados (2003-2015) - em %.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>África do Sul</b>	0,015	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,012
<b>México</b>	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005
<b>Canadá</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,012	0,014
<b>EUA</b>	0,036	0,038	0,038	0,038	0,038	0,042	0,046
<b>Bélgica</b>	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,012
<b>Brasil</b>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,015
<b>China</b>	0,021	0,021	0,020	0,020	0,019	0,019	0,021
<b>Japão</b>	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,010
<b>Coréia do Sul</b>	0,023	0,023	0,025	0,025	0,025	0,026	0,027
<b>França</b>	0,025	0,025	0,024	0,023	0,023	0,023	0,025
<b>Alemanha</b>	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,013	0,014
<b>Portugal</b>	0,019	0,020	0,020	0,019	0,018	0,018	0,020
<b>Espanha</b>	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013
<b>Reino Unido</b>	0,023	0,023	0,022	0,021	0,022	0,023	0,024

<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>África do Sul</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
<b>México</b>	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007
<b>Canadá</b>	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,012
<b>EUA</b>	0,047	0,046	0,042	0,038	0,035	0,033
<b>Bélgica</b>	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009
<b>Brasil</b>	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,014
<b>China</b>	0,019	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019
<b>Japão</b>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Coréia do Sul</b>	0,026	0,026	0,026	0,026	0,027	0,026
<b>França</b>	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,023
<b>Alemanha</b>	0,014	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012
<b>Portugal</b>	0,020	0,020	0,019	0,021	0,018	0,018
<b>Espanha</b>	0,014	0,013	0,014	0,013	0,012	0,013
<b>Reino Unido</b>	0,024	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do SIPRI (2018b).

A.3. Dispendios totais em P&amp;D nos países selecionados (2003-2015) - em bilhões de \$ correntes.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	3,06	3,51	4,05	4,59	4,88	5,16	4,82
<b>Alemanha</b>	60,80	62,80	63,87	69,32	73,33	81,10	82,80
<b>Bélgica</b>	5,90	6,08	6,23	6,77	7,22	7,86	8,15
<b>Brasil</b>	17,67	18,51	20,52	21,67	25,83	28,90	28,81
<b>Canadá</b>	20,14	21,64	23,09	24,13	24,76	24,91	25,08
<b>China</b>	57,14	70,13	86,83	105,58	124,19	146,13	185,27
<b>Coréia do Sul</b>	24,07	27,94	30,62	35,41	40,64	43,91	45,99
<b>Espanha</b>	10,80	11,68	13,25	16,05	18,19	20,25	20,31
<b>Estados Unidos</b>	293,85	305,64	328,13	353,33	380,32	407,24	406,41
<b>França</b>	37,13	38,16	39,53	42,35	44,16	46,57	49,70
<b>Japão</b>	112,19	117,60	128,69	138,56	147,60	148,72	136,96
<b>México</b>	4,40	4,78	5,35	5,46	6,67	7,79	8,46
<b>Portugal</b>	1,52	1,64	1,81	2,48	3,05	4,06	4,42
<b>Reino Unido</b>	28,56	29,43	30,64	33,30	35,20	36,54	36,47
<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
<b>Africa do Sul</b>	4,43	4,65	4,83	4,97	5,47	5,81	
<b>Alemanha</b>	87,13	95,81	100,49	103,00	110,17	112,81	
<b>Bélgica</b>	8,96	9,82	10,71	11,36	11,94	12,63	
<b>Brasil</b>	32,52	33,90	34,84	38,73	42,61	41,00	
<b>Canadá</b>	25,02	25,67	26,28	26,15	27,90	27,10	
<b>China</b>	213,46	247,81	292,20	334,14	370,12	408,83	
<b>Coréia do Sul</b>	52,17	58,38	64,86	68,37	73,22	74,22	
<b>Espanha</b>	20,11	19,86	19,27	19,30	19,36	19,75	
<b>Estados Unidos</b>	410,09	429,79	437,08	457,61	479,36	502,89	
<b>França</b>	50,96	53,62	55,10	58,41	59,58	60,87	
<b>Japão</b>	140,60	148,39	152,33	164,73	170,59	170,08	
<b>México</b>	9,29	9,78	9,80	10,30	11,59	11,90	
<b>Portugal</b>	4,43	4,12	3,83	3,87	3,87	3,92	
<b>Reino Unido</b>	37,61	38,78	38,49	41,57	44,20	46,30	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a) – Obs.: Os valores estão dispostos em PPC.

## A.4. Proporção de gastos em P&amp;D sobre o PIB nos países selecionados (2003-2015) - em %.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	0,76	0,81	0,86	0,90	0,88	0,89	0,84
<b>Alemanha</b>	2,46	2,42	2,42	2,46	2,45	2,60	2,73
<b>Bélgica</b>	1,83	1,81	1,78	1,81	1,84	1,92	1,99
<b>Brasil</b>	1,00	0,96	1,00	0,99	1,08	1,13	1,12
<b>Canadá</b>	1,97	2,00	1,98	1,95	1,91	1,86	1,92
<b>China</b>	1,12	1,21	1,31	1,37	1,37	1,44	1,66
<b>Coréia do Sul</b>	2,35	2,53	2,63	2,83	3,00	3,12	3,29
<b>Espanha</b>	1,02	1,04	1,10	1,17	1,23	1,32	1,35
<b>Estados Unidos</b>	2,55	2,49	2,51	2,55	2,63	2,77	2,82
<b>França</b>	2,11	2,09	2,04	2,05	2,02	2,06	2,21
<b>Japão</b>	3,14	3,13	3,31	3,41	3,46	3,47	3,36
<b>México</b>	0,39	0,39	0,40	0,37	0,43	0,47	0,52
<b>Portugal</b>	0,70	0,73	0,76	0,95	1,12	1,45	1,58
<b>Reino Unido</b>	1,60	1,55	1,57	1,59	1,63	1,64	1,70

<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Africa do Sul</b>	0,74	0,73	0,73	0,73	0,77	0,80
<b>Alemanha</b>	2,71	2,80	2,87	2,82	2,89	2,87
<b>Bélgica</b>	2,05	2,16	2,27	2,33	2,39	2,47
<b>Brasil</b>	1,16	1,14	1,13	1,20	1,27	1,28
<b>Canadá</b>	1,84	1,80	1,79	1,71	1,72	1,65
<b>China</b>	1,71	1,78	1,91	1,99	2,02	2,07
<b>Coréia do Sul</b>	3,47	3,74	4,03	4,15	4,29	4,23
<b>Espanha</b>	1,35	1,33	1,29	1,27	1,24	1,22
<b>Estados Unidos</b>	2,74	2,77	2,71	2,74	2,76	2,79
<b>França</b>	2,18	2,19	2,23	2,24	2,24	2,23
<b>Japão</b>	3,25	3,38	3,34	3,48	3,59	3,49
<b>México</b>	0,54	0,52	0,49	0,50	0,54	0,55
<b>Portugal</b>	1,53	1,46	1,38	1,33	1,29	1,28
<b>Reino Unido</b>	1,68	1,68	1,61	1,66	1,68	1,70

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a).

## A.5. Gastos em P&amp;D por setor (empresas e governo) nos países selecionados (2003-2015).

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	Empresas	1,67	1,71	1,78	2,05	2,08	2,20	2,05
	Governo	1,04	1,25	1,55	1,85	2,23	2,33	2,14
<b>Alemanha</b>	Empresas	40,29	41,80	43,16	47,34	49,95	54,56	54,71
	Governo	18,95	19,17	18,13	19,08	20,17	23,03	24,69
<b>Bélgica</b>	Empresas	3,56	3,66	3,72	4,13	4,43	4,79	4,78
	Governo	1,39	1,48	1,53	1,52	1,60	1,83	2,06
<b>Brasil</b>	Empresas	8,26	9,00	10,35	10,40	11,91	13,73	13,12
	Governo	9,09	9,16	9,78	10,84	13,33	14,55	15,07
<b>Canadá</b>	Empresas	10,13	10,86	11,39	12,34	12,18	12,32	12,17
	Governo	6,33	6,72	7,34	7,50	7,91	8,47	8,66
<b>China</b>	Empresas	34,34	46,06	58,21	72,90	87,39	104,83	132,92
	Governo	17,09	18,67	22,87	26,09	30,58	34,47	43,37
<b>Coréia do Sul</b>	Empresas	17,82	20,95	22,95	26,72	29,93	32,00	32,69
	Governo	5,74	6,47	7,05	8,17	10,08	11,16	12,60
<b>Espanha</b>	Empresas	5,22	5,61	6,13	7,55	8,27	9,10	8,81
	Governo	4,33	4,79	5,70	6,82	7,94	9,23	9,57
<b>Estados Unidos</b>	Empresas	186,11	191,31	207,73	227,11	246,74	258,69	235,31
	Governo	90,35	96,46	101,04	105,50	110,93	123,76	132,74
<b>França</b>	Empresas	18,85	19,36	20,53	22,16	23,09	23,67	25,97
	Governo	14,49	14,78	15,27	16,31	16,85	18,12	19,24
<b>Japão</b>	Empresas	83,75	87,98	97,96	106,79	114,69	116,26	103,08
	Governo	20,21	21,26	21,57	22,43	23,07	23,23	24,19
<b>México</b>	Empresas	1,53	1,85	2,22	2,47	2,59	2,58	2,86
	Governo	2,47	2,41	2,63	2,72	3,64	4,52	4,76
<b>Portugal</b>	Empresas	0,48	0,56	0,66	1,06	1,43	1,95	1,94
	Governo	0,91	0,94	1,00	1,20	1,36	1,78	2,01
<b>Reino Unido</b>	Empresas	12,05	12,97	12,89	15,05	16,17	16,60	16,24
	Governo	9,07	9,69	10,03	10,61	10,88	11,21	11,87

(Continuação)

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Africa do Sul</b>	Empresas	1,78	1,81	1,85	2,06	2,23	2,26
	Governo	1,97	2,00	2,19	2,13	2,40	2,59
<b>Alemanha</b>	Empresas	57,09	62,84	66,40	67,40	72,54	74,00
	Governo	26,46	28,63	29,36	29,97	31,63	31,46
<b>Bélgica</b>	Empresas	5,16	5,91	6,49	6,88	7,14	7,40
	Governo	2,28	2,30	2,63	2,76	2,80	2,84
<b>Brasil</b>	Empresas	15,29	15,33	15,00	15,63	19,12	19,48
	Governo	16,62	17,94	19,14	22,35	22,54	20,58
<b>Canadá</b>	Empresas	11,75	12,57	12,38	11,94	12,66	11,28
	Governo	8,80	8,74	9,01	9,06	9,66	8,73
<b>China</b>	Empresas	153,03	183,16	216,35	249,27	279,14	305,50
	Governo	51,27	53,71	63,03	70,53	74,96	86,94
<b>Coréia do Sul</b>	Empresas	37,46	43,03	48,47	51,74	55,15	55,33
	Governo	13,95	14,54	15,47	15,61	16,81	17,56
<b>Espanha</b>	Empresas	8,64	8,80	8,80	8,94	8,98	9,06
	Governo	9,38	8,83	8,31	8,03	8,01	8,08
<b>Estados Unidos</b>	Empresas	233,46	250,87	258,75	278,17	295,64	322,62
	Governo	133,74	134,38	130,83	127,33	125,72	120,87
<b>França</b>	Empresas	27,26	29,51	30,48	32,17	32,47	32,89
	Governo	18,92	18,85	19,48	20,62	20,61	21,19
<b>Japão</b>	Empresas	106,76	113,55	115,94	124,33	131,81	132,62
	Governo	24,15	24,35	25,65	28,50	27,32	26,21
<b>México</b>	Empresas	3,05	3,16	2,40	2,16	2,34	2,45
	Governo	5,79	6,16	6,65	7,28	8,32	8,48
<b>Portugal</b>	Empresas	1,95	1,84	1,76	1,64	1,62	1,67
	Governo	2,00	1,72	1,65	1,80	1,82	1,74
<b>Reino Unido</b>	Empresas	16,57	17,78	17,56	19,21	21,24	22,40
	Governo	12,14	11,81	11,04	12,11	12,54	12,95

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a) – Obs.: Os valores estão dispostos em bilhões de \$ correntes de PPC.

A.6. Proporção de gastos em P&D sobre o PIB por setor (empresas e governo) nos países selecionados (2003-2015) - em %.

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	Empresas	0,42	0,40	0,38	0,40	0,38	0,38	0,36
	Governo	0,26	0,29	0,33	0,36	0,40	0,40	0,37
<b>Alemanha</b>	Empresas	1,63	1,61	1,64	1,68	1,67	1,75	1,80
	Governo	0,77	0,74	0,69	0,68	0,67	0,74	0,81
<b>Bélgica</b>	Empresas	1,10	1,09	1,06	1,11	1,13	1,17	1,16
	Governo	0,43	0,44	0,44	0,41	0,41	0,45	0,50
<b>Brasil</b>	Empresas	0,47	0,47	0,51	0,47	0,50	0,54	0,51
	Governo	0,51	0,48	0,48	0,49	0,56	0,57	0,58
<b>Canadá</b>	Empresas	0,99	1,01	0,98	1,00	0,94	0,92	0,93
	Governo	0,62	0,62	0,63	0,61	0,61	0,63	0,66
<b>China</b>	Empresas	0,67	0,80	0,88	0,94	0,97	1,04	1,19
	Governo	0,34	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34	0,39
<b>Coréia do Sul</b>	Empresas	1,74	1,90	1,97	2,14	2,21	2,28	2,34
	Governo	0,56	0,59	0,60	0,65	0,74	0,79	0,90
<b>Espanha</b>	Empresas	0,49	0,50	0,51	0,55	0,56	0,59	0,59
	Governo	0,41	0,43	0,47	0,50	0,54	0,60	0,64
<b>Estados Unidos</b>	Empresas	1,62	1,56	1,59	1,64	1,70	1,76	1,63
	Governo	0,78	0,79	0,77	0,76	0,77	0,84	0,92
<b>França</b>	Empresas	1,07	1,06	1,06	1,07	1,06	1,05	1,15
	Governo	0,82	0,81	0,79	0,79	0,77	0,80	0,86
<b>Japão</b>	Empresas	2,35	2,34	2,52	2,63	2,69	2,71	2,53
	Governo	0,57	0,57	0,55	0,55	0,54	0,54	0,59
<b>México</b>	Empresas	0,13	0,15	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18
	Governo	0,22	0,20	0,20	0,19	0,23	0,28	0,29
<b>Portugal</b>	Empresas	0,22	0,25	0,27	0,41	0,53	0,69	0,69
	Governo	0,42	0,42	0,42	0,46	0,50	0,63	0,72
<b>Reino Unido</b>	Empresas	0,68	0,68	0,66	0,72	0,75	0,74	0,76
	Governo	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,55

(Continuação)

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Africa do Sul</b>	Empresas	0,30	0,29	0,28	0,30	0,31	0,31
	Governo	0,33	0,32	0,33	0,31	0,34	0,36
<b>Alemanha</b>	Empresas	1,78	1,83	1,90	1,85	1,90	1,91
	Governo	0,82	0,84	0,84	0,82	0,83	0,84
<b>Bélgica</b>	Empresas	1,18	1,30	1,38	1,41	1,43	1,45
	Governo	0,52	0,50	0,56	0,57	0,56	0,56
<b>Brasil</b>	Empresas	0,55	0,52	0,49	0,48	0,57	0,61
	Governo	0,59	0,60	0,62	0,69	0,67	0,64
<b>Canadá</b>	Empresas	0,86	0,88	0,85	0,80	0,79	0,69
	Governo	0,65	0,61	0,61	0,58	0,56	0,56
<b>China</b>	Empresas	1,23	1,31	1,41	1,48	1,52	1,54
	Governo	0,41	0,38	0,41	0,42	0,41	0,44
<b>Coréia do Sul</b>	Empresas	2,49	2,76	3,01	3,14	3,23	3,15
	Governo	0,93	0,93	0,96	0,95	0,98	1,00
<b>Espanha</b>	Empresas	0,58	0,59	0,59	0,59	0,57	0,56
	Governo	0,63	0,59	0,56	0,53	0,51	0,50
<b>Estados Unidos</b>	Empresas	1,56	1,62	1,60	1,67	1,70	1,79
	Governo	0,89	0,87	0,81	0,76	0,72	0,67
<b>França</b>	Empresas	1,16	1,21	1,23	1,23	1,25	1,23
	Governo	0,81	0,77	0,79	0,79	0,77	0,79
<b>Japão</b>	Empresas	2,47	2,59	2,54	2,63	2,77	2,72
	Governo	0,56	0,55	0,56	0,60	0,57	0,54
<b>México</b>	Empresas	0,18	0,17	0,12	0,11	0,11	0,11
	Governo	0,33	0,33	0,33	0,36	0,39	0,39
<b>Portugal</b>	Empresas	0,67	0,65	0,63	0,56	0,54	0,53
	Governo	0,69	0,61	0,59	0,62	0,61	0,55
<b>Reino Unido</b>	Empresas	0,74	0,77	0,74	0,77	0,81	0,82
	Governo	0,54	0,51	0,46	0,48	0,48	0,48

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a).

## A.7. Dispendios totais em P&amp;D militar nos países seleccionados (2003-2015).

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	0,3233	0,2580	0,2591	0,3028	0,2970	0,2932	0,2932
<b>Alemanha</b>	1,2361	1,1199	1,0428	1,2365	1,2201	1,3885	1,3435
<b>Bélgica</b>	0,0047	0,0052	0,0040	0,0041	0,0045	0,0044	0,0039
<b>Brasil</b>	0,0909	0,1099	0,1174	0,0651	0,0667	0,0873	0,1356
<b>Canadá</b>	0,2388	0,2518	0,3016	0,3004	0,2562	0,2717	0,2372
<b>China</b>	4,5683	5,3075	4,6350	6,9053	6,0097	7,5834	8,0023
<b>Coréia do Sul</b>	0,8240	0,8124	0,8756	0,9545	1,3403	1,6000	1,6588
<b>Espanha</b>	1,0346	0,2194	0,2214	0,1845	0,2114	0,2810	0,2182
<b>Estados Unidos</b>	49,5935	53,7372	57,4592	61,0713	64,1091	72,1727	68,4888
<b>França</b>	3,3174	3,2808	3,1828	4,5550	4,8535	3,8597	4,1963
<b>Japão</b>	0,9036	1,0928	0,8716	1,1518	1,0335	1,1976	0,8944
<b>México</b>	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Portugal</b>	0,0182	0,0077	0,0067	0,0059	0,0062	0,0018	0,0040
<b>Reino Unido</b>	2,9665	2,9595	2,3520	2,5206	2,5042	2,4300	2,2226
<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
<b>Africa do Sul</b>	0,2933	0,2220	0,2609	0,2769	0,3410	0,3261	
<b>Alemanha</b>	1,3262	1,1304	1,1304	1,1161	1,2113	0,9807	
<b>Bélgica</b>	0,0041	0,0041	0,0045	0,0044	0,0036	0,0028	
<b>Brasil</b>	0,1164	0,1255	0,1914	0,2235	0,2817	0,3087	
<b>Canadá</b>	0,2839	0,2614	0,3074	0,2844	0,2791	0,2243	
<b>China</b>	9,2608	9,4161	9,7676	11,1680	12,1429	12,8449	
<b>Coréia do Sul</b>	1,8520	2,0066	2,2951	2,3065	2,2666	2,3672	
<b>Espanha</b>	0,1332	0,1478	0,1440	0,1163	0,1006	0,1150	
<b>Estados Unidos</b>	76,6259	76,3429	71,5976	67,1114	64,4278	62,1758	
<b>França</b>	2,7818	1,2812	1,3873	1,2971	1,3656	1,5210	
<b>Japão</b>	1,1528	0,6432	0,7477	1,3172	1,2087	1,1439	
<b>México</b>	0,0000	0,0000	0,0100	0,0152	0,0140	0,0138	
<b>Portugal</b>	0,0043	0,0051	0,0040	0,0043	0,0053	0,0081	
<b>Reino Unido</b>	2,2145	1,7094	1,7866	1,8546	2,0987	2,1305	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a) – Obs.: Os valores estão dispostos em bilhões de \$ correntes de PPC.

A.8. Proporções de gastos em P&amp;D civil e militar sobre o PIB nos países selecionados (2003-2015) - em %.

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	Civil	0,680	0,754	0,808	0,839	0,829	0,838	0,785
	Defesa	0,081	0,060	0,055	0,059	0,054	0,050	0,051
<b>Alemanha</b>	Civil	2,423	2,389	2,389	2,418	2,406	2,559	2,693
	Defesa	0,034	0,032	0,034	0,038	0,041	0,038	0,033
<b>Bélgica</b>	Civil	1,830	1,807	1,781	1,813	1,842	1,923	1,984
	Defesa	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
<b>Brasil</b>	Civil	0,995	0,954	0,994	0,987	1,077	1,127	1,115
	Defesa	0,005	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,005
<b>Canadá</b>	Civil	1,951	1,981	1,952	1,924	1,889	1,840	1,904
	Defesa	0,023	0,023	0,026	0,024	0,020	0,020	0,018
<b>China</b>	Civil	1,031	1,123	1,238	1,279	1,307	1,370	1,590
	Defesa	0,090	0,092	0,070	0,090	0,066	0,075	0,072
<b>Coréia do Sul</b>	Civil	2,277	2,449	2,565	2,766	2,928	3,031	3,155
	Defesa	0,074	0,083	0,061	0,064	0,072	0,092	0,138
<b>Espanha</b>	Civil	0,999	1,019	1,077	1,159	1,204	1,284	1,314
	Defesa	0,023	0,020	0,018	0,013	0,030	0,033	0,038
<b>Estados Unidos</b>	Civil	2,143	2,073	2,085	2,130	2,221	2,276	2,344
	Defesa	0,410	0,417	0,421	0,420	0,406	0,490	0,475
<b>França</b>	Civil	1,947	1,925	1,876	1,895	1,889	1,907	2,075
	Defesa	0,164	0,161	0,168	0,150	0,131	0,150	0,134
<b>Japão</b>	Civil	3,012	2,994	3,153	3,244	3,310	3,302	3,204
	Defesa	0,132	0,139	0,155	0,165	0,151	0,165	0,153
<b>México</b>	Civil	0,389	0,394	0,404	0,373	0,430	0,474	0,521
	Defesa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Portugal</b>	Civil	0,692	0,723	0,752	0,951	1,122	1,443	1,575
	Defesa	0,005	0,005	0,005	0,004	0,002	0,002	0,004
<b>Reino Unido</b>	Civil	1,424	1,359	1,373	1,425	1,449	1,480	1,548
	Defesa	0,177	0,192	0,198	0,169	0,184	0,159	0,154

(Continuação)

<b>País</b>	<b>Setor</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Africa do Sul</b>	Civil	0,688	0,699	0,692	0,686	0,723	0,753
	Defesa	0,049	0,035	0,040	0,040	0,048	0,045
<b>Alemanha</b>	Civil	2,680	2,769	2,843	2,795	2,851	2,849
	Defesa	0,034	0,027	0,025	0,026	0,038	0,026
<b>Bélgica</b>	Civil	2,050	2,154	2,272	2,333	2,399	2,466
	Defesa	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Brasil</b>	Civil	1,156	1,136	1,124	1,193	1,262	1,270
	Defesa	0,004	0,004	0,006	0,007	0,008	0,010
<b>Canadá</b>	Civil	1,817	1,780	1,773	1,691	1,702	1,635
	Defesa	0,021	0,018	0,021	0,018	0,016	0,014
<b>China</b>	Civil	1,636	1,708	1,842	1,924	1,955	2,002
	Defesa	0,074	0,067	0,064	0,067	0,066	0,065
<b>Coréia do Sul</b>	Civil	3,325	3,596	3,874	3,969	4,126	4,069
	Defesa	0,141	0,148	0,152	0,179	0,162	0,163
<b>Espanha</b>	Civil	1,304	1,282	1,254	1,233	1,204	1,188
	Defesa	0,046	0,043	0,034	0,036	0,033	0,037
<b>Estados Unidos</b>	Civil	2,228	2,278	2,262	2,340	2,386	2,443
	Defesa	0,512	0,492	0,443	0,402	0,370	0,345
<b>França</b>	Civil	2,084	2,120	2,158	2,162	2,212	2,174
	Defesa	0,091	0,071	0,071	0,077	0,028	0,057
<b>Japão</b>	Civil	3,103	3,225	3,187	3,282	3,369	3,249
	Defesa	0,149	0,156	0,154	0,200	0,220	0,243
<b>México</b>	Civil	0,537	0,516	0,493	0,504	0,538	0,552
	Defesa	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Portugal</b>	Civil	1,528	1,450	1,372	1,319	1,280	1,272
	Defesa	0,005	0,006	0,006	0,008	0,010	0,003
<b>Reino Unido</b>	Civil	1,546	1,550	1,497	1,538	1,570	1,622
	Defesa	0,131	0,132	0,115	0,122	0,109	0,078

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e da OCDE (2018a).

## A.9. Totais de pedidos de patentes de acordo com o PCT nos países selecionados (2003-2015).

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	412	395	424	428	412	394	307
<b>Alemanha</b>	15.011	15.965	16.728	17.589	18.745	17.056	17.298
<b>Bélgica</b>	835	972	1 019	1 098	1 160	1 091	1 143
<b>Brasil</b>	321	332	348	450	532	552	547
<b>Canadá</b>	2.326	2.495	2.807	2.996	3.037	2.618	2.697
<b>China</b>	1.457	2.040	3.520	4.804	5.965	6.358	10.146
<b>Coréia do Sul</b>	3.389	4.250	5.219	6.426	7.257	7.186	8.729
<b>Espanha</b>	865	1.162	1.295	1.395	1.539	1.630	1.776
<b>Estados Unidos</b>	42.200	45.608	49.775	52.060	50.036	44.653	42.891
<b>França</b>	5.308	5.923	6.360	6.484	6.818	6.904	7.010
<b>Japão</b>	19.353	24.185	26.138	26.743	29.013	28.090	31.002
<b>México</b>	136	157	189	203	216	226	208
<b>Portugal</b>	49	45	92	106	114	135	139
<b>Reino Unido</b>	5.913	5.960	5.989	6.539	6.417	6.029	5.682
<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
<b>Africa do Sul</b>	338	345	385	323	286	294	
<b>Alemanha</b>	18.500	18.603	17.939	17.606	17.746	18.042	
<b>Bélgica</b>	1 254	1 263	1 200	1 240	1 231	1 232	
<b>Brasil</b>	599	673	734	699	662	547	
<b>Canadá</b>	2.932	2.940	3.111	3.243	3.043	2.990	
<b>China</b>	13.510	17.315	19.088	22.468	25.834	33.089	
<b>Coréia do Sul</b>	9.546	10.818	11.349	12.137	13.148	14.429	
<b>Espanha</b>	1.904	1.856	1.751	1.781	1.829	1.776	
<b>Estados Unidos</b>	45.225	49.246	52.472	58.879	53.318	57.385	
<b>França</b>	7.213	7.749	7.736	8.029	8.083	8.104	
<b>Japão</b>	37.123	41.733	43.620	41.866	42.635	43.476	
<b>México</b>	235	221	237	273	302	333	
<b>Portugal</b>	136	148	145	163	156	217	
<b>Reino Unido</b>	5.755	5.798	5.767	6.442	6.285	6.242	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b), da OMPI (2016b) e da OCDE (2018a).

A.10. Números de pedidos e concessões de patentes junto ao USPTO, nos países selecionados (2003-2015).

<b>Países</b>		<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>África do Sul</b>	Pedidos	224	246	197	231	252	265	318
	Concessões	112	100	87	109	82	91	93
<b>Alemanha</b>	Pedidos	18.890	19.824	20.664	22.369	23.608	25.202	25.163
	Concessões	11.444	10.779	9.011	10.005	9.051	8.914	9.000
<b>Bélgica</b>	Pedidos	1.395	1.309	1.460	1.546	1.766	1.609	1.846
	Concessões	622	612	519	625	520	510	594
<b>Brasil</b>	Pedidos	259	287	295	341	375	442	464
	Concessões	130	106	77	121	90	101	103
<b>Canadá</b>	Pedidos	7.750	8.202	8.638	9.652	10.421	10.307	10.309
	Concessões	3.427	3.374	2.894	3.572	3.318	3.393	3.655
<b>China</b>	Pedidos	1.034	1.655	2.127	3.768	3.903	4.455	6.879
	Concessões	297	403	402	659	770	1.223	1.654
<b>Coréia do Sul</b>	Pedidos	10.411	13.646	17.217	21.685	22.976	23.584	23.950
	Concessões	3.944	4.428	4.351	5.908	6.295	7.548	8.762
<b>Espanha</b>	Pedidos	606	696	701	844	966	1.216	1.162
	Concessões	309	264	273	295	268	303	317
<b>Estados Unidos</b>	Pedidos	188.941	189.536	207.867	221.784	241.347	231.588	224.912
	Concessões	87.893	84.270	74.637	89.823	79.526	77.502	82.382
<b>França</b>	Pedidos	6.603	6.813	6.972	7.176	8.046	8.561	9.331
	Concessões	3.868	3.380	2.866	3.431	3.130	3.163	3.140
<b>Japão</b>	Pedidos	60.350	64.812	71.994	76.839	78.794	82.396	81.982
	Concessões	35.515	35.346	30.340	36.807	33.354	33.682	35.501
<b>México</b>	Pedidos	185	179	180	213	212	248	220
	Concessões	85	86	80	66	56	54	60
<b>Portugal</b>	Pedidos	20	30	33	42	57	84	91
	Concessões	12	17	10	16	13	11	17
<b>Reino Unido</b>	Pedidos	7.700	7.792	7.962	8.342	9.164	9.771	10.568
	Concessões	3.618	3.441	3.141	3.579	3.291	3.085	3.173

(Continuação)

<b>Países</b>		<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>África do Sul</b>	Pedidos	320	339	318	415	375	352
	Concessões	116	123	142	161	152	166
<b>Alemanha</b>	Pedidos	27.702	27.935	29.195	30.551	30.193	30.016
	Concessões	12.363	11.919	13.835	15.498	16.550	16.549
<b>Bélgica</b>	Pedidos	2.084	2.115	2.211	2.401	2.513	2.376
	Concessões	820	802	866	1.062	1.220	1.133
<b>Brasil</b>	Pedidos	568	586	679	769	810	855
	Concessões	175	215	196	254	334	323
<b>Canadá</b>	Pedidos	11.685	11.975	13.560	13.675	12.963	13.201
	Concessões	4.852	5.014	5.775	6.547	7.042	6.802
<b>China</b>	Pedidos	8.162	10.545	13.273	15.093	18.040	21.386
	Concessões	2.655	3.174	4.637	5.928	7.236	8.116
<b>Coréia do Sul</b>	Pedidos	26.040	27.289	29.481	33.499	36.744	38.205
	Concessões	11.671	12.262	13.233	14.548	16.469	17.924
<b>Espanha</b>	Pedidos	1.422	1.501	1.641	1.707	1.640	1.671
	Concessões	414	469	642	711	789	818
<b>Estados Unidos</b>	Pedidos	241.977	247.750	268.782	287.831	285.096	288.335
	Concessões	107.791	108.622	121.026	133.593	144.621	140.969
<b>França</b>	Pedidos	10.357	10.563	11.047	11.462	11.947	12.327
	Concessões	4.450	4.532	5.386	6.083	6.691	6.565
<b>Japão</b>	Pedidos	84.017	85.184	88.686	84.967	86.691	86.359
	Concessões	44.813	46.139	50.677	51.919	53.848	52.409
<b>México</b>	Pedidos	295	306	355	357	481	593
	Concessões	101	90	122	155	172	172
<b>Portugal</b>	Pedidos	111	91	118	133	145	163
	Concessões	28	30	40	60	36	56
<b>Reino Unido</b>	Pedidos	11.038	11.279	12.457	12.807	13.157	13.296
	Concessões	4.298	4.292	5.211	5.806	6.488	6.417

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e do USPTO (2015a e 2015b).

A.11. Números de pedidos e concessões de patentes no âmbito do INPI, nos países selecionados (2003-2015).

Países		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
África do Sul	Pedidos	29	31	49	45	40	56	48
	Concessões	14	3	0	2	3	3	2
Alemanha	Pedidos	1.842	1.719	1.767	2.035	2.096	2.441	2.134
	Concessões	616	317	370	376	224	362	394
Bélgica	Pedidos	95	110	125	201	243	236	234
	Concessões	43	22	24	28	15	27	31
Brasil	Pedidos	7.564	7.701	7.346	7.194	7.326	7.711	7.709
	Concessões	855	537	603	497	393	527	690
Canadá	Pedidos	197	191	217	229	251	239	230
	Concessões	60	28	29	25	20	39	38
China	Pedidos	34	44	57	95	129	125	184
	Concessões	3	3	1	1	3	1	4
Coreia do Sul	Pedidos	167	170	333	390	398	340	333
	Concessões	22	10	14	12	11	17	23
Espanha	Pedidos	113	123	141	181	197	188	165
	Concessões	36	24	16	25	15	19	20
Estados Unidos	Pedidos	4.959	5.420	6.156	6.348	6.864	6.990	6.874
	Concessões	1.572	771	847	888	539	836	873
França	Pedidos	922	823	1.064	1.130	1.197	1.336	1.422
	Concessões	296	155	185	221	125	182	197
Japão	Pedidos	715	629	745	904	1.044	1.226	1.477
	Concessões	207	89	95	132	103	168	176
México	Pedidos	17	20	19	28	31	39	39
	Concessões	4	3	9	6	1	5	11
Portugal	Pedidos	15	10	13	21	24	22	35
	Concessões	5	0	1	0	3	0	0
Reino Unido	Pedidos	464	403	435	490	518	594	558
	Concessões	160	79	92	50	53	67	64

(Continuação)

<b>Países</b>		<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>África do Sul</b>	Pedidos	41	43	51	54	52	39
	Concessões	7	5	11	7	9	-
<b>Alemanha</b>	Pedidos	2.480	2.833	3.065	3.013	2.784	2.505
	Concessões	495	525	403	387	406	-
<b>Bélgica</b>	Pedidos	221	298	342	330	312	308
	Concessões	26	35	21	38	19	-
<b>Brasil</b>	Pedidos	7.244	7.797	7.808	7.974	7.395	7.344
	Concessões	666	725	654	729	732	-
<b>Canadá</b>	Pedidos	310	443	329	315	290	291
	Concessões	34	33	32	44	20	-
<b>China</b>	Pedidos	242	562	709	507	573	752
	Concessões	2	7	5	10	6	-
<b>Coréia do Sul</b>	Pedidos	253	287	386	466	430	432
	Concessões	35	45	35	33	25	-
<b>Espanha</b>	Pedidos	262	279	391	319	276	250
	Concessões	21	18	20	14	14	-
<b>Estados Unidos</b>	Pedidos	7.578	8.248	8.700	9.097	9.639	10.303
	Concessões	966	1.059	815	835	778	-
<b>França</b>	Pedidos	1.676	1.787	2.057	1.794	1.814	1.711
	Concessões	259	239	191	212	168	-
<b>Japão</b>	Pedidos	1.927	2.615	2.676	2.704	2.232	2.148
	Concessões	274	246	197	204	192	-
<b>México</b>	Pedidos	66	57	68	55	57	52
	Concessões	3	4	8	3	9	-
<b>Portugal</b>	Pedidos	30	28	34	42	35	39
	Concessões	3	2	0	1	2	-
<b>Reino Unido</b>	Pedidos	668	828	793	729	809	733
	Concessões	110	99	86	99	63	-

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do MCTIC (2017b) e do INPI (2016a e 2016b).

A.12. PIB nos países selecionados (2003-2015) – em bilhões de \$ correntes de PPC.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Africa do Sul</b>	401,53	431,36	468,74	510,21	551,87	580,65	576,06
<b>Alemanha</b>	2.475,03	2.593,37	2.636,42	2.821,08	2.998,16	3.122,55	3.033,32
<b>Bélgica</b>	322,22	336,08	349,28	373,30	391,73	408,41	410,29
<b>Brasil</b>	1.768,36	1.921,64	2.046,98	2.193,46	2.388,52	2.559,44	2.575,63
<b>Canadá</b>	1.019,62	1.079,99	1.167,58	1.238,00	1.297,16	1.339,06	1.304,49
<b>China</b>	5.103,71	5.774,28	6.639,27	7.713,67	9.045,94	10.113,84	11.148,55
<b>Coréia do Sul</b>	1.023,67	1.103,36	1.165,89	1.251,05	1.354,52	1.405,71	1.396,41
<b>Espanha</b>	1.056,98	1.124,10	1.209,30	1.368,29	1.474,01	1.537,79	1.501,47
<b>Estados Unidos</b>	11.510,67	12.274,93	13.093,73	13.855,89	14.477,64	14.718,58	14.418,74
<b>França</b>	1.751,54	1.821,23	1.926,88	2.063,82	2.181,83	2.259,26	2.243,97
<b>Japão</b>	3.693,81	3.879,06	4.045,73	4.231,83	4.416,32	4.456,43	4.250,22
<b>México</b>	1.157,24	1.231,17	1.341,78	1.479,36	1.565,71	1.653,90	1.637,00
<b>Portugal</b>	217,96	225,23	238,84	259,46	270,97	281,18	279,68
<b>Reino Unido</b>	1.792,05	1.903,59	1.959,23	2.099,26	2.164,03	2.240,97	2.154,11

<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Africa do Sul</b>	600,82	633,37	659,31	686,67	710,37	728,09
<b>Alemanha</b>	3.207,75	3.427,14	3.503,68	3.647,78	3.813,67	3.905,51
<b>Bélgica</b>	436,81	455,71	471,33	486,67	499,94	512,02
<b>Brasil</b>	2.803,36	2.974,96	3.087,96	3.232,12	3.306,57	3.213,60
<b>Canadá</b>	1.361,14	1.427,47	1.464,57	1.550,27	1.617,56	1.599,83
<b>China</b>	12.484,97	13.957,94	15.331,82	16.788,03	18.335,66	19.811,75
<b>Coréia do Sul</b>	1.505,30	1.559,45	1.611,27	1.644,78	1.704,46	1.795,92
<b>Espanha</b>	1.488,33	1.498,96	1.496,19	1.520,00	1.566,86	1.617,12
<b>Estados Unidos</b>	14.964,37	15.517,93	16.155,25	16.691,52	17.427,61	18.120,71
<b>França</b>	2.336,77	2.446,47	2.474,01	2.608,52	2.662,03	2.701,32
<b>Japão</b>	4.482,49	4.573,19	4.746,70	4.967,05	4.986,57	5.176,84
<b>México</b>	1.743,19	1.911,32	2.012,77	2.064,49	2.171,63	2.170,27
<b>Portugal</b>	289,01	282,73	278,16	291,75	299,00	305,90
<b>Reino Unido</b>	2.251,77	2.315,78	2.401,86	2.520,76	2.630,22	2.708,05

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da OCDE (2018b).

A.13. Taxas de crescimento real do PIB nos países selecionados (2003-2015) – em %.

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Africa do Sul	2,95	4,55	5,28	5,60	5,36	3,19	-1,54
Alemanha	-0,71	1,17	0,71	3,70	3,26	1,08	-5,62
Bélgica	0,77	3,63	2,09	2,51	3,45	0,78	-2,25
Brasil	1,14	5,76	3,20	3,96	6,06	5,09	-0,13
Canadá	1,80	3,09	3,20	2,62	2,06	1,00	-2,95
China	10,04	10,11	11,40	12,72	14,23	9,65	9,40
Coréia do Sul	2,93	4,90	3,92	5,18	5,46	2,83	0,71
Espanha	3,19	3,17	3,72	4,17	3,77	1,12	-3,57
Estados Unidos	2,81	3,79	3,35	2,67	1,78	-0,29	-2,78
França	0,82	2,79	1,61	2,37	2,36	0,20	-2,94
Japão	1,53	2,20	1,66	1,42	1,65	-1,09	-5,42
México	1,45	3,92	2,31	4,50	2,29	1,14	-5,29
Portugal	-0,93	1,81	0,77	1,55	2,49	0,20	-2,98
Reino Unido	3,33	2,36	3,10	2,46	2,36	-0,47	-4,19
<b>País</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
Africa do Sul	3,04	3,28	2,21	2,49	1,85	1,28	
Alemanha	4,08	3,66	0,49	0,49	1,93	1,74	
Bélgica	2,74	1,80	0,23	0,20	1,29	1,43	
Brasil	7,54	3,99	1,93	3,01	0,51	-3,55	
Canadá	3,08	3,14	1,75	2,48	2,86	1,00	
China	10,64	9,54	7,86	7,76	7,30	6,90	
Coréia do Sul	6,50	3,68	2,29	2,90	3,34	2,79	
Espanha	0,01	-1,00	-2,93	-1,71	1,38	3,43	
Estados Unidos	2,53	1,60	2,22	1,68	2,57	2,86	
França	1,97	2,08	0,18	0,58	0,95	1,07	
Japão	4,19	-0,12	1,50	2,00	0,37	1,35	
México	5,12	3,66	3,64	1,35	2,85	3,27	
Portugal	1,90	-1,83	-4,03	-1,13	0,89	1,82	
Reino Unido	1,69	1,45	1,48	2,05	3,05	2,35	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Banco Mundial (2018). Obs.: Essas taxas foram baseadas nos valores de PIB em bilhões de \$ constantes de 2010 em PPC.

## APÊNDICE B – TESTES DE ESTACIONARIEDADE (OU DE RAIZ UNITÁRIA) EM RELAÇÃO ÀS SÉRIES DE TEMPO DAS VARIÁVEIS DO MODELO

### B.1. Testes de raiz unitária em GST\_MIL e $\Delta$ GST\_MIL

Panel unit root test: Summary

Series: G\_MIL

Date: 10/04/18 Time: 15:49

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross- sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-1.18919	0.1172	14	154
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.02388	0.5095	14	154
ADF - Fisher Chi-square	23.4738	0.7090	14	154
PP - Fisher Chi-square	34.2007	0.1943	14	168

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Panel unit root test: Summary

Series: D(G\_MIL)

Date: 10/04/18 Time: 15:58

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross- sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-2.17472	0.0148	14	140
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.02474	0.1527	14	140
ADF - Fisher Chi-square	31.8999	0.2786	14	140
PP - Fisher Chi-square	38.8503	0.0834	14	154

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

B.2. Testes de raiz unitária em INVMIL\_P&D e  $\Delta$ INVMIL\_P&D

Panel unit root test: Summary

Series: INV\_MIL

Date: 10/04/18 Time: 16:01

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	1.62681	0.9481	14	154
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.56848	0.7151	14	154
ADF - Fisher Chi-square	24.4263	0.6588	14	154
PP - Fisher Chi-square	65.7663	0.0001	14	168

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Panel unit root test: Summary

Series: D(INV\_MIL)

Date: 10/04/18 Time: 16:01

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	0.61706	0.7314	14	140
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.92120	0.0017	14	140
ADF - Fisher Chi-square	50.6260	0.0055	14	140
PP - Fisher Chi-square	134.871	0.0000	14	154

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

B.3. Testes de raiz unitária em INVPRIV\_P&D e  $\Delta$ INVPRIV\_P&D

Panel unit root test: Summary

Series: INV\_PRIV

Date: 10/04/18 Time: 16:02

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-0.65308	0.2569	14	154
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	1.23977	0.8925	14	154
ADF - Fisher Chi-square	26.8844	0.5245	14	154
PP - Fisher Chi-square	21.0764	0.8221	14	168

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Panel unit root test: Summary

Series: D(INV\_PRIV)

Date: 10/04/18 Time: 16:05

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-3.26911	0.0005	14	140
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.13081	0.0166	14	140
ADF - Fisher Chi-square	42.9408	0.0353	14	140
PP - Fisher Chi-square	77.8842	0.0000	14	154

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

B.4. Testes de raiz unitária em  $INV\acute{U}BL\_P\&D$  e  $\Delta INV\acute{U}BL\_P\&D$ 

Panel unit root test: Summary

Series: INV\_PUB

Date: 10/04/18 Time: 16:05

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections
Null: unit root (assumes common unit root process)			
Levin, Lin & Chu t*	-0.99858	0.1590	14
Null: Unit root (assumes individual unit root process)			
Im, Pesaran and Shin W-stat	1.51121	0.9346	14
ADF - Fisher Chi-square	21.6132	0.7989	14
PP - Fisher Chi-square	24.9421	0.6310	14

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Panel unit root test: Summary

Series: D(INV\_PUB)

Date: 10/04/18 Time: 16:06

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-2.50341	0.0062	14	140
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.09830	0.0179	14	140
ADF - Fisher Chi-square	41.2276	0.0512	14	140
PP - Fisher Chi-square	67.1943	0.0000	14	154

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

B.5. Testes de raiz unitária em PAT e  $\Delta$ PAT

Panel unit root test: Summary

Series: PAT

Date: 10/04/18 Time: 16:06

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-0.18338	0.4272	13	143
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	1.09483	0.8632	13	143
ADF - Fisher Chi-square	23.3718	0.6118	13	143
PP - Fisher Chi-square	44.8769	0.0121	13	156

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Panel unit root test: Summary

Series: D(PAT)

Date: 10/04/18 Time: 16:07

Sample: 2003 2015

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-2.15169	0.0157	13	130
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.72369	0.0424	13	130
ADF - Fisher Chi-square	38.4697	0.0547	13	130
PP - Fisher Chi-square	81.6848	0.0000	13	143

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

**APÊNDICE C – RESULTADOS DO MODELO GERAL DE REGRESSÃO DE DADOS  
EM PAINEL COM TRÊS DEFASAGENS ANUAIS NAS PRIMEIRAS DIFERENÇAS  
DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES INVPRIV\_P&D, INVMIL\_P&D, INVPÚBL\_P&D**

Dependent Variable: D(PAT)  
Method: Panel Least Squares  
Date: 10/04/18 Time: 16:13  
Sample (adjusted): 2007 2015  
Periods included: 9  
Cross-sections included: 13  
Total panel (balanced) observations: 117  
White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-33.85674	172.3285	-0.196466	0.8446
D(INV_MIL)	-533.7745	298.7539	-1.786670	0.0769
D(INV_MIL(-1))	229.1793	400.8093	0.571791	0.5687
D(INV_MIL(-2))	270.3364	297.0264	0.910143	0.3649
D(INV_MIL(-3))	-64.68609	246.5911	-0.262321	0.7936
D(INV_PRIV)	161.0821	71.05148	2.267119	0.0255
D(INV_PRIV(-1))	-189.5779	98.86528	-1.917537	0.0579
D(INV_PRIV(-2))	82.89624	118.2356	0.701111	0.4848
D(INV_PRIV(-3))	5.636116	91.58878	0.061537	0.9511
D(INV_PUB)	27.86171	147.7363	0.188591	0.8508
D(INV_PUB(-1))	54.77105	166.5769	0.328803	0.7430
D(INV_PUB(-2))	161.4725	189.6040	0.851630	0.3964
D(INV_PUB(-3))	118.1415	228.0439	0.518065	0.6055
D(G_MIL)	-29.52968	52.31066	-0.564506	0.5736
R-squared	0.484113	Mean dependent var		518.8120
Adjusted R-squared	0.419001	S.D. dependent var		1721.142
S.E. of regression	1311.911	Akaike info criterion		17.30823
Sum squared resid	1.77E+08	Schwarz criterion		17.63875
Log likelihood	-998.5314	Hannan-Quinn criter.		17.44241
F-statistic	7.435085	Durbin-Watson stat		1.840773
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

**APÊNDICE D – RESULTADOS DOS MODELOS ESPECÍFICOS COM UMA DEFASAGEM ANUAL NAS PRIMEIRAS DIFERENÇAS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES INVPRIV\_P&D, INVMIL\_P&D, INVPÚBL\_P&D**

D.1. Modelo sem efeitos

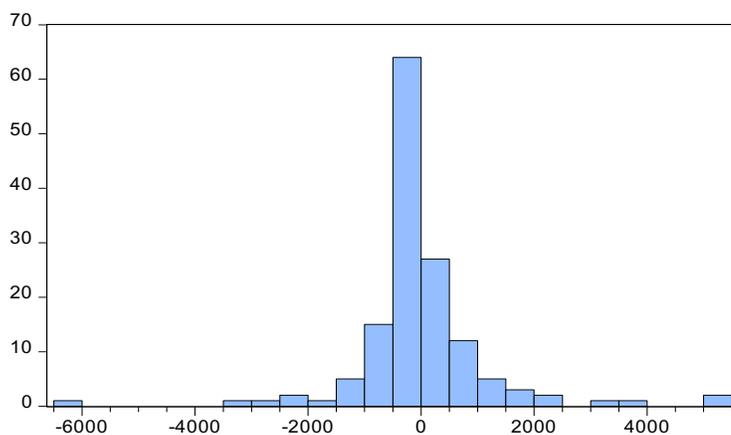
Dependent Variable: D(PAT)  
 Method: Panel Least Squares  
 Date: 09/11/18 Time: 16:28  
 Sample (adjusted): 2005 2015  
 Periods included: 11  
 Cross-sections included: 13  
 Total panel (balanced) observations: 143  
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	68.15358	130.8084	0.521019	0.6032
D(G_MIL)	-17.55230	40.37592	-0.434722	0.6645
D(INV_MIL)	-446.3447	257.7241	-1.731871	0.0856
D(INV_PRIV)	189.2568	38.98943	4.854054	0.0000
D(INV_PUB)	13.15662	178.0228	0.073904	0.9412
D(INV_MIL(-1))	374.8009	219.4069	1.708246	0.0899
D(INV_PRIV(-1))	-144.6283	55.16633	-2.621678	0.0098
D(INV_PUB(-1))	309.5836	105.3085	2.939777	0.0039

R-squared	0.415416	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.385104	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1260.879	Akaike info criterion	17.17132
Sum squared resid	2.15E+08	Schwarz criterion	17.33708
Log likelihood	-1219.750	Hannan-Quinn criter.	17.23868
F-statistic	13.70476	Durbin-Watson stat	1.681731
Prob(F-statistic)	0.000000		

Análise de resíduos:



Series: RESID	
Sample 2003 2015	
Observations 143	
Mean	3.07e-13
Median	-109.8499
Maximum	5482.897
Minimum	-6484.155
Std. Dev.	1229.408
Skewness	0.366763
Kurtosis	13.19528
Jarque-Bera	622.5378
Probability	0.000000

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

## D.2. Modelo de efeitos fixos nos cortes transversais

Dependent Variable: D(PAT)  
 Method: Panel Least Squares  
 Date: 09/11/18 Time: 16:34  
 Sample (adjusted): 2005 2015  
 Periods included: 11  
 Cross-sections included: 13  
 Total panel (balanced) observations: 143  
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

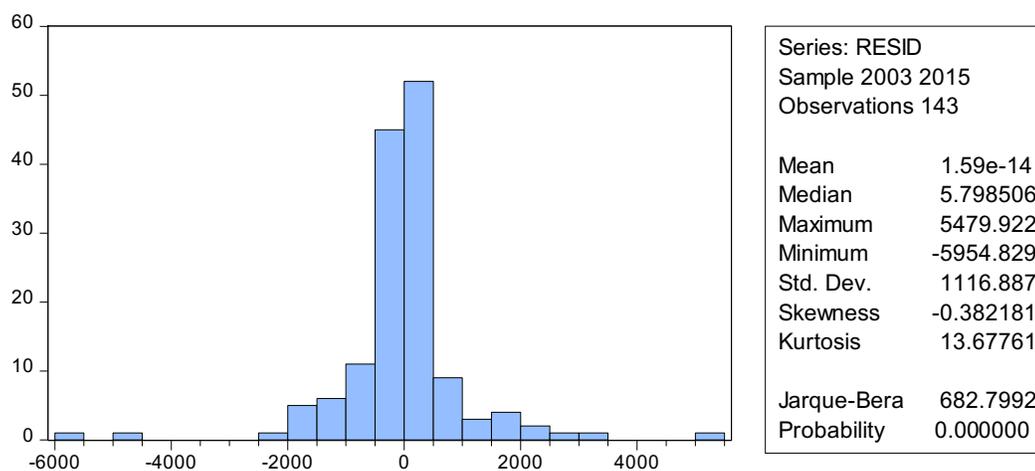
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	374.4903	273.8806	1.367349	0.1740
D(G_MIL)	-17.02122	48.26589	-0.352655	0.7250
D(INV_MIL)	-439.9087	284.0840	-1.548516	0.1241
D(INV_PRIV)	156.2803	47.77996	3.270834	0.0014
D(INV_PUB)	-15.08724	218.5039	-0.069048	0.9451
D(INV_MIL(-1))	342.3077	283.2646	1.208438	0.2292
D(INV_PRIV(-1))	-165.9562	44.22122	-3.752864	0.0003
D(INV_PUB(-1))	234.6224	137.4656	1.706771	0.0904

## Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.517527	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.442998	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1200.054	Akaike info criterion	17.14718
Sum squared resid	1.77E+08	Schwarz criterion	17.56156
Log likelihood	-1206.023	Hannan-Quinn criter.	17.31557
F-statistic	6.944018	Durbin-Watson stat	1.943318
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Análise de resíduos:



Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews 9.5*.

## D.3. Modelo de efeitos aleatórios nos cortes transversais

Dependent Variable: D(PAT)  
 Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)  
 Date: 09/11/18 Time: 16:39  
 Sample (adjusted): 2005 2015  
 Periods included: 11  
 Cross-sections included: 13  
 Total panel (balanced) observations: 143  
 Swamy and Arora estimator of component variances  
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	68.15358	130.8084	0.521019	0.6032
D(G_MIL)	-17.55230	40.37592	-0.434722	0.6645
D(INV_MIL)	-446.3447	257.7241	-1.731871	0.0856
D(INV_PRIV)	189.2568	38.98943	4.854054	0.0000
D(INV_PUB)	13.15662	178.0228	0.073904	0.9412
D(INV_MIL(-1))	374.8009	219.4069	1.708246	0.0899
D(INV_PRIV(-1))	-144.6283	55.16633	-2.621678	0.0098
D(INV_PUB(-1))	309.5836	105.3085	2.939777	0.0039

## Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.000000	0.0000
Idiosyncratic random	1200.054	1.0000

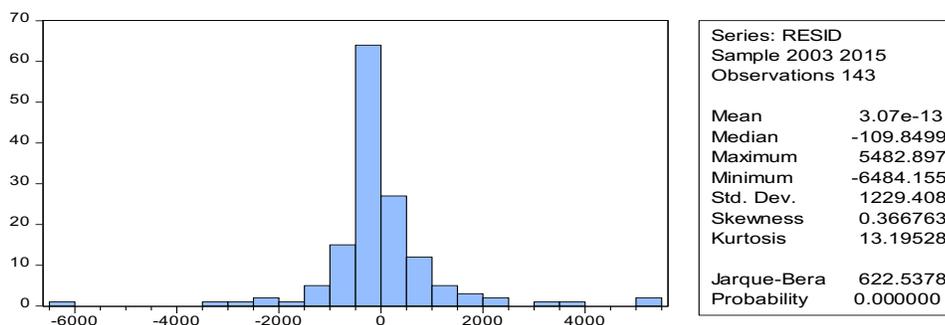
## Weighted Statistics

R-squared	0.415416	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.385104	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1260.879	Sum squared resid	2.15E+08
F-statistic	13.70476	Durbin-Watson stat	1.681731
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Unweighted Statistics

R-squared	0.415416	Mean dependent var	548.3007
Sum squared resid	2.15E+08	Durbin-Watson stat	1.681731

## Análise de resíduos:



Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

## D.4. Modelo de efeitos fixos na série de tempo

Dependent Variable: D(PAT)  
 Method: Panel Least Squares  
 Date: 09/11/18 Time: 16:40  
 Sample (adjusted): 2005 2015  
 Periods included: 11  
 Cross-sections included: 13  
 Total panel (balanced) observations: 143  
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

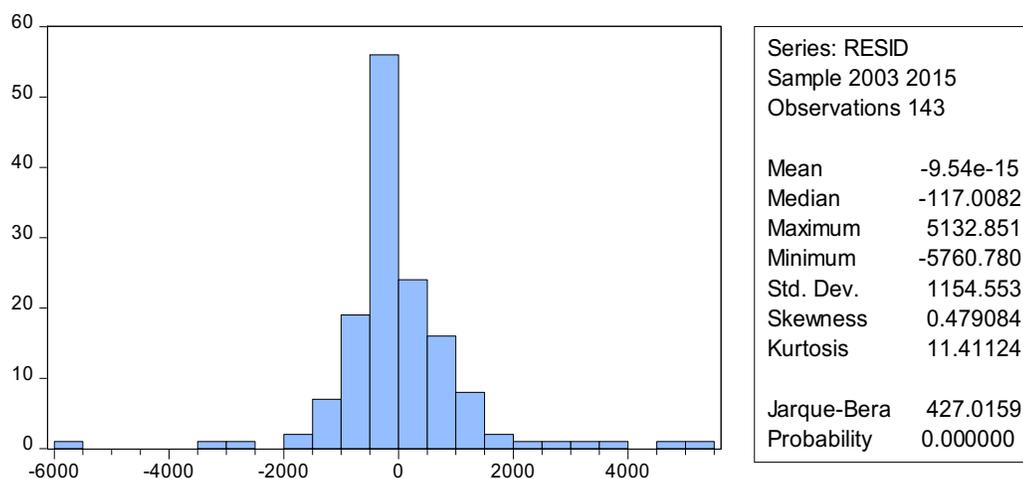
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	67.38690	137.3165	0.490742	0.6245
D(G_MIL)	-0.303867	38.21827	-0.007951	0.9937
D(INV_MIL)	-498.6436	244.5477	-2.039044	0.0436
D(INV_PRIV)	192.7489	37.59955	5.126363	0.0000
D(INV_PUB)	3.824345	177.9531	0.021491	0.9829
D(INV_MIL(-1))	293.3235	216.3666	1.355678	0.1776
D(INV_PRIV(-1))	-144.7164	56.51049	-2.560878	0.0116
D(INV_PUB(-1))	281.2591	111.4576	2.523463	0.0129

## Effects Specification

Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.484436	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.414319	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1230.561	Akaike info criterion	17.18554
Sum squared resid	1.89E+08	Schwarz criterion	17.55849
Log likelihood	-1210.766	Hannan-Quinn criter.	17.33709
F-statistic	6.908994	Durbin-Watson stat	1.582620
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Análise de resíduos:



Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

## D.5. Modelo de efeitos aleatórios na série de tempo

Dependent Variable: D(PAT)  
 Method: Panel EGLS (Period random effects)  
 Date: 09/11/18 Time: 16:43  
 Sample (adjusted): 2005 2015  
 Periods included: 11  
 Cross-sections included: 13  
 Total panel (balanced) observations: 143  
 Swamy and Arora estimator of component variances  
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	68.15358	130.8084	0.521019	0.6032
D(G_MIL)	-17.55230	40.37592	-0.434722	0.6645
D(INV_MIL)	-446.3447	257.7241	-1.731871	0.0856
D(INV_PRIV)	189.2568	38.98943	4.854054	0.0000
D(INV_PUB)	13.15662	178.0228	0.073904	0.9412
D(INV_MIL(-1))	374.8009	219.4069	1.708246	0.0899
D(INV_PRIV(-1))	-144.6283	55.16633	-2.621678	0.0098
D(INV_PUB(-1))	309.5836	105.3085	2.939777	0.0039

## Effects Specification

	S.D.	Rho
Period random	0.000000	0.0000
Idiosyncratic random	1230.561	1.0000

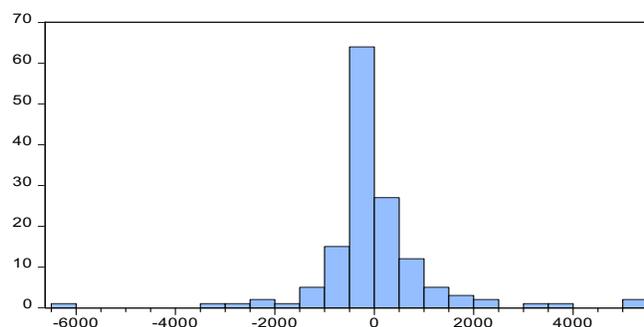
## Weighted Statistics

R-squared	0.415416	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.385104	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1260.879	Sum squared resid	2.15E+08
F-statistic	13.70476	Durbin-Watson stat	1.681731
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Unweighted Statistics

R-squared	0.415416	Mean dependent var	548.3007
Sum squared resid	2.15E+08	Durbin-Watson stat	1.681731

## Análise de resíduos:



Series: RESID	
Sample 2003 2015	
Observations 143	
Mean	3.07e-13
Median	-109.8499
Maximum	5482.897
Minimum	-6484.155
Std. Dev.	1229.408
Skewness	0.366763
Kurtosis	13.19528
Jarque-Bera	622.5378
Probability	0.000000

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

## APÊNDICE E – TESTE DE HAUSMAN (COMPARATIVO ENTRE OS MODELOS DE EFEITOS FIXOS E ALEATÓRIOS)

### E.1. Teste de Hausman (comparativo entre modelos fixos e aleatórios na série de tempo)

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test period random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Period random	15.846703	7	0.0266

\*\* WARNING: estimated period random effects variance is zero.

Period random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
D(INV_MIL)	-498.643645	-446.344696	3409.351240	0.3704
D(INV_MIL(-1))	293.323485	374.800948	1141.908560	0.0159
D(INV_PRIV)	192.748906	189.256825	86.119136	0.7067
D(INV_PRIV(-1))	-144.716444	-144.628324	173.095115	0.9947
D(INV_PUB)	3.824345	13.156616	643.841462	0.7130
D(INV_PUB(-1))	281.259122	309.583645	790.147917	0.3136
D(G_MIL)	-0.303867	-17.552297	116.008305	0.1093

Period random effects test equation:

Dependent Variable: D(PAT)

Method: Panel Least Squares

Date: 10/04/18 Time: 16:30

Sample (adjusted): 2005 2015

Periods included: 11

Cross-sections included: 13

Total panel (balanced) observations: 143

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	67.38690	125.5495	0.536736	0.5924
D(INV_MIL)	-498.6436	162.4848	-3.068863	0.0026
D(INV_MIL(-1))	293.3235	146.0944	2.007767	0.0468
D(INV_PRIV)	192.7489	24.60887	7.832496	0.0000
D(INV_PRIV(-1))	-144.7164	32.09221	-4.509395	0.0000
D(INV_PUB)	3.824345	87.86181	0.043527	0.9654
D(INV_PUB(-1))	281.2591	84.90253	3.312730	0.0012
D(G_MIL)	-0.303867	27.49007	-0.011054	0.9912

Effects Specification

Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.484436	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.414319	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1230.561	Akaike info criterion	17.18554

Sum squared resid	1.89E+08	Schwarz criterion	17.55849
Log likelihood	-1210.766	Hannan-Quinn criter.	17.33709
F-statistic	6.908994	Durbin-Watson stat	1.582620
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.

## E.2. Teste de Hausman (comparativo entre modelos fixos e aleatórios nos cortes transversais)

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	24.505194	7	0.0009

\*\* WARNING: estimated cross-section random effects variance is zero.

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
D(INV_MIL)	-439.908720	-446.344696	794.961824	0.8194
D(INV_MIL(-1))	342.307711	374.800948	1475.100976	0.3975
D(INV_PRIV)	156.280309	189.256825	344.781828	0.0757
D(INV_PRIV(-1))	-165.956246	-144.628324	30.564073	0.0001
D(INV_PUB)	-15.087235	13.156616	1348.281944	0.4418
D(INV_PUB(-1))	234.622389	309.583645	2242.841056	0.1135
D(G_MIL)	-17.021219	-17.552297	22.313638	0.9105

Cross-section random effects test equation:

Dependent Variable: D(PAT)

Method: Panel Least Squares

Date: 10/04/18 Time: 16:31

Sample (adjusted): 2005 2015

Periods included: 11

Cross-sections included: 13

Total panel (balanced) observations: 143

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	374.4903	191.4162	1.956419	0.0527
D(INV_MIL)	-439.9087	150.5360	-2.922283	0.0041
D(INV_MIL(-1))	342.3077	143.8317	2.379919	0.0189
D(INV_PRIV)	156.2803	28.96243	5.395968	0.0000
D(INV_PRIV(-1))	-165.9562	29.07616	-5.707639	0.0000
D(INV_PUB)	-15.08724	89.87578	-0.167868	0.8670
D(INV_PUB(-1))	234.6224	91.36109	2.568078	0.0114
D(G_MIL)	-17.02122	25.11345	-0.677773	0.4992

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

---

---

R-squared	0.517527	Mean dependent var	548.3007
Adjusted R-squared	0.442998	S.D. dependent var	1607.950
S.E. of regression	1200.054	Akaike info criterion	17.14718
Sum squared resid	1.77E+08	Schwarz criterion	17.56156
Log likelihood	-1206.023	Hannan-Quinn criter.	17.31557
F-statistic	6.944018	Durbin-Watson stat	1.943318
Prob(F-statistic)	0.000000		

---

---

Fonte: Elaboração própria, a partir do programa *Eviews* 9.5.