



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

LEILYANNE VIANA NOGUEIRA

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E CRESCIMENTO REGIONAL NO BRASIL

FORTALEZA

2014

LEILYANNE VIANA NOGUEIRA

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E CRESCIMENTO REGIONAL NO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo de Albuquerque e Arraes.

FORTALEZA

2014

LEILYANNE VIANA NOGUEIRA

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E CRESCIMENTO REGIONAL NO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo de Albuquerque e Arraes.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronaldo de Albuquerque e Arraes (Orientador)

CAEN/UFC

Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares

CAEN/UFC

Dr. José Oswaldo Cândido Júnior

IPEA

À minha família, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de mestrado.

A Deus, que está sempre comigo e me dá forças para enfrentar as dificuldades.

Aos meus pais, Geová e Sonha, por terem ensinado a mim e aos meus irmãos os valores corretos e a importância da dedicação aos estudos.

Aos meus irmãos, pelo carinho, companheirismo e estímulo.

Às minhas sobrinhas, que trouxeram mais alegria e harmonia para a minha família.

Aos meus padrinhos, Gerardo e Vânia, por serem exemplos para mim.

Ao professor Ronaldo de Albuquerque e Arraes, pela importante orientação e contribuição para a realização deste trabalho.

Aos professores participantes da Banca examinadora Fabrício Carneiro Linhares e José Oswaldo Cândido Júnior, pela análise crítica, colaborações e sugestões.

Aos meus queridos amigos, Felipe, Maitê, João Paulo, Luis Carlos, Jivago e Cristiano, pelo apoio e incentivo durante esses dois anos de mestrado.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Economia da UFC.

“Com o tempo, adquire a reflexão o seu império, e eu incluo no tempo a condição do estudo, sem o qual o espírito fica em perpétua infância.”

(Machado de Assis)

RESUMO

Estudar os fatores determinantes do crescimento econômico é fundamental para compreender por que há tanta desigualdade de renda entre as regiões. A elevação contínua da produtividade total dos fatores é imprescindível para o crescimento sustentado e há uma relação intrínseca entre produtividade e inovação tecnológica. É relevante, por isso, investigar a forma como as economias acumulam ideias e conhecimento. O objetivo deste trabalho é estimar a função de produção de ideias das regiões brasileiras, a fim de testar a importância da inovação tecnológica no desempenho regional e investigar a existência de *spillovers* de ideias na dimensão espacial. Para tanto, considerando as proposições teóricas de Romer (1990) e Jones (1995), estima-se a função de produção de ideias do Brasil e de suas cinco regiões pelo método dos mínimos quadrados agrupados e por efeitos fixos, ambos com erros robustos para contornar heterogeneidades comuns em painel de dados. Os resultados apontam para retornos marginais decrescentes em cada um dos fatores da função de produção de ideias, estoque de conhecimento e capital humano; retornos decrescentes de escala da função de produção de ideias; e não significância de *spillovers* regionais. Sendo assim, os resultados parecem validar as restrições paramétricas do modelo de Jones (1995) contra as suposições de Romer (1990), implicando que políticas que pretendam estimular a produção de conhecimento conseguirão modificar o nível de produtividade, mas não surtirão efeito sobre a taxa de crescimento de longo prazo.

Palavras-chave: Crescimento Econômico, Inovação Tecnológica, Função de Produção de Ideias.

ABSTRACT

Studying the determinants of economic growth is the key to understanding why there is so much income inequality between regions. The total factor productivity growth is essential for sustained growth and there is a close relationship between productivity and technological innovation. Therefore, it is important to investigate how the economies accumulate ideas and knowledge. This paper estimates the parameters of the ideas production function of the Brazilian regions, in order to test the importance of technological innovation in regional performance and investigate the existence of spillovers of ideas in the spatial dimension. Based on theoretical propositions Romer (1990) and Jones (1995), we estimate the ideas production function of Brazil and of its five regions by the method of least squares pooled and fixed effects, both with robust errors to overcome common heterogeneities in data panel. We provide evidence for two main findings. First, we find evidence of marginal decreasing returns in each of the factors of ideas production function, knowledge stock and human capital; and decreasing returns to scale in ideas production function. Second, there are no significant regional spillovers. Thus, the findings sound to validate the Jones (1995) parametric restrictions, implying that policies intending to stimulate knowledge production will be able to modify the level of productivity, but have no effect on the rate of long-term growth.

Keywords: Economic Growth, Tecnological Innovation, Production Function of Ideas.

LISTA DE QUADROS, GRÁFICOS E TABELAS

Quadro 1 – Capital humano.....	23
Quadro 2 – Variáveis e definições.....	31
Gráfico 1 – Evolução da média de patentes depositadas por região de 2001 a 2012.....	34
Gráfico 2 – Evolução da proporção de empresas que inovaram nos anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011	35
Tabela 1 - Estatísticas descritivas da produção de ideias	33
Tabela 2 - Estatísticas descritivas do capital humano	35
Tabela 3 – <i>Ranking</i> dos estados.....	36
Tabela 4 – Estimação da Equação (8) usando a amostra 1.....	40
Tabela 5 – Estimação da Equação (9) usando a amostra 2.....	41
Tabela 6 – Estimação da Equação (10) usando a amostra 3.....	42
Tabela 7 – Estimação da Equação (12) usando a amostra 1.....	43
Tabela 8 – Estimação da Equação (13) usando a amostra 2.....	44
Tabela 9 – Estimação da Equação (14) usando a amostra 3.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	ASPECTOS TEÓRICOS E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS	13
2.1	Breve discussão dos modelos de crescimento endógeno.....	13
2.2	Romer (1990) X Jones (1995).....	15
2.3	A questão da linearidade.....	21
2.4	Capital humano e P&D	22
2.5	Distribuição espacial da inovação e <i>spillovers</i>	24
2.6	Desigualdades no crescimento entre as regiões brasileiras.....	25
2.7	Políticas de incentivo à P&D no Brasil	26
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Base de dados	29
3.2	Medidas de capital humano e de conhecimento.....	29
3.3	Modelos econométricos	31
3.3.1	<i>Confronto Romer (1990) e Jones (1995).....</i>	<i>31</i>
3.3.2	<i>Função de produção regional no contexto nacional.....</i>	<i>32</i>
3.4	Análise descritiva.....	33
4	RESULTADOS	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	NOTAS	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Por que o padrão de vida em determinados países (ou regiões) é tão elevado enquanto em outros a população é tão pobre? Como destacam Barro e Sala-i-Martin (2004), o estudo das trajetórias de crescimento de longo prazo dos países (ou das regiões) é importante para responder essa pergunta, porque mesmo pequenas diferenças nas taxas de crescimento de longo prazo, quando acumuladas ao longo dos anos, têm substanciais efeitos nos padrões de bem-estar dos indivíduos.

Devido à importância do crescimento econômico, é imprescindível compreender seus fatores determinantes. Os teóricos do crescimento evidenciam que a elevação contínua da produtividade total dos fatores é fundamental para o crescimento sustentado. Nos modelos de crescimento endógeno, produtividade e inovação tecnológica estão intrinsecamente relacionadas, uma vez que acumulação de conhecimento ou geração de ideias aumentam a produtividade dos outros insumos de produção. É relevante, portanto, investigar a forma como as economias acumulam ideias e conhecimento.

Na literatura teórica, Romer (1990) e Jones (1995) propuseram diferentes especificações para o processo de acumulação de ideias.

Em Romer (1990), assume-se a existência de fortes *spillovers* intertemporais positivos de modo que a produtividade do setor de ideias aumenta proporcionalmente com o estoque total de conhecimento disponível na economia. Desta maneira, destinar mais capital humano à pesquisa resulta numa maior taxa de produção de tecnologia e, conseqüentemente, numa maior taxa de crescimento da economia. O autor ressalta que, no equilíbrio, uma quantidade de capital humano menor que a ótima será empregada no setor de pesquisa devido aos efeitos externos positivos da produção de conhecimento. Sendo assim, subsídios à P&D e outras políticas governamentais que fomentem o setor de P&D são necessários, visto que podem influenciar a taxa de crescimento de longo prazo.

Por outro lado, para Jones (1995), tal especificação é incompatível com as evidências empíricas das economias industrializadas. Por isso, o autor propõe uma forma côncava para a função de produção de conhecimento, o que é suficiente para eliminar os efeitos escala do modelo de Romer. Sob essa proposição, crescimento de estado estacionário é invariante à política fiscal, tais como créditos fiscais e subsídios à P&D. Isso ocorre porque a forma côncava da função de produção implica que uma taxa de crescimento constante das ideias requer um aumento constante nos recursos destinados à criação de ideias, de modo que

políticas governamentais que tencionem elevar a produção de conhecimento deslocarão o nível de produtividade, mas serão inócuas em relação à taxa de crescimento.

Por conseguinte, é importante investigar o que a evidência empírica sugere a respeito da forma da função de produção de idéias. Tal função é linear nos seus insumos como preconiza Romer (1990) ou côncava como defende Jones (1995)? Neste sentido, considerando as diferentes previsões dos modelos de Romer (1990) e Jones (1995) e sua importância para a formulação de políticas e, ainda, dada a escassez desse tipo de estudo para o Brasil, este trabalho objetiva estimar a função de produção de ideias das regiões brasileiras, a fim de testar a importância da inovação tecnológica no desempenho regional.

Outro objetivo deste estudo é investigar a existência de *spillovers* de ideias na dimensão espacial e, desta forma, fornecer compreensões sobre o diferencial de crescimento entre as regiões brasileiras baseado no setor de P&D.

A despeito das políticas de desenvolvimento regional implantadas desde a década de cinquenta nas regiões menos dinâmicas, as desigualdades regionais ainda permanecem no Brasil. Senão vejamos: em 1980, Sudeste e Sul respondiam por 79,31% do PIB nacional e, em 2010, esse percentual era de 71,89%. A participação da região Nordeste variou de 11,96% em 1980 para 13,46% em 2010. Vale ressaltar que 27,85% da população brasileira são nordestinos¹.

Conforme dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), no Brasil, há também uma acentuada concentração de geração de conhecimento nas regiões Sudeste e Sul. Ao longo de 2000 a 2012, 62,58% de todas as patentes depositadas por via direta por residentes no INPI foram da região Sudeste; 26,25% do Sul; 5,67% do Nordeste; 4,24% do Centro-Oeste e 1,25% do Norte.

Nesse mesmo período, o número médio de patentes depositadas por ano no INPI foi de 24.524,23. A trajetória de depósito de patentes foi crescente, registrando uma variação positiva de 62% no período analisado. Em média, 31% dos depositantes são residentes. A participação dos residentes, entretanto, decresceu na série analisada (cerca de -25%). A razão média entre concessão e depósito é de somente 15%.

Segundo Freeman (1988 *apud* ALBUQUERQUE, 1998), Sistema Nacional de Inovação (SNI) é um arranjo institucional, planejado ou não, que impulsiona o progresso tecnológico. Esse arranjo é constituído por firmas, agências do governo, universidades, institutos de pesquisa, entre outros, que interagem com os sistemas educacional, industrial e financeiro, a fim de gerar, implementar e difundir inovações.

Como relatado em Albuquerque (1998), o SNI brasileiro não é maduro. Isso porque o país tem uma infraestrutura de ciência e tecnologia sedimentada, que não se traduz em efetiva produção de inovação.

Sendo assim, investigar se políticas governamentais de incentivos à P&D influenciam a taxa de crescimento per capita de longo prazo é importante para o caso brasileiro porque o SNI brasileiro tem ainda muito a ser desenvolvido e há também necessidade de proposição de políticas que reduzam as desigualdades regionais.

Para tanto, utilizando um painel de dados, estima-se a função de produção de ideias do Brasil e de suas cinco regiões pelo método dos mínimos quadrados agrupados e por efeitos fixos, ambos com erros robustos, para contornar heterocedasticidades comuns nesse tipo de amostra. São feitos testes sobre os parâmetros de interesse, a fim de se validar ou não a linearidade da função de produção de ideias e verificar a existência de *spillovers* espaciais.

O trabalho está dividido em quatro seções, além desta introdução. Na segunda seção, são expostos: uma concisa discussão sobre os modelos de crescimento endógeno, as características dos dois modelos teóricos que fundamentam o objeto de estudo, a questão da linearidade, a relação entre capital humano e P&D, a distribuição espacial de inovação, a desigualdade de crescimento regional no Brasil e uma síntese das políticas de incentivos à P&D no Brasil. A terceira seção apresenta a metodologia, onde são descritos a base de dados, as *proxies* utilizadas para conhecimento e capital humano, o exercício empírico realizado e a análise descritiva dos dados. Na quarta seção, apresenta-se a análise dos resultados encontrados; e, por fim, a quinta seção traz uma síntese dos principais resultados do trabalho.

2 ASPECTOS TEÓRICOS E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

2.1 Breve discussão dos modelos de crescimento endógeno

No início da década de 70, os estudos das flutuações de renda no curto prazo ganharam relevância em detrimento das pesquisas em crescimento econômico. Isso ocorreu principalmente porque a teoria até então desenvolvida não conseguia explicar crescimento de longo prazo. Nos modelos neoclássicos, por exemplo, progresso tecnológico é entendido como fator determinante do crescimento sustentado, mas é tomado como exógeno. (BARRO; SALA-i-MARTIN, 2004).

A partir de meados dos anos 80, entretanto, a teoria do crescimento volta a uma posição de destaque como campo de pesquisa, dada a importância de se compreender os determinantes do crescimento de longo prazo. É nesse contexto em que se desenvolvem os modelos de crescimento endógeno. (BARRO; SALA-i-MARTIN, 2004).

A estratégia de Romer (1986) é garantir uma função de produção da economia com rendimentos crescentes por meio dos processos de *learning by doing* e *spillover* de conhecimento. Enquanto o primeiro gera conhecimento no nível da empresa, o último difunde esse conhecimento para a economia como um todo, possibilitando os rendimentos crescentes. Sendo assim, no modelo proposto por Romer (1986), o crescimento de longo prazo é conduzido, principalmente, pela acumulação de conhecimento. Neste caso, o foco é entender o conhecimento como forma básica de capital. Destaca-se ainda que no modelo de crescimento em tempo discreto, assume-se a existência de uma tecnologia linear simples de pesquisa.

Deve-se salientar que a ideia do *learning by doing* já estava presente em Arrow (1962), que na tentativa de levar em conta a resposta da acumulação de conhecimento aos incentivos de mercado, assumiu que um aumento no estoque de capital físico das firmas geraria um aumento equiproporcional no estoque de conhecimento. Por outro lado, em Lucas (1988), a produção de conhecimento é gerada pela acumulação de capital humano em vez de capital físico. O autor destaca dois efeitos do capital humano: o interno, sobre a produtividade do indivíduo, e o externo, sobre a produtividade de todos os fatores de produção. A lei de acumulação de capital humano é tal que um nível constante de esforço produz uma taxa de crescimento constante do estoque de capital humano, independente do nível já atingido. Nesses artigos, conhecimento é um subproduto não intencional (externalidade) da produção de um bem convencional.

Por sua vez, em Romer (1990), Grossman e Helpman (1991) e Aghion e Howitt (1992), o crescimento é dirigido por mudança tecnológica que é resultado dos esforços de P&D de agentes maximizadores de lucro e esses esforços são posteriormente compensados com poder de monopólio. Esse progresso tecnológico consiste em avanço contínuo nos métodos de produção ou nos tipos e qualidades dos produtos. Tais modelos sugerem que subsídios à P&D e outras políticas governamentais podem influenciar a taxa de crescimento de longo prazo.

Já em Rebelo (1991), o crescimento é endógeno, mesmo na ausência de tecnologias com retornos crescentes de escala e externalidades. Isso porque, conforme o autor, existindo uma composição de bens de capital que pode ser produzida sem a contribuição de fatores não reproduzíveis, o crescimento endógeno é compatível com tecnologias de produção com retornos constantes de escala. Os modelos discutidos em Rebelo (1991) implicam que as taxas de crescimento serão menores em países com mais altas taxas de tributação e com sistemas frágeis de proteção aos direitos de propriedades. Conseqüentemente, as diferenças nas políticas governamentais explicam, pelo menos em parte, as disparidades nas taxas de crescimento entre os países.

Na abordagem Schumpeteriana de crescimento endógeno, o progresso tecnológico não é mais tratado como um aumento no número de tipos de produtos (inovação horizontal), mas compreendido como aperfeiçoamentos na qualidade ou na produtividade de cada tipo de produto (inovação vertical). Nesse último caso, produtos melhores tornam os anteriores obsoletos. (BARRO; SALA-i-MARTIN, 2004).

No modelo de Aghion e Howitt (1992), por exemplo, inovações verticais, geradas num setor de pesquisa competitivo, constituem a fonte de crescimento econômico. Rendas de monopólio, garantidas pela obtenção de patentes, motivam os pesquisadores a investirem recursos no melhoramento da qualidade dos produtos. O fluxo de lucro dos inovadores dura até o próximo aperfeiçoamento do produto e há duas forças opostas agindo nesse tipo de modelo: quanto menor a duração esperada do monopólio, menor a recompensa descontada de P&D; e parte da recompensa de um pesquisador bem sucedido origina-se da destruição criativa, que envolve a transferência de lucro do inovador anterior para o último inovador. O efeito líquido é um aumento no retorno privado de P&D em relação ao retorno social. Nesse modelo, a taxa de crescimento médio é função crescente do tamanho das inovações, da força de trabalho especializada e da produtividade da pesquisa.

Nessa mesma linha, no modelo de *quality ladder* de Grossman e Helpman (1991), as firmas competem para produzir a versão mais aperfeiçoada do produto e assim se apropriarem

de todo o mercado. No equilíbrio de estado estacionário, existe uma taxa constante de inovação que garante uma taxa positiva de crescimento no longo prazo.

No modelo de Jones (1995), o crescimento é endógeno, por um lado, pois progresso tecnológico que gera crescimento de longo prazo resulta de esforços de agentes maximizadores de lucro, mas, por outro, o crescimento de longo prazo não é endógeno já que depende somente de parâmetros exógenos. Daí o modelo ser chamado de semiendógeno.

Lucas (2008) desenvolve parcialmente um novo modelo de mudança tecnológica, que é resultado de contribuições individuais dos chamados solucionadores de problemas. Isso porque, para o autor, a emergência a partir da Revolução Industrial de uma classe de pessoas educadas, que despendem suas carreiras trocando ideias, resolvendo problemas relacionados ao trabalho e gerando novo conhecimento, é central para explicar a elevação contínua da produtividade e dos padrões de vida a partir de então. Uma importante premissa do modelo é que todo conhecimento está nos indivíduos e, portanto, o conhecimento de uma economia é a lista de conhecimento de seus membros.

Como destaca Pessoa (2005), os modelos de crescimento endógeno consideram investimento na produção de conhecimento o motor do crescimento de longo prazo em virtude de duas características das ideias: a não rivalidade, uma ideia pode ser usada simultaneamente e sem custos em diferentes processos ou por diferentes indivíduos, e a realimentação acumulativa, uma ideia pode servir de exemplo e inspiração para descoberta de mais ideias.

Em síntese, as ideias – conhecimento desincorporado – desempenham um papel principal nos modelos de crescimento endógeno. Isso porque a não-rivalidade do conhecimento é crucial para o crescimento econômico, devido a sua relação com retornos crescentes de escala. (JONES, 2004). Deste modo, é imprescindível estudar a forma como as economias acumulam ideias e conhecimento. O ponto de partida é compreender o confronto dos modelos teóricos de Romer (1990) e Jones (1995), o que é feito no próximo tópico.

2.2 Romer (1990) X Jones (1995)

No modelo de Romer (1990), três premissas são fundamentais: mudança tecnológica fornece os incentivos para uma acumulação de capital contínua e ambos explicam grande parte do aumento da produtividade; mudança tecnológica é resultado de decisões de investimento intencionais de agentes maximizadores de lucro, isto é, os incentivos de mercado são essenciais para que novo conhecimento seja transformado em bens com valor; e

tecnologia é um bem parcialmente excludente e não rival. O modelo separa o componente rival do conhecimento, o capital humano, do não rival, o componente tecnológico. Esse último é medido pelo número de projetos de novos bens na economia.

Romer (1990) destaca ainda a relevância do capital humano no processo de pesquisa e conclui que a escala importante na determinação da taxa de crescimento da economia é o capital humano. Demonstra também que, no equilíbrio, uma quantidade reduzida de capital humano será destinada à pesquisa. Isso ocorre porque, no modelo, pesquisa produz um insumo que é comprado por um setor que empreende preço de monopólio e também porque pesquisa gera efeitos externos positivos. Sendo assim, o autor sugere que o ótimo social pode ser alcançado por meio de subsídios à acumulação de conhecimento. Ressalta também que as características do conhecimento relevantes para a teoria do crescimento são sua possibilidade de crescimento ilimitado e sua apropriação incompleta – o que explica a existência de *spillovers* de conhecimento.

Nesse modelo, a produção de conhecimento depende da quantidade de capital humano destinado à pesquisa, H_A , e da quantidade de estoque de conhecimento disponível na economia, A , visto que conhecimento é acumulação de ideias que, por sua vez, são desenvolvidas por pessoas. Na forma mais simples, variação do conhecimento, \dot{A} , será igual ao número de pessoas com habilidades trabalhando para descobrir novas ideias, H_A , multiplicado pela taxa na qual P&D gera novas ideias, δA – essa taxa é função da quantidade de conhecimento na economia. Sendo assim, a equação de acumulação de conhecimento segue a especificação abaixo:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (1)$$

Onde δ é um parâmetro de produtividade, que pode depender das instituições e escolhas políticas, do ambiente favorável ou desfavorável à inovação ou da relação entre instituições geradoras de inovações e empresas.

O autor destaca que duas suposições importantes estão incorporadas à Equação (1): destinar mais capital humano à pesquisa resulta numa maior taxa de produção de tecnologia (e, portanto, numa maior taxa de crescimento da economia); e quanto maior o estoque total de conhecimento, maior será a produtividade de um engenheiro que trabalha no setor de pesquisa, isto é, maior a facilidade de gerar novas ideias. Assume ainda que o custo de desenvolver uma nova ideia diminui à medida que a sociedade acumula conhecimento.

Há ainda duas suposições da forma funcional da Equação (1): a produção de conhecimento é linear em H_A , quando A é mantido constante, e é linear em A , quando H_A

permanece constante; linearidade em A é o que torna possível o crescimento ilimitado (isso porque, no modelo, o produto marginal do capital humano empregado no setor de bens finais cresce em proporção ao estoque de ideias já descoberto).

Se na Equação (1) a linearidade fosse substituída por uma função côncava de A , ou seja, se a produtividade marginal do capital humano no setor de produção de conhecimento não continuasse a crescer em proporção à A , capital humano se deslocaria do setor de pesquisa para o de bens finais e a taxa de crescimento econômico se desaceleraria. Segundo Romer (1990), não havia na história evidências contra a especificação adotada, isto é, a favor da ideia de esgotamento das oportunidades de pesquisa e produção de conhecimento.

Em contraposição, Jones (1995) ressalta que a previsão de efeitos escala do modelo de Romer (1990) e de outros modelos de crescimento baseados em P&D – como Grossman e Helpman (1991), Aghion e Howitt (1992) – são inconsistentes com a evidência de séries temporais das economias industrializadas. Os dados mostram que o número de cientistas e engenheiros trabalhando em P&D nos países desenvolvidos aumentou bastante na segunda metade do século XX, enquanto não houve a mesma tendência de crescimento na produtividade total dos fatores.

Tal previsão de efeitos escala sugere que um aumento no nível de recursos destinados à P&D aumenta a taxa de crescimento da economia. Mais especificamente, a crítica de Jones (1995) se dirige à implicação, derivada da Equação (1), de uma relação positiva entre a taxa de progresso tecnológico (e, portanto, a taxa de crescimento de estado estacionário da economia) e a quantidade absoluta de capital humano empregado em P&D.

A versão modificada do modelo de Romer (1990) proposta por Jones (1995) elimina os efeitos escala e faz o crescimento *per capita* de longo prazo dependente somente de parâmetros exógenos. Dombi (2006) ressalta que, ao propor tal modificação, Jones (1995) resolve uma inconveniência empírica, mas incorpora uma dificuldade do ponto de vista teórico.

Jones (1995) parte da seguinte equação de acumulação de conhecimento:

$$\dot{A} = \delta H_A^\lambda A^\phi \text{ com } 0 < \lambda \leq 1 \quad (2)$$

Se $\phi < 0$, hipótese *fishing-out*, a taxa de inovação decresce com o nível de conhecimento. Se isto é verdade, então, as ideias mais óbvias são descobertas primeiro de modo que a probabilidade de um pesquisador engajado em P&D descobrir uma nova ideia é decrescente no nível de conhecimento. Se $\phi > 0$, então, existem *spillovers* positivos na produção de conhecimento (o chamado efeito *standing on shoulders*). O caso de retornos

externos zero, ou seja, quando a taxa de inovação é independente do estoque de conhecimento, ocorre quando $\phi = 0$. Mais explicitamente, o parâmetro ϕ representa o *spillover* intertemporal, isto é, a relação entre produtividade das ideias no presente e o número de ideias descobertas no passado.

Em Jones (1995), a restrição $0 < \lambda \leq 1$ significa que, em qualquer ponto do tempo, a duplicação e a sobreposição de pesquisa reduzem o número total de inovações produzidas por H_A unidades de capital humano.

Quando $\phi = 1$ e $\lambda = 1$, a Equação (2) se reduz à Equação (1) do modelo de Romer (1990).

Assim como em Romer (1990), Jones (1995) ressalta a importância do capital para a acumulação de conhecimento. Os autores justificam a omissão do capital na equação de P&D alegando que os principais resultados dos modelos são robustos à ausência do capital e, além disso, os cálculos são sobremaneira simplificados.

A discussão em Jones (1995) objetiva demonstrar que a suposição de $\phi = 1$ no modelo de Romer (1990), além de absolutamente arbitrária, é inconsistente com os dados de séries temporais de P&D e com o crescimento da produtividade total dos fatores. Sendo assim, Jones (1995) impõe a restrição de que $\phi < 1$, eliminando a suposição de que inovação eleva proporcionalmente a produtividade. O relaxamento da suposição de $\phi = 1$ gera uma trajetória de crescimento equilibrado na presença de uma quantidade de capital humano crescente. Para ver isso, basta reescrever a Equação (2) na forma abaixo:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta \frac{H_A^\lambda}{A^{1-\phi}} \quad (3)$$

Nessa trajetória de crescimento equilibrado, a taxa de crescimento do conhecimento é constante e igual à Equação (4). Isso é consistente com uma quantidade crescente de capital humano destinado à P&D desde que H_A^λ e $A^{1-\phi}$ cresçam à mesma taxa. Tal estratégia é suficiente para eliminar os efeitos escala do modelo de Romer (1990).

Diferenciando a Equação (3), obtém-se:

$$\left(\frac{\dot{A}}{A}\right)^* = \lambda \frac{\left(\frac{\dot{H}_A}{H_A}\right)}{1-\phi} \quad (4)$$

A taxa de crescimento da economia no estado estacionário, que é igual a do conhecimento, depende somente da taxa de crescimento da quantidade de capital humano

destinado à P&D e dos parâmetros ϕ e λ , que determinam, respectivamente, os retornos externos e de escala no setor de P&D. Note ainda que crescimento é zero na ausência de crescimento do capital humano empregado no setor de pesquisa. Ao contrário, quando $\phi = 1$, crescimento da produtividade é possível com insumos constantes na produção de conhecimento.

Nesse modelo de Jones (1995), crescimento de estado estacionário é invariante à política fiscal, tais como créditos fiscais e subsídios à P&D. Esse resultado é exatamente o oposto ao de Romer (1990).

Em Jones (1995), a intuição é que crescimento econômico está diretamente relacionado ao crescimento da produtividade, que por sua vez depende da descoberta de novos projetos por meio de P&D. Pesquisadores são insumos fundamentais para o desenvolvimento de novos projetos e, por isso, a taxa de crescimento da economia depende da taxa de crescimento do capital humano destinado ao setor de pesquisa.

Considerando a natureza distinta da função de produção de conhecimento e as diferentes previsões dos modelos de Romer (1990) e Jones (1995), é relevante investigar empiricamente qual modelo se verifica. Sendo assim, um dos objetivos deste trabalho é estimar a função de produção de ideias das regiões brasileiras, a fim de testar a importância da inovação tecnológica no desempenho regional

Na literatura empírica internacional, há trabalhos que testaram a validade das restrições dos dois autores. Porter e Stern (2000) estimaram os parâmetros da função de produção de ideias, a partir de uma amostra de 16 países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Os resultados ratificam a restrição paramétrica do modelo de Romer (1990), segundo a qual a produtividade de P&D no nível país aumenta proporcionalmente com o estoque de ideias já descobertas.

Por outro lado, Pessoa (2005), utilizando uma amostra de 27 e outra de 21 países da OCDE, encontrou evidências, no nível de produção de ideias, de retornos marginais decrescentes tanto no estoque de ideias como no número de pesquisadores e retornos crescentes de escala nos dois fatores.

Com dados em painel de 19 países da OCDE, Luintel e Khan (2008) também investigaram a relação entre produção de ideias e produtividade do conhecimento. Os autores consideram heterogeneidades entre países (tais como: nível de desenvolvimento, estoque doméstico de tecnologia, capacidade de absorver tecnologia estrangeira, intensidade de pesquisa) e endogeneidade. O estudo conclui que, à medida que os países acumulam seus

estoques domésticos de conhecimento, o fluxo de novas ideias e os *spillovers* positivos de conhecimento estrangeiro tendem a se reduzir. Além disso, países com baixo estoque doméstico de ideias podem melhorar consideravelmente a produtividade por meio de acumulação de conhecimento, mas o efeito é pequeno para países com estoques de conhecimento bem desenvolvidos.

Luintel e Khan (2012) estimam a função de produção de ideias para 17 países emergentes. Os resultados apontam para retornos de escala no setor de P&D positivos, significantes e menores que a unidade; e retornos externos significativamente maiores ou iguais a um. Segundo os autores, esse último resultado implica que as economias emergentes estão longe de uma trajetória de crescimento equilibrado.

Usando dados de séries temporais das patentes chinesas, Ying (2008) investiga a produção de conhecimento na China. Os resultados apontam para evidências de concavidade da função de produção de idéias e de *spillovers* positivos de conhecimento estrangeiro na produção de novas idéias na China.

Para medir o número de trabalhadores que criam ideias economicamente relevantes, Pessoa (2005) utiliza o número de pesquisadores de tempo integral da OCDE. O próprio autor salienta as deficiências dessa *proxy*, que exclui esforços de firmas pequenas ou resolução de problemas ao nível da firma, que também são responsáveis por melhorar produtos e processos. Ying (2008) também ressalta essas deficiências, mas na ausência de uma *proxy* melhor usa o número de cientistas e engenheiros chineses envolvidos em tempo integral em atividades de P&D.

Em Pessoa (2005), a *proxy* utilizada para estoque de ideias é o número de patentes de modelo de utilidade concedidas pelos EUA aos residentes nos países da OCDE. Para o autor, as patentes representam um indicador adequado da atividade inventiva porque são a expressão da originalidade e do empreendimento de esforços e recursos das firmas para desenvolver um produto ou ideia. Entretanto, há críticas ao uso dessa *proxy*. Por exemplo, um aumento do número de patentes concedidas pode representar não somente um crescimento na produção de ideias, mas também uma expansão do comércio internacional ou uma maior preocupação com proteção de direitos de propriedade intelectual. Além disso, outro problema é que nem todas as invenções são patenteadas ou patenteáveis. Apesar disso, o autor assume que patentes podem ser um índice útil da atividade de inovação geral. Supõe ainda que uma fração constante do produto de inovação é valiosa o bastante para justificar a patenteação e que a fração é constante entre as economias.

Para estimar a função de produção de ideias da China, Ying (2008) mede o número de novas ideias e o estoque de ideias relevantes comercialmente a partir dos pedidos de patentes ao escritório chinês.

As *proxies* para estoque de ideias e capital humano utilizadas neste trabalho, levando-se em conta a disponibilidade de dados, seguirão a tendência dos estudos empíricos discutidos nesta seção.

2.3 A questão da linearidade

Como destaca Maré (2003), identificar políticas que elevem a taxa de crescimento, em vez de somente o nível da atividade econômica, é essencial para orientar os formuladores de política no desenho das formas de intervenção.

Num *survey* sobre a relação entre capital humano e crescimento, o autor considera capital humano como qualquer forma de conhecimento aprendido, habilidade, idéias ou educação, que podem gerar um fluxo de benefícios futuros para o indivíduo. No texto, os termos – ideias, capital humano e conhecimento – são tratados como sinônimos.

O *survey* esclarece, de forma precisa e sucinta, três pontos importantes que merecem destaque na discussão do presente trabalho:

- (a) Como as idéias podem elevar o nível de produto?
- (b) Quais as implicações das externalidades geradas pelas idéias?
- (c) O que é necessário para investimento em capital humano gerar um aumento sustentado nas taxas de crescimento?

Na teoria de produção padrão, a presença de uma maior quantidade de um insumo complementar (capital, por exemplo) eleva o produto marginal do capital humano. Se as complementaridades são suficientemente fortes, aumentos em conhecimento e nos outros insumos podem ocorrer sem redução dos retornos marginais. Essa situação é obtida com a suposição de retornos constantes de escala, isto é, com um modelo linear de produção.

Em geral, os retornos são maiores na presença de insumos complementares. Desta maneira, as ideias podem elevar o nível de produto devido à variedade de formas que o conhecimento complementa outros insumos. O autor destaca que essa variedade é muito maior que as possibilidades de complementaridades de quaisquer outros insumos. Isso ocorre devido à não rivalidade do conhecimento e à possibilidade de transferência de conhecimento disponível, com geração de novas ideias e redução dos custos de investimento, o que resulta em aumento na produtividade.

Todavia, nem sempre a existência de complementaridades é evidência de externalidades. Se as complementaridades estão embutidas nos preços, então não há presença de externalidades. Na presença de *spillovers*, os retornos sociais do conhecimento superam os retornos privados.

Para investimento em capital humano gerar crescimento sustentado, é imprescindível que a função de produção apresente retornos não decrescentes de escala nos fatores que podem ser acumulados. Dito de outro modo, o grau das complementaridades discutidas anteriormente deve ser alto o suficiente para produzir retornos não decrescentes no longo prazo.

Na abordagem inicial da literatura de crescimento, essas fortes complementaridades eram garantidas por uma função de produção que apresentava retornos decrescentes de capital (no sentido amplo, que inclui capital humano) no nível da firma, mas retornos não decrescentes no nível agregado. No desenvolvimento da teoria de crescimento endógeno, inúmeros mecanismos foram descritos para justificar essas interações: *spillovers* de conhecimento dentro das indústrias ou entre indústrias; *learning by doing – spillovers* de estoque de capital, *spillovers* de estoque de capital humano, *spillovers* de variedade de produtos (extensão da variedade, *quality ladders*, *patent races*).

2.4 Capital humano e P&D

Como discutido nos modelos de crescimento endógeno, crescimento econômico está vinculado ao crescimento da produtividade, que depende de inovações tecnológicas produzidas no setor de P&D, cujo fator chave de produção é o capital humano. É importante, portanto, compreender que fatores explicam investimento em capital humano e em P&D.

Segundo Schultz (1961), o investimento na forma de capital humano – conhecimento e habilidades úteis adquiridas pelos indivíduos – é intencional e se apresenta nas formas de gastos diretos em educação e saúde, em migrações a fim de explorar melhores oportunidades de emprego, renda renunciada para retorno à escola ou treinamento no trabalho. No Quadro 2, há algumas informações importantes sobre capital humano.

Em relação aos fatores que explicam investimento em P&D, Becker (2013) os divide em cinco grandes grupos: características individuais da indústria ou da firma; competição nos mercados de produto; subsídios à P&D; fatores relacionados a recursos e localização; e *spillovers* de P&D estrangeira.

Quadro 1 – Capital humano

Autor	Entendimentos sobre Capital Humano
Goode (1959)	Pode ser definido como conhecimento, habilidades, atitudes, aptidões e outras características adquiridas que contribuem para a produção.
Blundell, Dearden, Meghir e Sianesi (1999)	Composto por dois elementos complementares: capacidade inicial, adquirida ou inata, e competências adquiridas por meio de educação formal ou de treinamento no trabalho.
Weisbrod (1966)	Investimentos em capital humano são gastos em educação, treinamento, saúde, informação e mobilidade de trabalho.
Lynch (1991)	A acumulação de capital humano ocorre de três formas: educação formal (o indivíduo dedica todo o seu tempo ao aprendizado), treinamento <i>on-the-job</i> (pós-escola fornecido pelo atual empregador) e treinamento <i>off-the-job</i> (pós-escola prestado por instituições com fins lucrativos).
Haley (1973)	Há duas correntes na literatura: uma baseada em Becker (1964), que analisa os investimentos individuais em capital humano, a fim de estimar a taxa interna de retorno; a outra baseada em Ben-Porath (1967), que investiga o ciclo de vida dos rendimentos.
Becker (1964)	Diferencia capital humano geral de capital humano específico. O primeiro é definido como útil não somente para o empregador atual, mas também para outros potenciais empregadores. O último aumenta a produtividade do trabalhador somente no seu trabalho corrente. Em mercados de trabalho perfeitos, todos os custos e os benefícios de investimentos em treinamentos gerais são arcados pelos trabalhadores, enquanto firmas e trabalhadores dividem custos e retornos de investimentos em treinamento específico.

Fonte: Elaboração da autora a partir de Fleischhauer (2007).

A partir de um levantamento de uma série de trabalhos empíricos que investigam os determinantes do investimento em P&D, Becker (2013) afirma que a maioria dos artigos geralmente sugere que medidas de finanças internas (como fluxos de caixa e vendas), competição e subsídios públicos afetam positivamente o investimento em P&D. Além disso, P&D se beneficia de *spillovers* de conhecimento de pesquisa universitária e de recursos de capital humano altamente qualificado. Por outro lado, não há evidência de *spillover* positivo de P&D estrangeira.

Diversos trabalhos empíricos, entretanto, discutem potenciais não linearidades entre P&D e seus fatores determinantes. Aghion *et al* (2005) desenvolve um modelo teórico no qual competição pode aumentar o lucro incremental gerado pela inovação, mas pode também reduzir os incentivos para inovação de firmas não líderes. Utilizando dados em painel, encontra evidências de relação em forma de U invertido entre competição de mercado de produto e inovação. Na mesma linha, Aghion *et al* (2004) parte de um modelo de crescimento no qual a maior ameaça de entrada de firmas na fronteira tecnológica estimula inovação nos setores que estão na fronteira, mas reduz os incentivos daqueles que estão abaixo da fronteira. Usando dados do Reino Unido, encontra que a maior abertura econômica na década de 80 levou a um mais rápido crescimento da produtividade total dos fatores das firmas domésticas estabelecidas e, portanto, a um crescimento mais rápido da produtividade agregada.

Quanto ao fator subsídios públicos à P&D, a análise empírica de Gorg e Strobl (2007), que utiliza um painel de dados de firmas irlandesas, indica que subsídios em pequena ou média escala estimularam os gastos privados em P&D das empresas domésticas, enquanto concessão de grandes benefícios pode afetar negativamente investimento privado em P&D.

As medidas geralmente utilizadas para mensurar P&D são gastos em P&D, intensidade de P&D e contagem de inovação ou patentes. Becker (2013) discute que a contagem de patentes pode não ser uma medida razoável de inovação, uma vez que a propensão de registrar patentes varia entre indústrias e países, além do que, a patente pode não ser utilizada para produzir novos ou melhores produtos.

2.5 Distribuição espacial da inovação e *spillovers*

Além do interesse nos *spillovers* intertemporais, é importante investigar a existência de *spillovers* de ideias na dimensão espacial. Isto é, verificar se a mudança na produtividade de uma região afeta a produtividade de outra.

Segundo Keller (2002), um nível forte de transmissão de tecnologia entre indústrias ou países tende a equalizar a similaridade de produtividade, favorecendo a convergência. Essa transmissão, entretanto, pode ser dificultada pela distância. Sendo assim, como destaca Audretsch e Feldman (1996), a concentração geográfica da atividade de inovação deve ser considerada caso a capacidade de tirar proveito dos *spillovers* de conhecimento dependa da distância da fonte geradora de conhecimento. Os resultados empíricos indicam que os *spillovers* de conhecimento têm papel importante na propensão à aglomeração da atividade inovativa.

Analisando se atividade de P&D afeta produtividade por meio de fluxos de comércio, Keller (2002) estima que a contribuição de P&D da própria indústria é cerca de 50% do efeito total sobre aumentos na produtividade. Encontra também evidências de que uma dada indústria se beneficia dos investimentos em P&D de outras indústrias.

Audretsch e Feldman (1996) testam a significância geográfica em diferentes tipos de indústria por meio da investigação da associação entre concentração geográfica e importância relativa de *spillovers* de conhecimento. Em Mossi *et al* (2003), os resultados sugerem que estados com vizinhos mais ricos tiveram maiores chances de prosperar. Schettini e Azzoni (2013) concluem que, para a indústria brasileira, a probabilidade da vizinhança estimular a eficiência de uma região é maior que as chances de reduzi-la.

É interessante, por isso, verificar se o desenvolvimento do setor de P&D de uma região gera externalidades sobre a produção de conhecimento de outra região. Sendo assim, outro objetivo deste trabalho é investigar a presença desses efeitos externos nas regiões brasileiras.

2.6 Desigualdades no crescimento entre as regiões brasileiras

Conforme descreve Jones (2000), os modelos explicativos recentes mostram que o crescimento econômico está diretamente relacionado ao progresso tecnológico e que as diferenças na produtividade contribuem para explicar as divergências de riqueza econômica entre grupos de países. Além disso, as regiões geográficas de um país podem se diferenciar quanto ao crescimento; umas podem apresentar relativamente progresso tecnológico e alto crescimento, enquanto outras podem permanecer estagnadas.

Nesse sentido, segundo dados das regiões brasileiras apresentados em Santos e Ferreira (2007), no período de 1985 a 2002, o produto *per capita* do Nordeste correspondia a apenas 1/3 do produto da região Sudeste e essa desigualdade permaneceu praticamente invariável nesse período. Analisando a competitividade setorial da indústria brasileira, Schettini e Azzoni (2013) indicam que não há evidências de desconcentração regional da produção industrial e da produtividade a partir da abertura econômica e da estabilização.

Com dados de renda *per capita* de 20 estados brasileiros no período 1939-1998, Mossi *et al* (2003) encontra forte evidência de aglomeração espacial no Brasil. Um grupo de baixa renda no Nordeste e um de alta renda no Sudeste. Além disso, tal aglomeração se tornou mais forte ao longo do tempo. Gondim, Barreto e Carvalho (2007) também confirmam a tendência de formação de clubes de convergência no Brasil e destacam a localização geográfica e o nível inicial de escolaridade como condicionantes desse processo. Considerando a hipótese de heterogeneidade no desenvolvimento tecnológico, Penna e Linhares (2009) também verificam a existência de formação de dois clubes de convergência no Brasil.

Analisando a série do PIB das regiões brasileiras no período de 1980 a 2010, observa-se a preponderância da região Sudeste no PIB brasileiro. Em média, as participações das regiões no PIB nacional são 58,15% (SE), 17,13% (S), 12,93% (NE), 7,21% (CO) e 4,58% (N). A concentração regional ainda continua acentuada e pouco diminuiu ao longo das últimas décadas. Em 1980, Sudeste e Sul respondiam por 79,31% do PIB do País e, em 2010, esse percentual correspondia a 71,89%. O Nordeste, a segunda região mais populosa do Brasil, participa com somente 13,46% do PIB total².

Em relação à desigualdade de renda *per capita*, Pessoa (2001) propõe explicar o problema da baixa renda *per capita* por dois motivos: o regional e o social. No primeiro, a região é pobre por características próprias da região. No segundo caso, a baixa renda *per capita* deve-se a características dos moradores da região. Para o autor, as evidências teóricas e empíricas mostram que a baixa renda *per capita* de algumas regiões brasileiras se deve a um problema de natureza social e não regional.

Examinando a tendência da produtividade da mão de obra empregada na indústria no período de 1985 a 1997, Azzoni (2001) verifica uma acentuada diferença entre as áreas mais produtivas – Sudeste – e as menos produtivas – Nordeste. A relação direta entre produtividade e custo da mão de obra explica o estado de São Paulo deter a liderança de maiores salários do País, enquanto o Nordeste se situa 40% abaixo da média.

Lall e Shalizi (2003) apontam os baixos níveis educacionais, expectativa de vida e estado de saúde da população nordestina, além da reduzida acumulação de inovação tecnológica, como fatores determinantes da mais baixa renda nordestina em relação a outras regiões brasileiras.

Do exposto acima, percebe-se que é essencial propor compreensões complementares sobre o diferencial de crescimento entre as regiões brasileiras. A proposta deste trabalho é contribuir para um entendimento das diferenças regionais alicerçado no setor P&D.

2.7 Políticas de incentivo à P&D no Brasil

Como destacado em Blanchard (2011), as empresas gastam em P&D na perspectiva de aumentarem os lucros. O nível de gastos depende basicamente de dois fatores: da fertilidade do processo de pesquisa e da apropriabilidade dos resultados de pesquisa. Em relação ao segundo aspecto, é imprescindível a proteção legal dada aos novos produtos ou às novas técnicas desenvolvidas, a fim de garantir às empresas os incentivos para investir em P&D.

No Brasil, conforme sintetizado em Shimada (2013), houve um crescente desenvolvimento de políticas governamentais de apoio às atividades de P&D e inovação. O autor cita o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA) – que vigoraram entre 1993 e 2006, criados com o objetivo de conceder incentivos fiscais para dispêndios em P&D e capacitação tecnológica. A criação dos Fundos Setoriais em 1998, cujo propósito era criar instrumentos de financiamento à P&D e à inovação. Seguem-se a isso a aprovação da Lei de Inovação em 2004 e a Lei do Bem em 2005, que consolidou a concessão de incentivos fiscais de forma

automática para pessoas jurídicas que realizam pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica.

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), as políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil são compostas por um conjunto de ações, tais como: Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T&I; Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas; e Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Social.

Essas ações objetivam aperfeiçoar o marco legal-regulatório e os instrumentos de cooperação; formar e qualificar recursos humanos para C,T&I, por meio da concessão de bolsas; consolidar a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica do País; apoiar financeiramente as atividades de P,D&I e inserir pesquisadores nas empresas; fomentar a criação e a ampliação da indústria de capital empreendedor; e aperfeiçoar o ensino de ciências nas escolas etc. As áreas consideradas estratégicas são de Biotecnologia e Nanotecnologia, as voltadas para o Agronegócio, Amazônia e o Semi-Árido, a Biodiversidade e Recursos Naturais, a Energia Elétrica, Hidrogênio e Energias Renováveis e para o Petróleo, Gás e Carvão Mineral.

A despeito dessas ações, o investimento em P&D no Brasil ainda está muito aquém dos esforços empreendidos nos países desenvolvidos.

Segundo dados do Instituto de Estatística da União Europeia (Eurostat), em 2011, os gastos domésticos brutos em P&D como proporção do PIB foram de 2,12% na Zona do Euro. Na Alemanha, o percentual foi de 2,89%; na França, 2,25%; e no Reino Unido, 1,78%. Nos EUA, os gastos em P&D representam cerca de 2,67% do PIB, e no Japão, o percentual é superior a 3%. Nesses países, os dispêndios em P&D são preponderantemente do setor privado.

No Brasil, em contraposição, a maior parte do investimento é realizada pelo setor público. Em 2011, conforme dados do MCTI, o dispêndio nacional em ciência e tecnologia (C&T) correspondeu a 1,64% do PIB. Nesse caso, ciência e tecnologia compreendem P&D e atividades científicas e técnicas correlatas. Os gastos governamentais foram de 0,85% do PIB, enquanto os dispêndios empresariais corresponderam a 0,79%. Em 2000, os gastos nacionais em C&T eram de 1,30% do PIB, sendo 0,73% governamentais e 0,56% empresariais. Além disso, a maior parte dos pesquisadores está empregada nas universidades ou institutos de pesquisa, e não nas empresas.

O ambiente brasileiro é ainda desfavorável à inovação, apesar das políticas empreendidas. Shimada (2013) lista algumas dificuldades: limitada abrangência e alcance dos

programas de incentivo; ambiente macroeconômico caracterizado por alto custo do crédito e alta taxa real de juros; interação insuficiente entre universidades e empresas.

Por exemplo, Galeano e Wanderley (2013), numa análise das regiões brasileiras entre 1996 a 2007, demonstram evidência de estagnação da produtividade industrial do trabalho em nível nacional. Há baixo investimento em P&D e, além disso, a relação entre as instituições produtoras de conhecimento e as empresas de bens na economia está distante de ser a desejada. Consequência disso é que o Brasil, embora tenha um índice de produção de conhecimento razoável (medido pela publicação de artigos científicos), é pouco eficiente em transformar esse conhecimento em tecnologia. Neste sentido, a maior interação entre universidades e empresas por meio de cooperação que socializa o aprendizado é benéfica, porque pode acelerar a produção de conhecimento e facilitar a difusão de inovações na sociedade.

3 METODOLOGIA

3.1 Base de dados

Os dados utilizados neste trabalho são do Banco de Dados Estatísticos de Propriedade Intelectual (Badepi) do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios³ (Pnad) e da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica⁴ (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como forma de explorar ao máximo as informações obtidas, o conjunto de dados foi organizado em três painéis: o primeiro, construído a partir de dados do Badepi e das Pnad's, contém observações de 24 estados brasileiros mais o Distrito Federal⁵ no período de 2001 a 2012; o segundo é formado por observações de 13 estados brasileiros⁶ para os anos de 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011 obtidas nas Pintec's; e o terceiro é constituído por dados do Badepi e das Pintec's para 13 estados brasileiros nos anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011.

3.2 Medidas de capital humano e de conhecimento

Como discutido na seção 2, a maioria dos trabalhos utiliza o número de pesquisadores e cientistas trabalhando em tempo integral em atividades de P&D como *proxy* para capital humano empregado na produção de conhecimento. Há deficiência desse tipo de informação no Brasil, pelo menos a nível estadual. Dessa forma, os dados disponíveis só permitiram construir as seguintes *proxies* para capital humano: (1) a quantidade de indivíduos que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado, *Dout*, e (2) o número de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial, *Ha_De*. *Dout* é uma *proxy* para capital humano que apresenta algumas limitações, entretanto, dado a indisponibilidade de dados, foi o indicador mais razoável encontrado do quantitativo de pesquisadores que trabalham na produção de conhecimento. *Ha_De* seria uma *proxy* ainda melhor se os dados não se limitassem somente às empresas do setor industrial. Além disso, as informações de *Ha_De* só estão disponíveis para treze estados brasileiros.

Também seguindo a linha dos artigos citados na seção 2, utiliza-se como *proxy* para novo conhecimento produzido o número de patentes depositadas por via direta no INPI. Testa-se ainda o uso de outra *proxy* – o número de empresas do setor industrial que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional. Assim como Ying (2008) faz no seu estudo para a China, considera-se o número de patentes depositadas no INPI e não no

escritório de patentes dos EUA, porque os pedidos brasileiros ao escritório norte americano ainda são pouco representativos, o que poderia prejudicar a análise econométrica.

De acordo com os dados do escritório americano de patentes (USPTO), o Brasil solicitou somente 679 pedidos de patentes em 2012, e obteve 196 concessões. Quando se compara o desempenho brasileiro ao dos outros países integrantes do BRICS, é evidente a inexpressiva participação brasileira na produção de inovação tecnológica. Senão vejamos: em 2012, a China registrou 13.273 pedidos, e obteve 4.637 patentes; por sua vez, a Índia solicitou 5.663 e recebeu aprovação de 1.691 patentes; a Rússia solicitou 888 pedidos e conseguiu 331 patentes; e da África do Sul, foram 318 pedidos e concessão de 142 patentes.

Decidiu-se também usar o número de patentes depositadas e não o número de patentes concedidas porque, como destaca Griliches (1998), o uso daquele pode ser uma melhor medida de conhecimento. Isso porque o período entre pedido e concessão pode ser muito longo e variar ao longo do tempo. Para o caso do Brasil, conforme estimativa do INPI, o prazo médio para análise de patentes era de 11,6 anos em 2006; e de 5,4 anos em 2011. Além disso, segundo dados do INPI, em média, somente 9% dos pedidos de patentes de residentes foram concedidos ao longo de 2000 a 2012. Assim, quando se considera concessão em vez de pedidos de patentes, pode-se estar subestimando a produção de novo conhecimento. Por outro lado, pode-se argumentar que a produção de inovação está sendo superestimada quando se considera pedidos de patentes. Todavia, considera-se que o processo de patenteação é dispendioso o bastante para evitar tal fato.

Segundo Pessoa (2005), o estoque de ideias é calculado conforme a Equação (5):

$$A_{it} = A_{i,t-1} + P_{i,t-1} \quad (5)$$

Onde, A_{it} é o estoque de ideias do estado i no ano t ; $A_{i,t-1}$, o estoque de ideias do estado i no ano $t - 1$; e $P_{i,t-1}$, o número de patentes depositadas (ou o número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional) para o estado i no ano $t - 1$.

O estoque de ideias inicial, A_{i0} , é calculado de acordo com a Equação (6):

$$A_{i0} = \frac{P_{i0}}{g_i} \quad (6)$$

Onde, P_{i0} é o número de patentes depositadas (ou o número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional) para o estado i no primeiro ano em que os dados estão disponíveis, conforme bases de dados descritas

anteriormente; e g_i , a taxa de crescimento anual média da contagem de depósitos de patentes do estado i no período analisado.

As variáveis utilizadas nas estimações estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Variáveis e definições

Variável	Definição	Fonte
Pat	Número de patentes ⁷ depositadas por residentes por via direta no INPI, inclui Patente de Invenção ⁸ (PI), Modelo de Utilidade ⁹ (MU) e Certificado de Adição de Invenção ¹⁰ (C).	Badepi
$Npro$	Número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional.	Pintec
E_Pat	Estoque de patentes concedidas.	-
E_Npro	Estoque do número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional.	-
$Dout$	Número de pessoas que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado.	Pnad
Ha_De	Número de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial.	Pintec

Fonte: Elaboração da autora.

Nota: As variáveis E_Pat e E_Npro foram calculadas pela autora seguindo Pessoa (2005).

3.3 Modelos econométricos

3.3.1 Confronto Romer (1990) e Jones (1995)

A fim de estimar as funções de produção de ideias do Brasil e de suas cinco regiões e testar se a hipótese de linearidade se verifica ou não, será estimada a Equação (2) de forma linearizada, conforme Equação (7):

$$\ln \dot{A}_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln H_{A_{jt}} + \phi \ln A_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (7)$$

A variável dependente, \dot{A}_{jt} , representa o novo conhecimento produzido na região j no ano t ; $H_{A_{jt}}$ é a quantidade de capital humano da região j utilizada no setor de pesquisa, produtor de ideias, no ano t ; e A_{jt} é o estoque de conhecimento da região j no ano t .

Conforme *proxies* descritas na seção anterior e baseado na Equação (7), especificam-se as seguintes equações:

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Dout_{jt} + \phi \ln E_Pat_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (8)$$

$$\ln Npro_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha_De_{jt} + \phi \ln E_Npro_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (9)$$

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha_De_{jt} + \phi \ln E_Pat_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (10)^{11}$$

O objetivo central da estimação dessas equações é estudar a dinâmica de *spillovers* na produção de ideias dentro de cada região.

As equações são estimadas, primeiramente, por mínimos quadrados ordinários agrupados contornando problemas de heterocedasticidade, que são comuns em amostras dessa natureza. Em seguida, com dados em painel, aplica-se o teste de Hausman para identificar qual a especificação mais apropriada se efeitos fixos ou se efeitos aleatórios.

A diferença fundamental entre os dois efeitos é se as especificidades não observadas de cada região são correlacionadas com os regressores no modelo. Efeito fixo parece ser a melhor alternativa, uma vez que o motivo de se usar dados em painel é possibilitar que os efeitos individuais não observados sejam correlacionados com alguma outra variável explicativa. A abordagem de efeitos aleatórios pode ser inconsistente devido à existência de correlação entre as heterogeneidades individuais e os regressores. (WOOLDRIDGE, 2012; GREENE, 2012).

Testes de restrição linear são feitos sobre o parâmetro de interesse, ϕ , a fim de averiguar a linearidade ou a concavidade da função de produção de ideias. Mais especificamente, testa-se $H_0 : \phi \geq 1$ contra $H_1 : \phi < 1$. Testa-se também se a função de produção apresenta retornos de escala constantes, crescentes ou decrescentes ($H_0 : \phi + \lambda \geq 1$ contra $H_0 : \phi + \lambda < 1$). Investiga-se ainda a natureza do efeito de um aumento do capital humano na produção de conhecimento (aplica-se o teste $H_0 : \lambda \geq 1$ contra $H_1 : \lambda < 1$).

3.3.2 Função de produção regional no contexto nacional

Há interesse também em saber se existe e qual a direção do efeito da produção de conhecimento de uma região em outra região. Para tanto, os *spillovers* inter-regionais para a produção de ideias serão estimados conforme especificação abaixo:

$$\ln \dot{A}_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln H_{A_j} + \phi \ln A_{jt} + \omega \ln A_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (11)$$

Onde A_{-jt} representa o estoque de ideias das outras regiões do país, com exceção da região j .

De acordo com a Equação (11) e as *proxies* descritas anteriormente, especificam-se as seguintes equações:

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Dout_{jt} + \phi \ln E_{-Pat}_{jt} + \omega \ln E_{-Pat}_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (12)$$

$$\ln Npro_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha_{-De}_{jt} + \phi \ln E_{-Npro}_{jt} + \omega \ln Npro_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (13)$$

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha_{-De}_{jt} + \phi \ln E_{-Pat}_{jt} + \omega \ln E_{-Pat}_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (14)$$

Para investigar a direção do efeito, aplica-se o seguinte teste de restrição linear:

$$H_0 : \omega \leq 0 \text{ contra } H_1 : \omega > 0.$$

3.4 Análise descritiva

A média do número de patentes depositadas no período de 2001 a 2012, apresentada na Tabela 1, revela uma forte concentração de produção de conhecimento nas regiões Sudeste e Sul do País. Em relação à média da região Sudeste, o depósito de patentes do Centro-Oeste corresponde a somente 6,77%; o do Nordeste, a 4,06%; e o do Norte, a 1,56%. A análise da outra *proxy* de novo conhecimento produzido, *Npro*, ratifica esse cenário de produção de conhecimento desigual entre as regiões.

O Gráfico 1 demonstra a superioridade das regiões Sudeste e Sul no depósito de patentes no período analisado. Percebe-se ainda que a participação das regiões permaneceu praticamente estável ao longo dos anos. A liderança da região Sudeste é garantida, principalmente, pelo desempenho do estado de São Paulo. Entre 2001 e 2012, em média, 44% das patentes depositadas no INPI originaram-se desse estado. Conforme apresentado na Tabela 1, destaca-se que o desvio padrão das *proxies* de novo conhecimento da região Sudeste é bastante superior ao das demais regiões, o que sugere grande variabilidade de produção de ideias no Sudeste, com uma forte concentração dessa produção no estado de São Paulo.

Essa liderança do Sudeste se justifica porque é a região brasileira com o maior parque industrial e que concentra os setores industriais mais intensivos em tecnologia. Ademais, de acordo com dados apresentados em Schettini e Azzoni (2013), as atividades industriais são importantes no cenário nacional, tem alto grau de concentração regional e, no Brasil, respondem por 27% do PIB, 53% das exportações, 25% da mão-de-obra empregada e são mais intensivas em inovação.

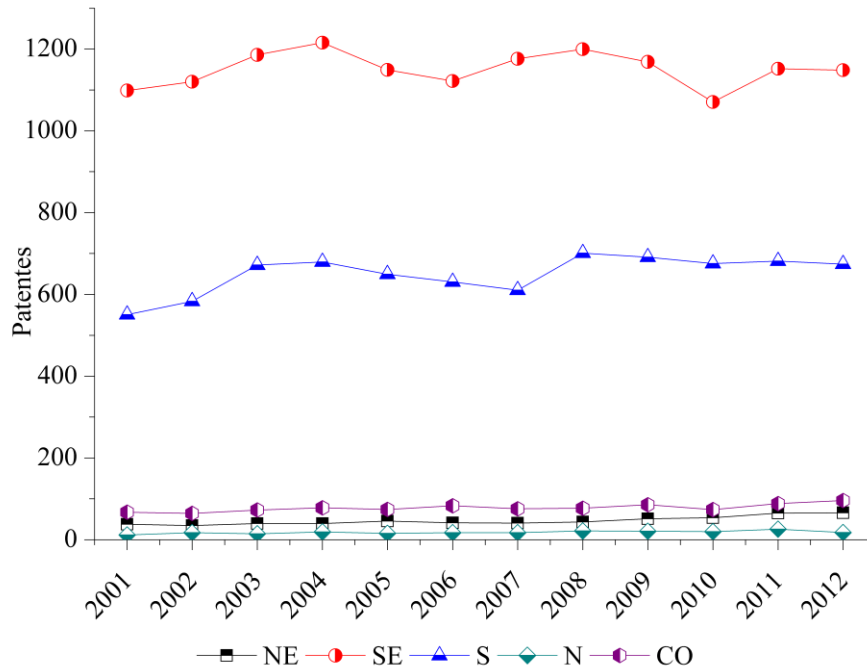
Tabela 1 - Estatísticas descritivas da produção de ideias

Regiões	Pat					Npro				
	Média	D.P.	Mín	Máx	Obs	Média	D.P.	Mín	Máx	Obs
Brasil	294,9	649,5	1	3.491	300	389,3	624,0	13,7	2.851,8	65
Nordeste	46,7	42,4	3	197	108	73,9	67,9	13,7	290,2	15
Sudeste	1.150,5	1.241,3	90	3.491	48	792,5	972,6	29,2	2.851,8	20
Sul	649,7	83,9	479	818	36	487,1	174,6	278,0	858,5	15
Norte	18,0	16,0	1	55	60	56,2	21,7	20,7	82,3	10
Centro-Oeste	77,9	45,4	20	157	48	96,5	78,8	35,5	217,7	5

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do Badepi, Pintec e Pnad.

Nota: *Pat* – período: 2001 a 2012; *Npro* – período: 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011.

Gráfico 1 – Evolução da média de patentes depositadas por região de 2001 a 2012



Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do BADEPI.

No Gráfico 2, analisando a evolução da proporção de empresas que implementaram algum tipo de inovação (de produto ou de processo), conforme dados da Pintec, a região Sul lidera com a maior taxa entre 2000 e 2008 e fica em segundo lugar em 2011. Destaca-se a trajetória crescente da região Nordeste.

Quanto ao número de pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado, a média do Sudeste também é bastante superior à das demais regiões. A razão entre média do Sul e do Sudeste, ponderadas por suas populações em 2010, é de 11,1%; entre Centro-Oeste e Sudeste, 7,96%; entre Norte e Sudeste, 2,28%; e entre Nordeste e Sudeste, 1,54%. Destaca-se que a região Nordeste, a segunda mais populosa do Brasil conforme censo de 2010, tem a menor taxa de pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado em relação à sua população total. Com respeito à outra *proxy* de capital humano, *Ha_De*, a distribuição de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial também é concentrada nas regiões Sudeste e Sul. As médias do Norte, do Nordeste e do Centro-Oeste são 7,75%, 7,48% e 5,48% da média do Sudeste, respectivamente.

Especificamente no Nordeste, destacam-se os estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, que responderam, em média, por 70% das patentes depositadas na região no período de 2001

a 2012. Em 2010, 0,34% da população de Pernambuco frequentavam ou frequentaram mestrado ou doutorado; no Ceará, esse percentual era de 0,29%; e na Bahia, 0,26%.

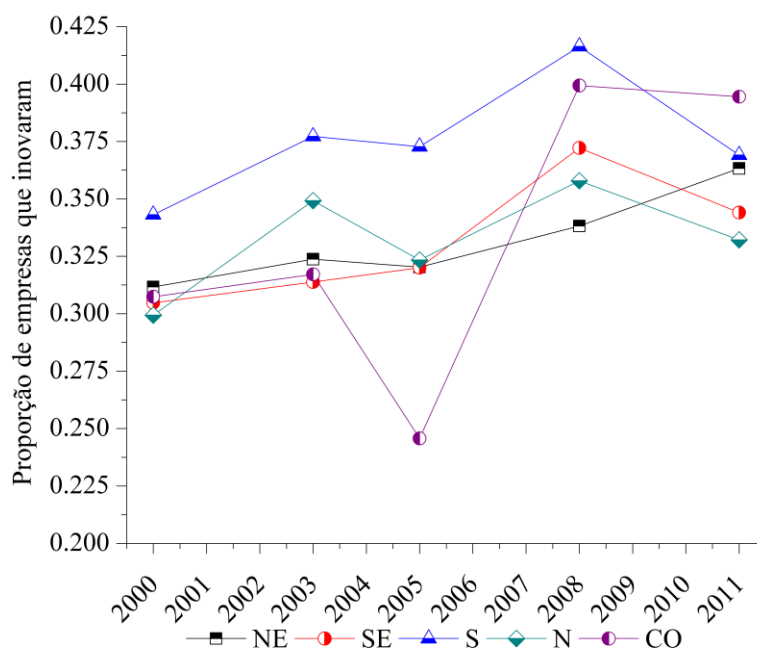
Tabela 2 - Estatísticas descritivas do capital humano

Regiões	<i>Dout</i>					<i>Ha_De</i>				
	Média	D.P.	Mín	Máx	Obs	Média	D.P.	Mín	Máx	Obs
Brasil	35.858,5	58.982,4	650	403.906	300	3.216,3	5.855,1	66,0	28.786,4	65
Nordeste	14.217,4	10.638,3	1.032	47.117	108	549,5	347,8	111,0	1.242,4	15
Sudeste	125.177,9	103.075,1	1.431	403.906	48	7.348,8	9.194,3	290,3	28.786,4	20
Sul	52.864,1	17.103,3	16.803	91.245	36	3.075,6	1.345,0	1.134,2	6.513,1	15
Norte	6.283,5	6.280,4	650	28.579	60	569,6	518,3	66,0	1.434,6	10
Centro-Oeste	19.446,4	12.055,8	3.512	48.018	48	402,6	288,1	165,5	816,9	5

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do Badepi, Pintec e Pnad.

Nota: *Dout* – período: 2001 a 2012; *Ha_De* – período: 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011.

Gráfico 2 – Evolução da proporção de empresas que inovaram nos anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011



Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados da Pintec.

A Tabela 3 apresenta um *ranking* dos estados brasileiros em relação à média de patentes depositadas no INPI e ao percentual da população que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado. Os estados das regiões Sudeste e Sul se concentram na parte superior da tabela, enquanto os do Nordeste e Norte ocupam as últimas posições.

Tabela 3 – *Ranking* dos estados

Posição	Estado	Média Pat 2001 a 2012	Estado	%Pop frequenta M ou D 2010	Estado	%Pop frequentou M ou D 2010
1°	SP	3.241,67	DF	1,08%	DF	2,10%
2°	RS	714,25	RJ	0,67%	RJ	1,05%
3°	PR	668,00	RS	0,63%	SP	0,80%
4°	MG	655,25	SP	0,63%	RS	0,67%
5°	RJ	597,33	SC	0,54%	SC	0,64%
6°	SC	566,83	PR	0,47%	PR	0,62%
7°	BA	133,08	MG	0,45%	MS	0,52%
8°	DF	123,17	PB	0,40%	PB	0,52%
9°	GO	117,67	RN	0,38%	MG	0,50%
10°	ES	107,92	MT	0,36%	RN	0,44%
11°	PE	79,50	ES	0,36%	GO	0,42%
12°	CE	79,42	GO	0,35%	ES	0,42%
13°	AM	39,50	MS	0,35%	MT	0,41%
14°	MT	37,08	PE	0,29%	AC	0,41%
15°	PB	38,17	SE	0,27%	PE	0,39%
16°	MS	30,50	AM	0,24%	SE	0,39%
17°	PA	32,58	CE	0,23%	AM	0,38%
18°	RN	27,67	AC	0,22%	CE	0,33%
19°	AL	20,17	BA	0,20%	BA	0,32%
20°	SE	16,92	PA	0,18%	AL	0,30%
21°	MA	15,83	PI	0,15%	PA	0,28%
22°	RO	11,00	AL	0,14%	PI	0,27%
23°	PI	10,92	RO	0,14%	RO	0,24%
24°	AC	2,75	MA	0,08%	MA	0,19%

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do Bادهپی e Pnad.

4 RESULTADOS

Os resultados empíricos das regressões estão apresentados nas próximas seis tabelas. A Tabela 4 mostra os resultados da estimação da Equação (8) utilizando o conjunto de dados 1 descrito anteriormente. Na Tabela 4, a elasticidade estimada de novas ideias com respeito ao estoque de conhecimento (ϕ) foi significativa, ao nível de 1% ou 5%, para o Brasil e as regiões NE, SE e S pelos dois métodos de estimação (MQA e efeitos fixos). O teste 1 sobre o parâmetro estimado (ϕ) indica que um aumento no estoque de conhecimento de uma determinada região eleva a produção de conhecimento dessa mesma região, mas não na mesma proporção ($\phi < 1$). Além disso, nas funções de produção de ideias do Brasil, SE, S e CO, a elasticidade de novas ideias com respeito ao capital humano, λ , foi significativa e apresentou sinal positivo. Nas funções das regiões NE e N, embora significativa a 5%, o efeito marginal do capital humano na produção de conhecimento não apresentou o sinal esperado (entretanto, não rejeitamos a hipótese de que os parâmetros estimados são maiores ou iguais a zero). Na estimação de efeitos fixos, o parâmetro estimado, λ , não é estatisticamente diferente de zero nas regressões do NE, SE, S e N. O teste 2 sobre o parâmetro λ sugere que a produção de conhecimento é pouco elástica aos recursos utilizados em pesquisa, isto é, o teste aponta para $\lambda < 1$. Esses resultados sinalizam para a validade das restrições paramétricas do modelo de Jones (1995). Em outras palavras, as estimativas de $\phi < 1$ e $\lambda < 1$ significam que o produto marginal de cada um dos fatores da função de produção de ideias, H_A e A , é decrescente. A partir do teste 3, rejeita-se a hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes para as funções de produção de ideia do Brasil e das cinco regiões.

A Tabela 5 exibe as estimativas dos parâmetros de interesse ϕ e λ calculados com o uso do conjunto de dados 2. Ao contrário do que se observa nas duas outras tabelas, na Tabela 5, há maior ocorrência de não significância estatística do parâmetro ϕ . Somente na função de produção de conhecimento da região Sudeste, quando estimada por efeitos fixos, não se rejeita a hipótese de que λ é estatisticamente igual a zero, ao passo que, a hipótese de que ϕ é estatisticamente igual a zero não é rejeitada para as funções de produção de ideias do Brasil, NE e N, quando estimadas por MQA, e para NE e SE, quando estimadas por efeitos fixos. O teste 1 sobre o parâmetro ϕ aponta para a rejeição da hipótese de exata linearidade proposta por Romer (1990). Isto é, rejeita-se a hipótese de que um aumento no estoque de novos produtos ou processos eleva a produção de novos produtos ou processos na mesma proporção.

Além disso, com exceção da região Norte, parece haver evidência de ausência de efeito duplicação nas regiões brasileiras, o que significa que destinar mais recursos à pesquisa diminui o total de inovações produzidas por H_A unidades de capital humano. Ademais, não há indicativo de retornos constantes de escala na função de produção de conhecimento do Brasil ou de suas regiões.

A estimação dos retornos externos, ϕ , e de escala, λ , no setor de P&D, utilizando o terceiro conjunto de dados, estão expostos na Tabela 6. O *spillover* intertemporal, ϕ , é significativo ao nível de 1% para as regiões NE, SE, S, N e CO. Destaca-se que, nesse conjunto de dados, a influência do estoque de ideias já descobertas na produção de conhecimento não foi significativa na função de produção de ideias do Brasil, pelas duas técnicas de estimação. Ressalta-se ainda que, na função da região Sul, na estimação por efeitos fixos, não se rejeita a hipótese de que $\phi \geq 1$. Para as demais regiões, os testes rejeitam a hipótese do modelo de Romer (1990). Por sua vez, o efeito marginal do capital humano na produção de novas ideias, λ , foi significativo e positivo para as funções de produção do Brasil e das cinco regiões (com exceção de NE e SE na estimação por efeitos fixos e de CO na estimação de MQA). O teste 2 indica que uma variação positiva de 1% no número de pessoas que trabalham em P&D com dedicação exclusiva, enquanto o estoque de patentes é mantido constante, eleva em menos de 1% o número de patentes depositadas. Além disso, os testes também apontam para rejeição de retornos de escala constantes ou crescentes nas funções de produção de ideia das regiões NE, S e N.

Em suma, os resultados apresentados nas Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6 sugerem que as restrições paramétricas de Jones (1995) se adequam melhor à forma estimada das funções de produção de ideias do Brasil e de suas regiões, isto é, o *spillover* intertemporal é menor que a unidade e não há efeito duplicação. Mais especificamente, $0 < \phi < 1$ e $0 < \lambda < 1$ significam que um aumento no estoque de conhecimento ou no capital humano usado em pesquisa afeta positivamente o crescimento de ideias e que esse efeito é decrescente à medida que o fator aumenta. Desta forma, não é possível haver crescimento com os insumos da função de produção de conhecimento constantes. Além disso, há evidências de retornos decrescentes de escala.

A estimação das Equações (12), (13) e (14) objetivava identificar se existem *spillovers* de conhecimento entre as regiões brasileiras. Dito de outro modo, o que se buscava investigar era se a maior produção de conhecimento em uma determinada região brasileira poderia influenciar (positiva ou negativamente) a produção de ideias de outra região. Os resultados

apresentados nas Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 demonstram que, em geral, o maior número de patentes depositadas ou de produto ou processos novos desenvolvidos por uma determinada região parecem não influenciar as quantidades de depósito de patentes e produtos novos lançados pelas empresas de outra região. Isto porque a variável que capta a presença de *spillovers* regionais no setor de inovação apresentou-se basicamente como não significativa. Em relação aos parâmetros estimados ϕ e λ , os resultados são similares aos apresentados nas Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6, que já foram discutidos anteriormente.

Tabela 4 – Estimação da Equação (8) usando a amostra 1

lnPat (dependente)	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnDout	0.3441*	0.1470***	-0.0782**	0.1368 ⁺	0.1842**	0.0134 ⁺	0.3263*	0.0145 ⁺	-0.1096**	0.1750 ⁺	0.3631*	0.1678*
	(0.0623)	(0.0725)	(0.0326)	(0.1118)	(0.0867)	(0.0092)	(0.0654)	(0.0174)	(0.0492)	(0.1588)	(0.0609)	(0.0395)
lnE_Pat	0.4969*	0.2630**	0.6941*	0.7143*	0.4053*	0.5800*	0.2939*	0.4064*	0.7629*	0.1036 ⁺	0.0968 ⁺	0.1316*
	(0.0322)	(0.1019)	(0.0474)	(0.1755)	(0.0904)	(0.0314)	(0.0710)	(0.0347)	(0.0856)	(0.1180)	(0.0821)	(0.0447)
Constante	-2.6421*	0.9023 ⁺	-0.0068*	-0.7661***	-0.0054*	-0.0015 ⁺	0.0003*	0.2702*	-0.0021 ⁺	0.0907 ⁺	-0.0031*	0.2613*
	(0.4034)	(0.6131)	(0.0025)	(0.4477)	(0.0013)	(0.0121)	(0.0001)	(0.0330)	(0.0016)	(0.1806)	(0.0007)	(0.0712)
R ² / R ² <i>between</i>	0.9213	0.9554	0.9774	0.9860	0.9919	0.9915	0.9995	0.9995	0.9382	0.9003	0.9861	0.9882
R ² <i>within</i>	-	0.1705	-	0.3697	-	0.2338	-	0.2852	-	0.0856	-	0.2270
p-valor (F)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	0.3317 [#]	0.3317 [#]	0.1074 [#]	0.1074 [#]	0.0130 [#]	0.0130 [#]	0.0000	0.0000	0.9717 [#]	0.9717 [#]	0.1096 [#]	0.1096 [#]
<i>Cross-Section</i>	25	25	9	9	4	4	3	3	5	5	4	4
Obs	300	300	108	108	48	48	36	36	60	60	48	48
p-valor (Hausman)	-	0.0000	-	0.0001	-	0.3240	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000
p-valor (Teste 1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0583	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	-	-	0.0000
p-valor (Teste 2)	0.0000	0.0000	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	0.0000
p-valor (Teste 3)	0.0000	0.0000	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	-	0.0000

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do Bادهpi e da Pnad.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, [#]não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; *significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%; ⁺não significante; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1- H₀: $\phi \geq 1$; H₁: $\phi < 1$; Teste 2- H₀: $\lambda \geq 1$; H₁: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H₁: $\phi + \lambda < 1$.

Tabela 5 – Estimação da Equação (9) usando a amostra 2

lnNpro (dependente)	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnHa_De	0.7081*	0.5976*	0.6869*	0.6941*	0.3199***	0.1853 ⁺	0.4371*	0.4371*	0.8629*	0.1832**	0.4016*	0.6167*
	(0.1210)	(0.1170)	(0.1272)	(0.0445)	(0.1787)	(0.5399)	(0.1436)	(0.0582)	(0.1620)	(0.0615)	(0.0840)	(0.0000)
lnE_Npro	0.1057 ⁺	0.1642**	-0.0353 ⁺	-0.0443 ⁺	0.4621**	0.1572 ⁺	0.3495**	0.3495*	-0.1994 ⁺	0.1957*	0.4488*	0.4068*
	(0.0940)	(0.0836)	(0.1458)	(0.0701)	(0.1948)	(0.1074)	(0.1500)	(0.0605)	(0.1556)	(0.0007)	(0.1197)	(0.0000)
Constante	-0.5845 ⁺	-0.1799 ⁺	0.0037 ⁺	0.0047 ⁺	0.0010 ⁺	1.0003 ⁺	0.0000 ⁺	0.0000 ⁺	0.0153 ⁺	0.2685*	-0.0010 ⁺	-0.0825*
	(0.4084)	(0.4665)	(0.0041)	(0.0085)	(0.0106)	(1.1066)	(0.0005)	(0.0003)	(0.0095)	(0.0541)	(0.0008)	(0.0000)
R ² / R ² <i>between</i>	0.7956	0.8865	0.9669	0.9925	0.9891	0.9975	0.9991	1.0000	0.9733	0.9698	0.9978	1.0000
R ² <i>within</i>	-	0.2477	-	0.1922	-	0.0631	-	0.6925	-	0.2035	-	0.9490
p-valor (F)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	(.)	0.0000	(.)
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cross-section</i>	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2	1	1
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10	5	5
p-valor (Hausman)	-	0.3026	-	0.4337	-	0.0092	-	0.9548	-	0.0000	-	0.0000
p-valor (Teste 1)	-	0.0000	-	-	0.0038	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 2)	0.0094	0.0003	0.0083	0.0000	0.0002	-	0.0001	0.0000	0.2003	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 3)	-	0.0001	-	-	0.0000	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0001	(.)

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados da Pintec.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; *significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%; ⁺ não significativo; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1- H₀: $\phi \geq 1$; H₁: $\phi < 1$; Teste 2- H₀: $\lambda \geq 1$; H₁: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H₁: $\phi + \lambda < 1$. (.) resultado não confiável em virtude dos baixos graus de liberdade.

Tabela 6 – Estimação da Equação (10) usando a amostra 3

ln Pat (dependente)	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnHa_De	0.5486*	0.1362*	0.1464***	0.0456 ⁺	0.7867*	-0.0017 ⁺	0.2475*	-0.0715*	0.0270 ⁺	-0.1496*	0.8349*	0.0509*
	(0.1620)	(0.0209)	(0.0890)	(0.0725)	(0.0976)	(0.0823)	(0.0380)	(0.0196)	(0.0462)	(0.0297)	(0.0194)	(0.0000)
lnE_Pat	0.1957 ⁺	0.0456 ⁺	0.4824*	0.7821*	0.0074 ⁺	0.7169*	0.4504*	0.9754*	0.5925*	0.9397*	-0.0185 ⁺	0.0186*
	(0.1340)	(0.0382)	(0.0647)	(0.1344)	(0.0716)	(0.1697)	(0.0297)	(0.0473)	(0.0507)	(0.0238)	(0.0251)	(0.0000)
Constante	-0.1431 ⁺	4.0449*	0.0010 ⁺	-0.3836**	-0.0044 ⁺	-0.4110 ⁺	0.0002 ⁺	-0.6215*	-0.0023***	-0.1369*	0.0040***	0.3405*
	(0.2683)	(0.3776)	(0.0008)	(0.1440)	(0.0044)	(0.3610)	(0.0003)	(0.1250)	(0.0014)	(0.0065)	(0.0024)	(0.0000)
R ² / R ² <i>between</i>	0.8071	0.8675	0.9940	0.9943	0.9972	0.9896	0.9996	0.9991	0.9950	0.9942	0.9899	1.0000
R ² <i>within</i>	-	0.1518	-	0.7344	-	0.3705	-	0.5540	-	0.9218	-	0.5965
p-valor (F)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	(.)	0.0000	(.)
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cross- section</i>	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2	1	1
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10	5	5
p-valor (Hausman)	-	0.0000	-	0.0149	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000
p-valor (Teste 1)	-	-	0.0000	0.0655	-	(.)	0.0000	0.3067	0.0000	0.0130	-	(.)
p-valor (Teste 2)	0.0035	0.0000	0.0000	-	0.0163	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 3)	-	-	0.0000	-	-	-	0.0000	0.0581	-	0.0000	-	(.)

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do Bادهpi e da Pintec.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; * significante a 1%; ** significante a 5%; *** significante a 10%; ⁺ não significativo; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1- H₀: $\phi \geq 1$; H₁: $\phi < 1$; Teste 2- H₀: $\lambda \geq 1$; H₁: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H₁: $\phi + \lambda < 1$. (.) resultado não confiável em virtude dos baixos graus de liberdade.

Tabela 7 – Estimação da Equação (12) usando a amostra 1

lnPat (dependente)	Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnDout	-0.0714** (0.0325)	0.1368+ (0.1120)	0.1907** (0.0859)	0.0134+ (0.0092)	0.3262* (0.0655)	0.0145+ (0.0174)	-0.1062** (0.0493)	0.1750+ (0.1591)	0.3655* (0.0610)	0.1678* (0.0396)
lnE_Pat	0.6909* (0.0473)	0.7143* (0.1758)	0.4031* (0.0899)	0.5800* (0.0312)	0.2938* (0.0711)	0.4064* (0.0348)	0.7613* (0.0857)	0.1036+ (0.1182)	0.0962+ (0.0822)	0.1316* (0.0448)
lnE_Pat _j	0.0058* (0.0022)	0.0000+ (0.0000)	0.0078* (0.0020)	0.0001+ (0.0007)	-0.0003* (0.0001)	0.0000+ (0.0000)	0.0029+ (0.0021)	0.0000+ (0.0000)	0.0028* (0.0007)	0.0000+ (0.0000)
Constante	-0.0507* (0.0195)	-0.7661*** (0.4484)	-0.0546* (0.0139)	-0.0020+ (0.0168)	0.0026* (0.0008)	0.2702* (0.0331)	-0.0241+ (0.0178)	0.0907+ (0.1809)	-0.0229* (0.0054)	0.2613* (0.0713)
R ² / R ² between	0.9775	0.9860	0.9920	0.9915	0.9995	0.9995	0.9383	0.9003	0.9862	0.9882
R ² within	-	0.3697	-	0.2338	-	0.2852	-	0.0856	-	0.2270
p-valor (F)	0.0000	(.)	0.0000	0.0000	0.0000	(.)	0.0000	(.)	0.0000	(.)
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	0.1074#	0.1074#	0.0130#	0.0130#	0.0000	0.0000	0.9717#	0.9717#	0.1096#	0.1096#
Cross-Section	9	9	4	4	3	3	5	5	4	4
Obs	108	108	48	48	36	36	60	60	48	48
p-valor (Hausman)	-	0.0004	-	0.6882	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0004
p-valor (Teste 1)	0.0000	0.0586	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	-	-	0.0000
p-valor (Teste 2)	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	0.0000
p-valor (Teste 3)	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	-	0.0000
p-valor (Teste 4)	0.0048	-	0.0001	-	0.9988	-	-	-	0.0000	-

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do Bادهpi e da Pnad.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; * significativa a 1%; ** significativa a 5%; *** significativa a 10%; + não significativa; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1- H₀: $\phi \geq 1$; H₁: $\phi < 1$; Teste 2- H₀: $\lambda \geq 1$; H₁: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H₁: $\phi + \lambda < 1$; Teste 4 - H₀: $\psi \leq 0$; H₁: $\psi > 0$. (.) resultado não confiável em virtude dos baixos graus de liberdade.

Tabela 8 – Estimação da Equação (13) usando a amostra 2

lnNpro (dependente)	Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnHa_De	0.6833*	0.6905*	0.3159***	0.1853 ⁺	0.4370*	0.4370*	0.7996*	0.1832**	0.4048*	0.6167*
	(0.1290)	(0.0500)	(0.1904)	(0.5443)	(0.1447)	(0.0587)	(0.1644)	(0.0620)	(0.0840)	(0.0000)
lnE_Npro	-0.0412 ⁺	-0.0532 ⁺	0.4646**	0.1572 ⁺	0.3495**	0.3495*	-0.1735 ⁺	0.1957*	0.4482*	0.4068*
	(0.1456)	(0.0913)	(0.2025)	(0.1083)	(0.1512)	(0.0609)	(0.1558)	(0.0006)	(0.1204)	(0.0000)
lnE_Npro _j	-0.0080 ⁺	-0.0102 ⁺	-0.0024 ⁺	0.0000 ⁺	-0.0000 ⁺	-0.0000 ⁺	-0.0345 ⁺	0.0000 ⁺	0.0025 ⁺	0.0000 ⁺
	(0.0090)	(0.0189)	(0.0263)	(0.0000)	(0.0009)	(0.0007)	(0.0209)	(0.0000)	(0.0020)	(0.0000)
Constante	0.0572 ⁺	0.0731 ⁺	0.0154 ⁺	1.0003 ⁺	0.0002 ⁺	0.0002 ⁺	0.2383 ⁺	0.2685*	-0.0171 ⁺	-0.0825*
	(0.0648)	(0.1366)	(0.1690)	(1.1157)	(0.0061)	(0.0045)	(0.1445)	(0.0546)	(0.0138)	(0.0000)
R ² / R ² <i>between</i>	0.9670	0.9925	0.9891	0.9975	0.9991	1.0000	0.9747	0.9698	0.9978	1.0000
R ² <i>within</i>	-	0.1932	-	0.0631	-	0.6925	-	0.2035	-	0.9490
p-valor (F)	0.0000	0.0000	0.0000	(.)	0.0000	0.0000	0.0000	(.)	0.0000	(.)
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cross- section</i>	3	3	4	4	3	3	2	2	1	1
Obs	15	15	20	20	15	15	10	10	5	5
p-valor (Hausman)	-	0.6792	-	0.0247	-	0.9930	-	0.0000	-	0.0000
p-valor (Teste 1)	-	-	0.0052	-	0.0000	(.)	-	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 2)	0.0085	0.0000	0.0003	-	0.0001	(.)	0.1137	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 3)	-	-	0.0000	-	0.0000	(.)	-	0.0000	0.0002	(.)
p-valor (Teste 4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados da Pintec.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; * significativa a 1%; ** significativa a 5%; *** significativa a 10%; ⁺ não significativa; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1 - H₀: $\phi \geq 1$; H₁: $\phi < 1$; Teste 2 - H₀: $\lambda \geq 1$; H₁: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H₁: $\phi + \lambda < 1$; Teste 4 - H₀: $\psi \leq 0$; H₁: $\psi > 0$. (.) resultado não confiável em virtude dos baixos graus de liberdade.

Tabela 9 – Estimação da Equação (14) usando a amostra 3

lnPat (dependente)	Nordeste		Sudeste		Sul		Norte		Centro-Oeste	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnHa_De	0.1464 ⁺ (0.0897)	0.0456 ⁺ (0.0731)	0.7861* (0.0978)	-0.0017 ⁺ (0.0829)	0.2474* (0.0384)	-0.0715* (0.0198)	0.0277 ⁺ (0.0464)	-0.1496* (0.0300)	0.8237* (0.0215)	0.0509* (0.0000)
lnE_Pat	0.4813* (0.0650)	0.7821* (0.1355)	0.0115 ⁺ (0.0725)	0.7169* (0.1711)	0.4502* (0.0299)	0.9754* (0.0477)	0.5974* (0.0506)	0.9397* (0.0239)	-0.0180 ⁺ (0.0250)	0.0186* (0.0000)
lnE_Pat _j	-0.0010 ⁺ (0.0008)	0.0000 ⁺ (0.0000)	0.0053 ⁺ (0.0058)	0.0000 ⁺ (0.0000)	-0.0002 ⁺ (0.0003)	0.0000 ⁺ (0.0000)	0.0034 ⁺ (0.0026)	0.0000 ⁺ (0.0000)	-0.0071 ⁺ (0.0044)	0.0000 ⁺ (0.0000)
Constante	0.0096 ⁺ (0.0082)	-0.3836** (0.1452)	-0.0442 ⁺ (0.0477)	-0.4110 ⁺ (0.3640)	0.0022 ⁺ (0.0028)	-0.6215* (0.1260)	-0.0330 ⁺ (0.0250)	-0.1369* (0.0065)	0.0670 ⁺ (0.0413)	0.3405* (0.0000)
R ² / R ² <i>between</i>	0.9940	0.9943	0.9972	0.9896	0.9996	0.9991	0.9950	0.9942	0.9900	1.0000
R ² <i>within</i>	-	0.7344	-	0.3705	-	0.5540	-	0.9218	-	0.5965
p-valor (F)	0.0000	(.)	0.0000	(.)	0.0000	(.)	0.0000	(.)	0.0000	(.)
p-valor (Teste de autocorrelação) ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cross-section</i>	9	9	4	4	3	3	5	5	4	4
Obs	108	108	48	48	36	36	60	60	48	48
p-valor (Hausman)	-	0.0491	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000	-	0.0000
p-valor (Teste 1)	0.0000	0.0670	-	0.0619	0.0000	0.3081	0.0000	0.0135	-	(.)
p-valor (Teste 2)	-	-	0.0163	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000	(.)
p-valor (Teste 3)	-	-	-	-	0.0000	0.0595	-	0.0000	-	(.)
p-valor (Teste 4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do Badepi e da Pintec.

Nota: ⁽¹⁾Teste de autocorrelação de Wooldridge – H₀: não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita H₀ ao nível de 1% de significância; *significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%; ⁺ não significante; desvios padrão robustos entre parênteses; Teste 1- H₀: $\phi \geq 1$; H1: $\phi < 1$; Teste 2- H₀: $\lambda \geq 1$; H1: $\lambda < 1$; Teste 3 - H₀: $\phi + \lambda \geq 1$; H1: $\phi + \lambda < 1$; Teste 4 - H₀: $\psi \leq 0$; H1: $\psi > 0$. (.) resultado não confiável em virtude dos baixos graus de liberdade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, estimou-se a função de produção de ideias das regiões brasileiras, a fim de estudar a importância da inovação tecnológica no desempenho regional e investigar a existência de *spillovers* de ideias na dimensão espacial.

Partindo-se da especificação da função de produção de conhecimento proposta por Jones (1995) e usando dados em painéis para os estados brasileiros, estimou-se por MQA e efeitos fixos com erros robustos o *spillover* intertemporal, ϕ , que representa a relação entre produtividade das ideias no presente e o número de ideias descobertas no passado; o efeito escala no setor de P&D, λ ; e os *spillovers* de conhecimento entre as regiões, ω .

Em geral, os resultados apontam para retornos marginais decrescentes em cada um dos fatores da função de produção de ideias, estoque de conhecimento disponível e capital humano usado no setor de pesquisa; retornos decrescentes de escala da função de produção de ideias; e não significância de *spillovers* regionais, isto é, o maior número de patentes depositadas ou de produto ou processos novos desenvolvidos por uma determinada região (*proxies* de novo conhecimento produzido) parecem não influenciar as quantidades de depósito de patentes e produtos novos lançados pelas empresas de outra região. Sendo assim, os resultados parecem validar as restrições paramétricas do modelo de Jones (1995) contra as suposições de Romer (1990).

Deste modo, como previsto por Jones (1995), políticas que pretendam estimular a produção de conhecimento conseguirão modificar o nível de produtividade, mas não surtirão efeito sobre a taxa de crescimento de longo prazo. Além disso, crescimento não ocorre com insumos constantes da função de produção de ideias.

No Brasil, alguns estudos demonstram que as políticas públicas de incentivo à inovação têm conseguido estimular os investimentos privados em P&D. Shimada (2013), por exemplo, utilizando a técnica de *matching* e de estimações com dados em painel, avaliou o impacto dos benefícios concedidos pela Lei do Bem às atividades de P&D das firmas e encontrou evidências de que os incentivos fiscais impactaram positivamente os gastos em P&D privados, rejeitando-se a hipótese de *crowding-out*. Na mesma linha, Avellar (2007), avaliando o impacto de três programas de incentivos fiscais e financeiros à P&D das empresas – Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI), Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional (ADTEN) e Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT Cooperativo) – conclui que os

programas conseguem atender os seus objetivos, isto é, estimulam um aumento dos gastos privados em atividades inovativas.

A despeito das ações empreendidas, o investimento em P&D no Brasil ainda está muito aquém dos esforços realizados pelas nações desenvolvidas.

Considerando a importância do progresso tecnológico para o desenvolvimento, é imprescindível, portanto, que as políticas no Brasil sejam direcionadas para garantir um ambiente propício à inovação. Destaca-se a importância de três ações: (1) disseminar o ensino de ciências nas escolas, a fim de explorar desde cedo o potencial criativo e inovador das crianças e jovens, implícito a isso está a necessidade de um sistema de educação público de qualidade; (2) estreitar a relação entre universidades e empresas, estimular as parcerias entre esses agentes, desburocratizar o processo de fechamento de acordos de cooperação e de divisão de direitos de propriedade intelectual; de forma que o conhecimento produzido na universidade se materialize em novos produtos e inovações para a sociedade e que a produção de conhecimento nas universidades seja também capaz de responder às demandas do mercado; e, por fim, (3) estimular o empreendedorismo, visto que progresso tecnológico é resultado das decisões dos indivíduos em desenvolver novos ou melhores produtos ou técnicas.

NOTAS

1. Valores calculados pela autora a partir de dados do IBGE.
2. A série corresponde a dados do IBGE baixados do IPEADATA referentes ao PIB Estadual a preços constantes - R\$ de 2000 (mil). As participações relativas das regiões no PIB nacional foram calculadas pela autora.
3. A Pnad coleta, anualmente, de forma permanente, informações sobre as características gerais da população, de educação, trabalho, rendimento e habitação. Com periodicidade variável, também coleta dados sobre as características de migração, fecundidade, nupcialidade, saúde, segurança alimentar, etc. (IBGE) Os micro dados das Pnad's podem ser obtidos no sítio:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2012/microdados.shtm>
4. A Pintec é a realizada pelo IBGE. O objetivo da pesquisa é construir indicadores setoriais nacionais das atividades de inovação das empresas brasileiras. A pesquisa coleta informações das empresas industriais, de telecomunicações, de atividades de informática e serviços relacionados, e de pesquisa e desenvolvimento. Indicadores regionais são construídos somente para o setor industrial. (MANUAL PINTEC, 2005) Os dados das Pintec's podem ser obtidos no sítio:
http://www.pintec.ibge.gov.br/index.php?option=com_content_extjs&view=article&id=17&Itemid=6
5. Foram excluídos os estados de Roraima e Amapá por falta de informação.
6. Os dados regionais disponibilizados pela Pintec só abrangem 13 estados: Amazonas, Pará, Ceará, Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.
7. Patente: um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente. (INPI, 2013)
8. Patente de Invenção (PI): produtos ou processos que atendam aos requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial. Tem 20 anos de validade a partir da data do depósito. (INPI, 2013)
9. Modelo de Utilidade (MU): objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação. Tem validade de 15 anos a partir da data do depósito. (INPI, 2013)
10. Certificado de Adição de Invenção (C): aperfeiçoamento ou desenvolvimento introduzido no objeto da invenção, mesmo que destituído de atividade inventiva, porém ainda dentro do mesmo conceito inventivo. (INPI, 2013)
11. Por simplicidade de notação, serão mantidas as mesmas letras gregas para os coeficientes e os termos de erros nas equações (8) a (14).

REFERÊNCIAS

AGHION, Philippe, HOWITT, Peter. A Model of Growth through Creative Destruction. **Econometrica**, v. 60, n. 2, p. 323-351, 1992

AGHION, Philippe *et al.* **Competition and Innovation: an Inverted-U Relationship**. Disponível em: <<http://www.stiy.com/MeasuringInnovation/CompetitionAndInnovationAnInvertedURelationship.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

AGHION, Philippe *et al.* Entry and Productivity Growth: Evidence from Microlevel Panel Data. **Journal of the European Economic Association**. p. 265-276. abr. 2004.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Produção Científica e Sistema Nacional de Inovação. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p.156-180, 1998.

ARROW, Kenneth J. The Economic Implications of Learning by Doing. **Review of Economic Studies**, v. 29, p. 155-173, 1962.

AUDRETSCH, David B.; FELDMAN, Maryann P. R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. **The American Economic Review**. p. 630-640. jun. 1996.

AVELLAR, Ana Paula. Impacto das Políticas de Fomento à Inovação sobre o Gasto em Atividades Inovativas e em Atividades de P&D das Empresas. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia – ANPEC**, 2007.

AZZONI, Carlos Roberto. Economic Growth and Regional Income Inequality in Brazil. **The Annals of Regional Science**, v. 35, n. 1, p.133-152, Springer, 2001.

BARRO, Robert J.; SALA-I-MARTIN, Xavier. **Economic Growth**. 2. ed. Londres: MIT Press, 2004. 654 p.

BECKER, Bettina. **The Determinants of R&D Investment: A Survey of the Empirical Research**. Disponível em: <http://www.lboro.ac.uk/departments/sbe/RePEc/lbo/lbowps/Becker_09.pdf>. Acesso em: 29 out. 2013.

BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

DOMBI, Akos. **Scale Effects in Idea-Based Growth Models: a Critical Survey**. Discussion Paper n. 60. Università di Pisa, 2006.

FLEISCHHAUER, Kai-Joseph. **A Review of Human Capital Theory: Microeconomics**. University of St. Gallen, Discussion Paper n. 01, 2007.

GALEANO, Edileuza Aparecida Vital; WANDERLEY, Lívio Andrade. Produtividade Industrial do Trabalho e Intensidade Tecnológica nas Regiões do Brasil: Uma Análise Regional e Setorial para o Período 1996-2007. **Planejamento e Políticas Públicas** n. 40, jun. 2013.

GONDIM, João Luis Brasil; BARRETO, Flávio Ataliba; CARVALHO, José Raimundo. Condicionantes de Clubes de Convergência no Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 1, p.71-100, jan. 2007.

GORG, Holger; STROBL, Eric. The Effect of R&D Subsidies on Private R&D. **Economica**, S, v. 74, n. 294, p.215-234, maio 2007.

GREENE, William H. **Econometric Analysis**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

GRILICHES, Zvi. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. In: GRILICHES, Zvi. **R&D and Productivity: The Econometric Evidence**. University Of Chicago Press, 1998. Cap. 13. p. 287-343.

GROSSMAN, Gene M.; HELPMAN, Elhanan. **Innovation and Growth in the Global Economy**. Cambridge: MIT Press, 1991.

JONES, Charles I. R&D Based Models of Economic Growth. **Journal of Political Economy**, v.103, p. 739-784, 1995.

_____. **Growth and Ideas**. Working Paper 10767, National Bureau of Economic Research, September, 2004.

_____. **Introdução à teoria do Crescimento Econômico**. São Paulo: Campos, 2000.

KELLER, Wolfgang. Trade and the Transmission of Tecnology. **Journal of Economic Growth**, p. 5-24. 2002.

LALL, Somik V.; SHALIZI, Zmarak. Location and Growth in the Brazilian Northeast. **Journal of Regional Science**, v. 43, n. 4, p.663-661, 2003.

LUCAS, R. On the Mecanics of Economic Development. **Journal of Monetary Economics**, v.22, n.1, p. 3-42, 1988.

_____. Ideas and Growth. Working Paper 24 p., University of Chicago, June, 2008.

LUINTEL, Kul B; KHAN, Mosahid. **Heterogeneous Ideas Production and Endogenous Growth: An Empirical Investigation**. Working Paper No. E2008/29. Cardiff Business School, December, 2008.

_____. Ideas Production in Emerging Economies. Working Paper No. E2012/6. Cardiff Business School, March, 2012.

MARÉ, C. David. **Ideas for Growth?** Working Paper 03-19. Motu Economic and Public Policy Research, July, 2003.

MOSSI, Mariano Bosch *et al.* **Growth Dynamics and Space in Brazil**. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwrse/ersa02p499.html>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

PENNA, Christiano; LINHARES, Fabrício. Convergência e Formação de Clubes no Brasil sob a Hipótese de Heterogeneidade no Desenvolvimento Tecnológico. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 4, p.781-796, out. 2009.

PESSOA, Argentino. Ideas-Driven Growth: The OECD Evidence. **Portuguese Economic Journal**, v. 4, n.1, p. 46-67, 2005.

PESSÔA, Samuel de Abreu. Existe um Problema de Desigualdade Regional no Brasil? **Anais do XXIX Encontro Nacional de Economia – ANPEC**, 2001.

PIACENTE, Fabrício José; DIAS, Wagner de Almeida. **Sistema Nacional de Inovação: marco institucional e regulatório brasileiro**. VIII Workshop de Pós-graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza, São Paulo, out. 2013.

PORTER, Michael E.; STERN, Scott. Measuring the “Ideas” Production Function: Evidence from International Patent Output. **NBER Working Paper**, n. 7891, 2000.

REBELO, Sergio. Long-Run Policy Growth Analysis and Long-Run Growth. **Journal of Political Economy**, v.99, n.3, june, p.500-521, 1991.

ROMER, Paul M. Increasing Returns and Long-Run Growth. **Journal of Political Economy**, v. 94 n. 5, p. 1002-1037, 1986.

_____. Endogenous Technological Change. **Journal of Political Economy**, v. 98 p. S71-S102, 1990.

SANTOS, César; FERREIRA, Pedro Cavalcanti. **Migração e Distribuição Regional de Renda no Brasil**. Disponível em:

<http://scholar.google.com.br/scholar?cluster=17261675715714904639&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#>. Acesso em: 10 nov. 2013.

SCHETTINI, Daniela; AZZONI, Carlos R.. Diferenciais Regionais de Competitividade Industrial do Brasil no Século 21. **Economia**, Brasília, v. 14, n. 1, p.361-387, maio 2013.

SHIMADA, Edson. **Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D: Uma análise com dados em painel**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

SCHULTZ, T.W. Investment in Human Capital. **American Economic Review**, v.51, n.5, p.1035-1039, 1961.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à Econometria: Uma Abordagem Moderna**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

YING, Long Gen. The Shape of Ideas Production Function in Transition and Developing Economies: Evidence from China. **International Regional Science Review**, v. 31, n. 2, p.185-206, abr. 2008.