

## FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DE IDEIAS E CRESCIMENTO NO BRASIL E SUAS REGIÕES

LEILYANNE VIANA NOGUEIRA \*  
RONALDO DE ALBUQUERQUE E ARRAES †

### Resumo

Propõe-se estimar funções de produção de ideias e testar a importância de *spillovers* regionais, baseado em proposições teóricas divergentes. Formula-se tal função e aplicam-se métodos de estimação com correções de erro para contornar heterogeneidades comuns em painéis. Observou-se que estoque de conhecimento contribui positivamente para produção de ideias e rejeitou-se a hipótese de fortes *spillovers* intertemporais. Ademais, a elasticidade da produção de conhecimento com respeito ao capital humano foi significativa, positiva e menor que um. A hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes também foi rejeitada. O efeito do estoque de conhecimento da vizinhança sobre o desempenho tecnológico foi significativo e positivo na função de produção do Brasil. Entretanto, não houve resultado convergente nas funções regionais.

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

### Abstract

It is proposed the estimation of ideas production functions, and to test the relevance of regional spillovers relying on divergent theoretical propositions. The functions are estimated by methods that consider error term corrections to overcome heterogeneities in the panel data. It was observed that stock of knowledge contributes positively to production of ideas, and the assumption of strong intertemporal spillovers was rejected. The elasticity related to produce knowledge to human capital was significant, positive and less than unity. The assumption of constant or increasing returns to scale was also rejected. The effect of neighborhood knowledge stock on the technological performance was significant and positive in the production function of Brazil. However, there was no convergent result in regional functions.

**Keywords:** Economic Growth, Technological Innovation, Production Function of Ideas.

**JEL classification:** O3, O40, O38

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.11606/1413-8050/ea135751>

\* Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Economia (CAEN) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: leilyviana@hotmail.com.

† Professor do Curso de Pós-Graduação em Economia (CAEN) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: ronald@ufc.br.

## 1 Introdução

Por que existem hiatos acentuados do padrão de vida entre determinados países, ou mesmo entre regiões de um país? Como destacam Barro & 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, podendo gerar retornos crescentes de escala. 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. Por um lado, Romer assume 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. Dessa 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 necessárias, visto que podem influenciar a taxa de crescimento de longo prazo.

Por outro lado, Jones atesta que 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 ideias. Tal função é linear nos seus insumos como preconiza Romer (1990) ou côncava como defende Jones (1995)? Nesse 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 artigo 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, isto é, pretende-se averiguar se o estoque de conheci-

mento acumulado nas vizinhanças de um estado importa para o seu desempenho inovador.

A despeito das políticas de desenvolvimento regional implantadas desde a década de 50 nas regiões menos dinâmicas do Brasil, as desigualdades regionais ainda persistem. Em 1980, Sudeste e Sul produziam 79,79% do PIB brasileiro e, em 2011, esse percentual cai para 71,63%; enquanto que a região Nordeste, com cerca de 30% da população brasileira, aumentou sua participação no PIB de 9,10% em 1980 para 13,40% em 2011.

Conforme dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), há também uma acentuada concentração de geração de conhecimento nas regiões Sudeste e Sul. Ao longo de 2000 a 2012, em média, 62,22% de todas as patentes depositadas por via direta neste Instituto foram provenientes da região Sudeste; 26,04% do Sul; 5,62% do Nordeste; 4,21% do Centro-Oeste e 1,23% do Norte. Nesse mesmo período, o número médio de patentes depositadas por ano no INPI foi de 24.514. A trajetória de depósito de patentes foi crescente, registrando uma variação positiva de 63% no período analisado. Além disso, em média, 21% dos depositantes são residentes. A participação dos residentes, entretanto, decresceu cerca de 26% na série analisada. A razão média entre concessão e depósito é de somente 15%.

Com relação ao Sistema Nacional de Inovação (SNI), cabe destacar que, segundo Freeman (1988) *apud* Albuquerque (1998), trata-se de 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. Albuquerque (1998) complementa ao afirmar que o SNI brasileiro não é uma instituição madura, pois 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, uma vez que ainda há muito a ser desenvolvido pelo SNI, além da necessidade de proposição de políticas que reduzam as desigualdades regionais. Para a consecução do que se propõe analisar, utilizam-se três painéis de dados dos quais se estimam funções de produção de ideias do Brasil e de suas cinco regiões por métodos de estimação apropriados que incorporam correções de erro a fim de contornar heterogeneidades 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 artigo contempla mais quatro seções. Na segunda seção, são expostos os aspectos teóricos e as evidências empíricas relacionadas ao tema. A terceira seção apresenta a metodologia que explicita as hipóteses teóricas a serem testadas nos modelos econométricos, a base de dados, as *proxies* para conhecimento e capital humano e a análise descritiva dos dados. Os resultados são discutidos na quarta seção, seguida das considerações finais.

## 2 Crescimento e inovação: 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. 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, notadamente por meio dos trabalhos de Romer (1986) e Lucas (1988). (Barro & Sala-i Martin 2004)

O princípio teórico desenvolvido por Romer (1986) se baseia na formulação de 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 segundo difunde esse conhecimento para a economia como um todo, possibilitando os rendimentos crescentes. Sendo assim, o crescimento de longo prazo proposto nesse modelo é conduzido, principalmente, através da acumulação de conhecimento, daí, o foco central consiste em entender o conhecimento como forma básica de capital. Destaca-se ainda que o modelo de crescimento em tempo discreto estabelece uma tecnologia linear simples de pesquisa.

Deve-se salientar que a ideia do *learning by doing* foi inicialmente abordada por Arrow (1962) que, ao 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. Já para Lucas (1988), a produção de conhecimento é gerada, não pelo capital físico, mas, pela acumulação de capital humano, que implica em dois efeitos: interno, sobre a produtividade do indivíduo; e 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.

Romer (1990), Grossman & Helpman (1991) e Aghion & Howitt (1992), por sua vez, argumentam que 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 propostos por ele 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. Assim, as diferenças nas políticas governamentais explicam, 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 sim, 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 & Howitt (1992), inovações verticais, geradas num setor de pesquisa competitivo, constituem a fonte de crescimento econômico. As rendas de monopólio, garantidas pela obtenção de patentes, motivam os pesquisadores a investirem no melhoramento da qualidade dos produtos. Destaca-se que 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 & 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.

Como destaca Pessoa (2005), os modelos de crescimento endógeno consideram investimento na produção de conhecimento o motor do crescimento de longo prazo devido a duas características das ideias: a não-rivalidade – uma ideia pode ser usada simultaneamente e sem custos em diferentes processos ou por diferentes indivíduos; realimentação acumulativa – uma ideia pode servir de inspiração para descoberta de outras. Neste tocante, vale mencionar um modelo estendido de crescimento endógeno proposto por Vandembussche et al. (2006) para capturar os efeitos dessas características dentro do setor de inovação. Ao estabelecerem uma distinção entre as atividades de inovação e de imitação, e incorporar no seu modelo o fato importante de que a inovação requer mais capital humano (educação) do que a imitação, eles mostram que o investimento no ensino superior aumenta o crescimento da produtividade quanto mais perto a economia estiver da fronteira tecnológica mundial.

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). Desse modo, é imprescindível estabelecer 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) versus Jones (1995)

No modelo de Romer (1990), três premissas são fundamentais: mudança tecnológica fornece os incentivos para uma acumulação de capital contínua e ambas explicam substancial 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 monopolista e 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,  $\delta A$  – essa taxa é função da quantidade de conhecimento na economia. Sendo assim, a equação de acumulação de conhecimento segue a seguinte especificação:

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

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

Romer destaca que duas suposições importantes estão incorporadas à Equação (1): destinar mais capital humano à pesquisa resulta numa maior taxa de produção de tecnologia como também 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 também que o custo de desenvolver uma nova ideia diminui à medida que a sociedade acumula conhecimento.

Há ainda duas suposições na 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 nessa equação a linearidade fosse substituída por uma função côncava de  $A$ , ou seja, se a produtividade marginal de  $H_A$  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 & Helpman (1991), Aghion & Howitt (1992) – são inconsistentes com a evidência de séries temporais das economias industrializadas. Os dados mostram que o número de cientistas e pesquisadores trabalhando em P&D nos países desenvolvidos aumentou substancialmente 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 – portanto, a taxa de crescimento de estado estacionário da economia – e a quantidade absoluta de capital humano engajada no setor 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 teórica.

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

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

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 prontamente descobertas 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  $\phi$  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 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) 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 que os cálculos são 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 tanto, basta reescrever a Equação (2), relativizando-a por  $A$ , como segue:

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

Nessa trajetória de crescimento equilibrado, a taxa de crescimento do conhecimento é constante e igual à Equação (4) abaixo. Isso é consistente com uma quantidade crescente de capital humano destinado à P&D desde que  $H_A^\lambda$  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:

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

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  $\phi$  e  $\lambda$ , que determinam, respectivamente, os retornos externos e de escala no setor de P&D. Note ainda que o 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).

Para Jones, a intuição é que crescimento econômico está diretamente relacionado ao crescimento da produtividade, que por sua vez depende 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 & 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 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 & 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 absorção de 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 & 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 maiores ou iguais a um.

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 ideias e de *spillovers* positivos de conhecimento estrangeiro na produção de novas ideias na China. Para estimar a função de produção de ideias, o autor mede o número de novas ideias e o estoque de ideias relevantes comercialmente a partir dos pedidos de patentes registrados no país.

É importante destacar uma questão metodológica referente à aferição de *proxies* utilizadas nas funções de produção. Para medir o número de trabalhadores que criam ideias economicamente relevantes, Pessoa (2005) utiliza o número de pesquisadores de tempo integral da OCDE. O autor salienta as deficiências dessa *proxy*, que exclui esforços de firmas pequenas ou resolução de problemas em 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.

A *proxy* utilizada por Pessoa (2005) para o estoque de ideias é o número de patentes de modelo de utilidade concedidas pelos EUA aos residentes nos países da OCDE. Para ele, 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 o patenteamento e que a fração é constante entre as economias.

As *proxies* para estoque de ideias e capital humano utilizadas neste artigo, dadas as restrições de disponibilidade de dados, seguirão a tendência dos es-

tudos 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. Ao realizar um *survey* sobre a relação entre capital humano e crescimento, o autor considera capital humano como qualquer forma de conhecimento aprendido, habilidade, ideias ou educação, que podem gerar um fluxo de benefícios futuros para o indivíduo. Esse tipo de pesquisa esclarece, de forma precisa e sucinta, três pontos importantes que merecem destaque na discussão do presente trabalho:

- (a) Como as ideias podem elevar o nível de produto?
- (b) Quais as implicações das externalidades geradas pelas ideias?
- (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 fortes o bastante, 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. Dessa 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, isto é, o grau das complementaridades 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 estoques de capital físico e capital humano, *spillovers* de variedade de produtos.

## 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 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. A Tabela 1 apresenta algumas informações adicionais sobre capital humano na concepção de diversos autores.

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. A partir de um levantamento de uma série de trabalhos empíricos que investigam os determinantes do investimento em P&D, a autora afirma que a maioria dos artigos sugere que medidas de finanças internas, 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. (2004) 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 & 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.

## 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.

**Tabela 1:** Capital humano

Autores	Entendimentos sobre Capital Humano
Goode (1959)	Pode ser definido como conhecimento, habilidades, atitudes, aptidões e outras características adquiridas que contribuem para a produção.
Blundell et al. (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)	Propõe a diferenciação entre capital humano geral e 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 dos autores a partir de Fleischhauer (2007).

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 & 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 & 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 (2013), os resultados sugerem que estados com vizinhos mais ricos tiveram maiores chances de prosperar. Schettini & Azzoni (2013) concluem que, para a indústria brasileira, a probabilidade de a vizinhança estimular a eficiência de uma região é maior que as chances de reduzi-la.

Em vista disso, cabe verificar se o desenvolvimento do setor de P&D de uma região ou de uma dada vizinhança gera externalidades sobre a produção de conhecimento de outra. Sendo assim, outro objetivo deste artigo é investigar a presença de 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 & Ferreira (2013), 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 & 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 (2013) 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 et al. (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 & Linhares (2009) também verificam a existência de formação de dois clubes de convergência no Brasil.

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 & 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

Blanchard (2011) destaca que 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 apropriação 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 os Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial e de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário, que vigoraram entre 1993 e 2006, criados com o objetivo de conceder incentivos fiscais para dispêndios em P&D e capacitação tecnológica. A concepção 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; 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.

A despeito dessas ações, o investimento em P&D no Brasil ainda está muito aquém dos esforços empreendidos nos países desenvolvidos. Segundo dados da OCDE, em 2011, os gastos domésticos brutos em P&D como proporção do PIB foram de 3,38% no Japão; 2,89%, na Alemanha; e 4,04%, na Coreia. Esses três países foram responsáveis por 54% dos pedidos de registro de patentes feitos por residentes em países estrangeiros ao United States Patent and Trademark Office (USPTO) em 2011. Além disso, 59% das patentes concedidas a estrangeiros pelo USPTO, em 2011, foram para esses três países. Destacam-se também os investimentos em P&D como percentual do PIB em Israel, 3,97%, nos EUA, 2,76%, na França, 2,25%, no Reino Unido, 1,78%, e no Canadá, 1,74%. Nesses países, os dispêndios em P&D são principalmente do setor privado.

No Brasil, a maior parte do investimento é realizada pelo setor público. Em 2011, conforme dados do MCTI, o dispêndio nacional em C&T correspondeu a 1,65% do PIB. Nesse caso, C&T compreende 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%. Além disso, a maior parte dos pesquisadores está empregada nas universidades ou institutos de pesquisa, e não nas empresas. Entre 2000 e 2011, os dispêndios em C&T como proporção do PIB cresceram 23%, resultado tanto do crescimento

dos investimentos do setor privado, cujos gastos cresceram 30%, como do aumento em 16% dos dispêndios públicos.

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.

Galeano & Wanderley (2013) complementam esse diagnóstico e, em uma 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. Nesse 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.

### **3 Metodologia**

#### **3.1 Base de dados**

Em virtude da escassez de dados disponíveis com respeito às atividades de inovação no Brasil, a consecução empírica deste estudo não pôde ser conduzida em sua plenitude idealizada, a fim de prover maior robustez nas conclusões. Referente às restrições impostas, as séries temporais se estendem por no máximo 13 anos, e muitas das variáveis de interesse não estão desagregadas por estado.

Diante das fontes disponíveis no país, os dados utilizados são oriundos de diversas instituições. Inicialmente, o Banco de Dados Estatísticos de Propriedade Intelectual (BADEPI) do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), que disponibiliza informações sobre depósitos e concessões de patentes por tipo, origem, país, estado e campo tecnológico para o período de 2000 a 2012.

Uma segunda fonte de dados utilizada foi a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Há disponíveis cinco publicações dessa pesquisa para os anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011. Destaca-se que indicadores regionais só estão disponíveis para o setor industrial e dados estaduais somente para 13 estados brasileiros (Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo).

Existem também os indicadores fornecidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que são divididos em categorias tais como recursos aplicados, recursos humanos, bolsas de formação, produção científica, entre outros. Na categoria recursos humanos, são disponibilizados dados de pesquisadores e pessoal de apoio envolvidos em P&D, por setor institucional, por nível de escolaridade, em equivalência de tempo integral, para o Brasil no período de 2000 a 2010. Há ainda dados do total de bolsas de pós-graduação concedidas no Brasil, por área e por modalidade, para o período de 1995 a 2012. É

importante ressaltar que essas informações não estão disponíveis para o nível de estados, o que limitou a escolha das *proxies* de capital humano utilizadas neste estudo. Para tanto, buscou-se informações do quantitativo de pessoas que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado na Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (PNAD) para o período de 2001 a 2012.

Em nível estadual, em 2011, foi lançada a Rede de Indicadores Estaduais de Ciência, Tecnologia e Inovação, que é um compromisso firmado entre o MCTI e as secretarias estaduais de ciência e tecnologia, a fim de produzir indicadores das áreas de ciências e inovação específicos das regiões e das unidades da federação. Essa iniciativa surgiu do reconhecimento da deficiência de informações sobre as atividades de ciência e tecnologia nos estados brasileiros. Foram publicadas duas edições desses indicadores estaduais em 2011 e 2012, que apresentam dados sobre recursos aplicados, patentes, bolsas de formação e produção científica e técnica em séries temporais de 1999 a 2012. Este estudo não extraiu muita informação adicional desse banco de dados.

Reconhecendo que quanto mais longa a série de dados, mais robustez se obteria dos resultados, buscou-se maximizar o tamanho da amostra com base na disponibilidade contida nas fontes alternativas de informações existentes no País. Embora o lema de Griliches (1986) aponte que quanto mais se tenha de um conjunto de dados econômicos, mais se demande dele, o pesquisador há que reconhecer também suas eventuais limitações. Nesse sentido, e tendo em vista a limitação de informações disponíveis, organizou-se o conjunto de dados de modo a formatar três painéis: o primeiro foi construído a partir de dados do BADEPI e das PNAD's e contém informações sobre o número de patentes depositadas por residentes e o número de pessoas que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado para 24 estados brasileiros<sup>1</sup> mais o Distrito Federal no período de 2001 a 2012; o segundo painel é formado por observações de 13 estados brasileiros para os anos de 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011 obtidas nas PINTEC's e contém informações sobre a quantidade de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional e a quantidade de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial; e o terceiro painel é constituído com informações sobre o número de patentes depositadas por residentes e o número de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial de 13 estados brasileiros para os anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011, obtidas no BADEPI e nas PINTEC's. Uma descrição mais detalhada das variáveis utilizadas é apresentada a seguir.

### 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. Como há deficiência desse tipo de informação no Brasil em nível estadual, os dados disponíveis só permitiram construir as seguintes *proxies* para capital humano: (1) quantidade de indivíduos que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado, *Dout*; (2) número de pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial, *Ha\_De*. *Dout* é uma *proxy*

---

<sup>1</sup>Para algumas variáveis, não havia informação disponível para Amapá e Roraima, por isso, esses estados foram excluídos da amostra.



para capital humano que apresenta algumas limitações, entretanto, dada a indisponibilidade de dados, é um indicador julgado plausível 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) aplica em seu estudo para a China, considera-se o número de patentes depositadas no INPI, e não no escritório de patentes dos EUA, pois os pedidos brasileiros ao escritório norte americano ainda são pouco representativos, o que poderia causar mais dano estatístico à análise econométrica. Segundo dados da USPTO, em 2013, os pedidos de depósito de patentes do Brasil ao escritório americano representaram somente 0,28% do total de pedidos de depósitos por residentes de países estrangeiros e, além disso, apenas 0,18% do total de patentes concedidas foram para brasileiros.

De acordo com o Relatório de 2014 da USPTO, o Brasil solicitou somente 829 pedidos de patentes em 2013, e obteve 265 concessões. Quando se compara o desempenho brasileiro ao dos outros países integrantes do grupo BRICS, é evidente a reduzida participação brasileira na produção de inovação tecnológica, uma vez que as relações solicitação/concessão de patentes em 2013 foram as seguintes: China, 15.496/6.181; Índia, 6.411/2.222; Rússia, 1.001/409; África do Sul, 463/179.

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, uma vez que o período entre pedido e concessão pode ser muito longo e variar temporalmente. Para o caso do Brasil, conforme estimativa do INPI, o prazo médio para análise de patentes era de 11,6 anos em 2006, reduzindo para 5,4 anos em 2011. Além disso, segundo dados desse Instituto, a razão média entre patentes concedidas e depósitos de patentes de residentes é 0,09 para o período 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, aceita-se que o processo de patenteamento é dispendioso o bastante para evitar tal fato.

Seguindo Pessoa (2005), o estoque de ideias é calculado conforme segue:

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

Onde,  $A_{jt}$  é o estoque de ideias;  $P_{j,t-1}$ , o número de patentes depositadas (ou o número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional);  $j$  e  $t$  referem-se ao estado e ao ano, respectivamente.

O estoque de ideias inicial,  $A_{j0}$ , é dado por:

$$A_{j0} = \frac{P_{j0}}{g_j} \quad (6)$$

Onde,  $P_{j0}$  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  $j$  no primeiro ano em que os dados estão disponíveis, conforme bases de dados descritas anteriormente; e  $g_j$ , a taxa de crescimento anual média da contagem de depósitos de patentes do estado  $j$  no período analisado. As variáveis utilizadas nas estimações estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Variáveis, definições e fontes

Variáveis	Definições	Fontes
$Pat$	Número de patentes depositadas por residentes por via direta no INPI, inclui Patente de Invenção (PI), Modelo de Utilidade (MU) e Certificado de Adição de Invenção (C).	BADEPI
$Npro$	Número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional <sup>2</sup> .	PINTEC
$E\_Pat$	Estoque de patentes depositadas. Calculado conforme Pessoa (2005).	-
$E\_Npro$	Estoque do número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional. Calculado conforme Pessoa (2005).	-
$Dout$	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, que implementaram produto ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado.	PINTEC
$E\_Pat\_j$	Estoque de patentes depositadas pelos estados vizinhos do estado $j$ .	-
$E\_Npro\_j$	Estoque do número de empresas, que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional, instaladas nos estados vizinhos do estado $j$ .	-

Fonte: Elaboração dos autores.

<sup>2</sup> Os dados de  $Npro$  e  $Ha\_De$  se referem ao período que compreende o ano de cada PINTEC (2000, 2003, 2005, 2008, 2011) mais os dois anos anteriores a cada pesquisa. Por exemplo, o número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional apresentado na PINTEC de 2000 se refere aos anos de 1998, 1999 e 2000.

### 3.3 Modelos econométricos

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) linearizada, conforme a Equação (7):

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

A variável dependente,  $\ln \dot{A}_{jt}$ , representa o novo conhecimento produzido;  $H_{A_{jt}}$  é a quantidade de capital humano utilizada no setor de pesquisa, produtor de ideias;  $A_{jt}$  é o estoque de conhecimento;  $j$  e  $t$  referem-se ao estado e ao ano, respectivamente.

Conforme *proxies* descritas na seção anterior e, com base na Equação (7), especificam-se as seguintes equações<sup>2</sup>:

<sup>2</sup>Por simplicidade de notação, serão mantidas as mesmas letras gregas para os coeficientes e os termos de erros nas equações (8) a (14).

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

$$\ln Npro_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha\_De_{jt} + \phi \ln E\_Npro_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (9)$$

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha\_De_{jt} + \phi \ln E\_Pat_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (10)$$

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

As equações acima são estimadas, primeiramente, por mínimos quadrados ordinários agrupados contornando problemas de heterocedasticidade, que são comuns em amostras dessa natureza. Em seguida, os dados para estimação são arranjados em painel, uma vez que provêm mais informações, mais variabilidade, menos colinearidade entre as variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência, em que se aplica o teste de Hausman para identificar qual a especificação mais apropriada: efeitos fixos ou 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).

Cabe enfatizar que as análises aqui conduzidas estão sujeitas à restrição do tamanho amostral utilizado, face à disponibilidade de dados, o que impede maior robustez nas estimativas dos coeficientes. Como resultado, pode ocorrer, ampliação nos intervalos de confiança e insignificância estatística dos coeficientes. (Gujarati 2006, Wooldridge 2012)

Utilizando o Painel 1, descrito na seção sobre a base de dados, a função de produção de conhecimento do Brasil é estimada com 300 observações. Na estimação das funções regionais, o número de observações varia de 36 (Região Sul) a 108 (Região Nordeste). Os casos mais sensíveis a problemas de pequeno tamanho da amostra são os apresentados pelas funções estimadas a partir dos Painéis 2 e 3, que têm no máximo 65 observações. Os autores reconhecem a limitação imposta pelos dados e, por isso, tentam tirar conclusões bastante moderadas dos dados.

Quando possível, são feitos testes de restrição linear sobre o parâmetro de interesse,  $\phi$ , 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  $H_1 : \phi < 1$ . Além disso, conduzem-se testes para verificarmos retornos de escala da função de produção ( $H_0 : \phi + \lambda \geq 1$ ), bem como sobre o efeito de um aumento do capital humano na produção de conhecimento ( $H_0 : \lambda \geq 1$ ).

Há interesse também em estudar se a produção de conhecimento de um estado sofre alguma influência do estoque de conhecimento acumulado pelos estados vizinhos. Para tanto, estimam-se as funções de produção de ideias regionais, conforme especificação abaixo<sup>3</sup>:

<sup>3</sup>Essa especificação fundamentou-se em Porter & Stern (2000), que estudando a função de produção de ideias num contexto internacional, propuseram uma forma funcional para a produção de ideias que incorpora fontes doméstica e internacional de conhecimento. A função de

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

Onde  $A_{-j}$  representa o estoque de ideias acumulado pelos estados vizinhos do estado  $j$ .

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

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

$$\ln Npro_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha\_De_{jt} + \phi \ln E\_Npro_{jt} + \omega \ln E\_Npro_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (13)$$

$$\ln Pat_{jt} = \ln \delta + \lambda \ln Ha\_De_{jt} + \phi \ln E\_Pat_{jt} + \omega \ln E\_Pat_{-jt} + \varepsilon_{jt} \quad (14)$$

A partir dos dados disponíveis, mesmo reconhecendo a limitação do conjunto de informação, busca-se verificar se existe algum indício de que a produção de novo conhecimento de um determinado estado é facilitada pelo crescimento do estoque de conhecimento dos estados da sua vizinhança. Em outras palavras, o estoque de conhecimento acumulado na vizinhança de um estado importa para o desempenho de inovação desse estado? Para investigar se existe esse efeito e qual a sua direção, conduz-se o seguinte teste de restrição linear:  $H_0 : \omega \leq 0$ .

### 3.4 Análise descritiva

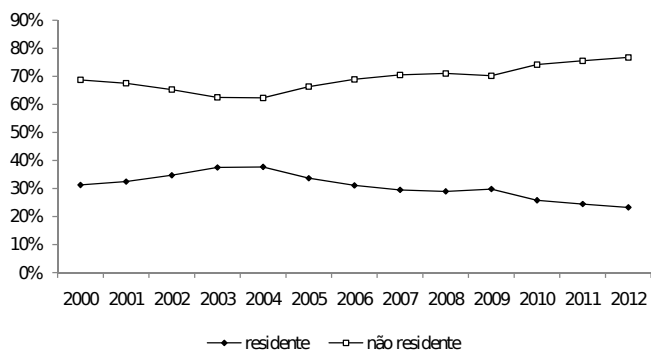
Entre 2000 e 2012, em média, 30,8% das patentes depositadas no INPI foram de residentes. Na série analisada, observa-se ainda crescimento da predominância de depósitos de patentes de não residentes, o percentual variou de 68,7% em 2000 para 76,7% em 2012. A evolução da participação entre residentes e não residentes no total de patentes depositadas no INPI pode ser observada na Figura 1. Os dados também revelam que os depósitos de residentes originam-se, principalmente, das regiões Sudeste e Sul (em média, 88,3%). Na Figura 2, ficam evidentes a superioridade das regiões SE e S no depósito de patentes e a relativa estabilidade na participação das regiões quanto ao total de pedidos de patentes.

A média anual do número de patentes depositadas no INPI por residentes no período de 2000 a 2012, apresentada na Tabela 3, é de 7340,9. A maior concentração de produção de conhecimento nas regiões Sudeste e Sul do País é expressa pelas altas médias anuais de depósitos de patentes relativamente às médias das outras três regiões. Em relação à média da região Sudeste, a média anual de depósitos de patentes do Nordeste corresponde a somente 9,07%; a do Centro-Oeste, a 6,78%; e a do Norte, a 1,99%.

É importante ressaltar que a liderança da região Sudeste no depósito de patentes é garantida, principalmente, pelo desempenho do estado de São Paulo, uma vez que entre 2000 e 2012, em média, 44% das patentes de residentes depositadas no INPI originaram-se desse estado. Além disso, o depósito anual

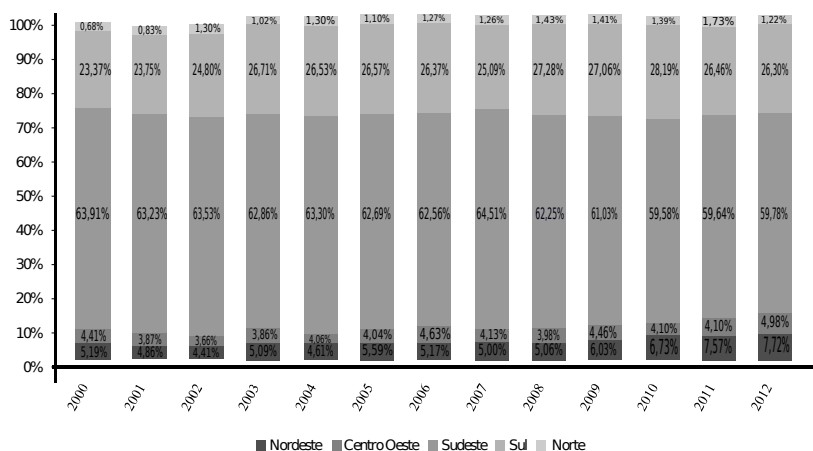
---

produção de ideias nacional para o país  $j$  é dada por:  $\dot{A}_{jt} = \delta H_A^\lambda A_j^\phi A_{-j}^\psi$ ; onde  $A_j$  é o estoque de ideias nativa do país  $j$ ; e  $A_{-j}$  é o estoque de ideias descobertas em outros países, mas ainda não difundidas no país  $j$ .



Elaboração dos autores a partir dos dados do BADEPI.

**Figura 1:** Participação no total de depósitos de patentes no INPI



Elaboração dos autores a partir dos dados do BADEPI.

**Figura 2:** Participação nos depósitos de patentes de residentes no INPI, por região

**Tabela 3:** Estatísticas descritivas da produção de ideias

Regiões	Pat					Npro				
	Média	D.P.	Min.	Máx.	Obs.	Média	D.P.	Min.	Máx.	Obs.
Brasil	7340,9	383,3	6440,0	7726,0	13	5192,5	1422,5	3320,0	6746,5	5
Nordeste	413,9	91,6	311,0	593,0	13	279,1	96,5	148,4	391,6	5
Sudeste	4564,8	211,0	4116,0	4863,0	13	3169,9	864,2	1855,9	4055,3	5
Sul	1914,9	182,5	1505,0	2103,0	13	1461,2	445,4	1138,4	2131,9	5
Norte	90,8	22,9	44,0	134,0	13	130,8	35,8	78,8	172,0	5
Centro-Oeste	309,5	34,9	258,0	383,0	13	151,6	120,4	46,5	329,2	5

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

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do BADEPI e PINTEC.

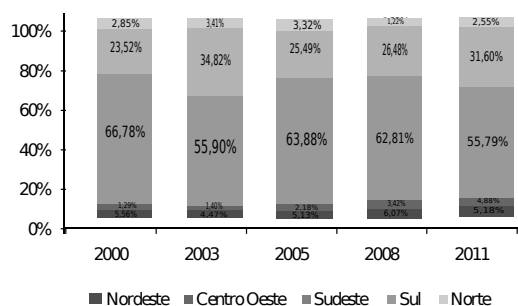
médio de patentes de São Paulo foi 1,4 vezes superior à média anual da soma de depósitos de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. No *ranking* de depósitos de patentes, os cinco estados com maiores médias anuais foram São Paulo (3221,1), Rio Grande do Sul (702,2), Paraná (658,9), Minas Gerais (643,8) e Rio de Janeiro (593,5). Na parte inferior do *ranking*, estão Amapá (1,7), Acre (2,5), Roraima (3,2), Tocantins (5,9) e Rondônia (10,8). O estado nordestino com melhor desempenho, na 71ª posição, é a Bahia, com média anual de 130 depósitos de patentes. A liderança do Sudeste no total de pedidos de patentes se justifica porque é a região com o maior parque industrial do Brasil e que concentra os setores industriais mais intensivos em tecnologia. Ademais, de acordo com dados apresentados em Schettini & 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.

Quanto ao estoque de depósitos de patentes usado como *proxy* do estoque de conhecimento acumulado, e calculado de acordo com Pessoa (2005), os quatro maiores estoques pertencem aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul. Na parte inferior do *ranking*, estão Acre, Tocantins, Rondônia e Piauí. Além disso, os estados que têm vizinhanças com maiores estoques de patentes depositadas são Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Paraná. Por outro lado, os estoques de patentes depositadas pelos estados vizinhos do Acre, Maranhão, Rondônia e Amazonas são os menores do *ranking*.

Em relação à outra *proxy* de novo conhecimento produzido, número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional, confirma-se esse cenário de produção de conhecimento desigual entre as regiões. Conforme dados das PINTEC's de 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011, apresentados na Tabela 3, em média, no período de três anos, 5192,5 empresas promoveram alguma inovação para o mercado brasileiro. As médias das regiões Sudeste e Sul são, respectivamente, 3169,9 e 1461,2. Muito inferiores são as médias das demais regiões, 279,1 é a média no Nordeste, 151,6, no Centro-Oeste, e 130,8, na região Norte.

Pode-se observar na Figura 3 que, no período em análise, em média, 89,42% das empresas que realizaram alguma inovação para o mercado nacional estão localizadas nas regiões Sudeste e Sul do País. Na classificação dos estados (para os 13 estados em que há dados disponíveis) sobre o número médio de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional para períodos de três anos, as três primeiras posições são ocupadas por São Paulo (2335,1), Rio Grande do Sul (620,8) e Minas Gerais (508,7). Em contraposição, os três estados com menor número de empresas que inovam são Pernambuco (43,7), Pará (44,7) e Ceará (56,7). Além disso, São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro são os três estados com maior estoque de conhecimento acumulado, medido pelo estoque do número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional. Por sua vez, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná possuem vizinhanças com maiores estoques de conhecimento acumulado.

Quanto à *proxy* de capital humano, o número de pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado, as médias absolutas das cinco regiões para o período de 2001 a 2012 estão apresentadas na Tabela 4. As maiores médias são das regiões Sudeste e Sul. Além disso, em média, 56,03% dos indivíduos que frequentam ou frequentaram cursos de mestrado ou dou-



Elaboração dos autores a partir dos dados da PNTEC.

**Figura 3:** Participação no número de empresas que inovaram com produto ou processo novo para o mercado nacional, por região

torado são da região Sudeste; 17,77% do Sul; 14,23% do Nordeste; 8,26% do Centro-Oeste; e 3,35% do Norte. Ponderando pela população da região, a liderança ainda permanece com SE e S. Entre 2001 e 2011, em média, 0,62% da população da região Sudeste frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado; no Sul e no Centro-Oeste, a média é de 0,57% da população; 0,24% é a média no Nordeste e 0,20% no Norte.

**Tabela 4:** Estatísticas descritivas do capital humano

Regiões	Dout					Ha_De				
	Média	D.P.	Mín	Máx	Obs	Média	D.P.	Mín.	Máx.	Obs.
Brasil	896463,5	193897,5	597494,0	1263929,0	12	42236,0	11832,0	31446,9	60894,7	5
Nordeste	127956,6	30556,2	85706,0	179393,0	12	1869,0	797,1	1067,1	3083,4	5
Sudeste	500711,5	100205,7	337613,0	685410,0	12	29395,2	7502,0	22452,0	40918,9	5
Sul	158592,3	33665,2	115912,0	224743,0	12	9226,8	3226,6	6652,7	14522,6	5
Norte	31417,4	14829,5	12192,0	68212,0	12	1192,7	402,4	758,2	1621,1	5
Centro-Oeste	77785,7	19649,3	46071,0	106171,0	12	552,3	324,8	289,0	1031,1	5

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

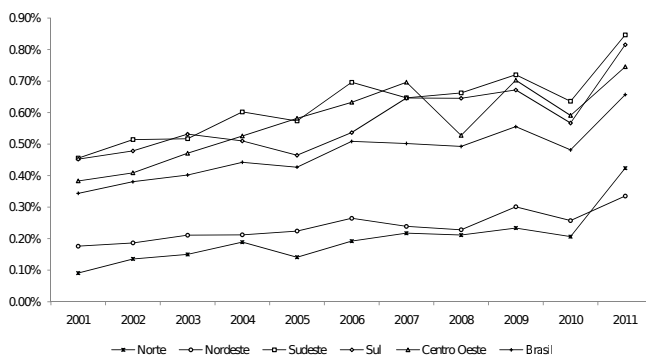
Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do BADEPI e PINTEC.

Embora a parcela da população que frequenta ou frequentou cursos de mestrado ou doutorado ainda seja muito reduzida em todas as regiões, na Figura 4, observa-se que, no período em estudo, houve tendência de crescimento dessa proporção. Entre 2001 e 2011, a região que mais elevou o percentual de indivíduos que frequenta ou frequentou mestrado ou doutorado foi a região Norte, variando de 0,09% para 0,42%. Em 2011, a região Sudeste permaneceu com o maior percentual da população que cursou ou cursava mestrado ou doutorado (0,85%), seguida da região Sul, cuja proporção é de 0,82. No Centro-Oeste, essa parcela da população cresceu cerca de 95% entre 2001 e 2011, variando de 0,38% para 0,75%. Destaca-se ainda que, em 2011, a região Nordeste passou a ser a região com menor taxa de pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado, 0,34% da população.

Em relação aos estados, as maiores taxas de pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado (média ponderada pelo total da população em 2010) pertencem ao Distrito Federal (1,37%), Rio de Janeiro (0,86%), São Paulo (0,66%), Santa Catarina (0,60%) e Rio Grande do Sul (0,58%). As cinco

menores taxas são de estados do Norte ou do Nordeste, Rondônia (0,21%), Alagoas (0,20%), Pará (0,19%), Maranhão (0,13%) e Piauí (0,13%).

Com respeito à segunda *proxy* de capital humano, observa-se que 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 Centro-Oeste, do Norte e do Nordeste, apresentadas na Tabela 4, correspondem a somente 1,88%, 4,06% e 6,36% da média do Sudeste, respectivamente. Conforme dados das PINTEC's, em média, 91,52% das pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva nas empresas do setor industrial, que implementaram inovação de produto ou processo, estão nas regiões Sudeste e Sul. No estado de São Paulo, em média, há 22.184 pessoas ocupadas em P&D com dedicação exclusiva no setor industrial para períodos de três anos. O segundo estado com o maior número médio de pessoas trabalhando exclusivamente em P&D é o Rio Grande do Sul, com média de 4.172 pessoas. Em seguida, tem-se Rio de Janeiro, com média de 3.589; e Minas Gerais, com 3178. As quatro piores posições em número médio de trabalhadores com dedicação exclusiva em P&D, num *ranking* de 13 estados para os quais a PINTEC fornece dados, são ocupadas por Pará (média de 138), Pernambuco (279), Goiás (403) e Espírito Santo (443).



Elaboração dos autores a partir dos dados da PNAD.

**Figura 4:** Participação das pessoas que frequentam ou frequentaram mestrado ou doutorado na população total da região

## 4 Resultados

Os resultados empíricos das regressões estão apresentados nas próximas seis tabelas. As estimativas da Equação (8) estão dispostas na Tabela 5, nas quais são utilizados dados do Painel 1, que é composto por 300 observações conforme descrito anteriormente. Observa-se que, para esse conjunto de dados, o coeficiente de elasticidade de novas ideias com respeito ao estoque de conhecimento ( $\phi$ ) foi significativo, nas funções de produção de conhecimento do Brasil e das regiões NE, SE e CO pelos dois métodos de estimação (MQA e efeitos fixos ou efeitos aleatórios). Para a região Sul, o coeficiente foi significativo ao nível de 5% na estimação por efeitos fixos; e, na função da região Norte, estimada por MQA, o coeficiente de elasticidade de novo conhecimento com respeito ao estoque de conhecimento acumulado na região foi significativo ao



nível de 1%. Além disso, não se rejeita a hipótese de que há *spillovers* positivos na produção de conhecimento, isto é, de que  $\phi \geq 0$ <sup>4</sup>. Baseado no conjunto de dados do Painel 1, também se rejeita a hipótese de que o parâmetro estimado  $\phi$  é maior ou igual a 1, sugerindo que um aumento no estoque de conhecimento de uma determinada região eleva (mas não na mesma proporção) a produção de conhecimento dessa mesma região<sup>5</sup>. Por sua vez, o coeficiente  $\lambda$ , que mede a elasticidade da produção de novo conhecimento em relação ao capital humano, foi significativo nas funções de conhecimento do Brasil e da região CO, pelos dois métodos de estimação. Para as regiões NE, SE e S, somente o coeficiente estimado por MQA foi significativo ao nível de 1%. Além disso, com base nessa amostra, não se pode rejeitar a hipótese de que o efeito marginal do capital humano na produção de conhecimento é positivo<sup>6</sup>. Ao nível de significância de 1%, também se rejeita a hipótese nula de que  $\lambda \geq 1$ , o que pode sugerir que a produção de conhecimento é pouco elástica aos recursos utilizados em pesquisa<sup>7</sup>. Esses resultados aproximam-se das restrições paramétricas do modelo de Jones (1995),  $\phi < 1$  e  $\lambda < 1$ , segundo as quais, o produto marginal de cada um dos fatores da função de produção de ideias,  $H_A$  e  $A$ , seria decrescente. Ademais, consegue-se rejeitar a hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes para as funções de produção de ideias estimadas do Brasil e das regiões NE, SE e CO<sup>8</sup>.

A Tabela 6 exibe as estimativas dos parâmetros de interesse,  $\phi$  e  $\lambda$ , calculados com o uso do conjunto de dados do Painel 2. Ressalta-se que há maior incidência de não significância estatística dos parâmetros estimados a partir do Painel 2, o que é bem diferente dos resultados obtidos anteriormente. Isso pode ter ocorrido devido ao pequeno número de observações que compõem o conjunto de dados do Painel 2 – há somente 65 observações para estimar a função de produção de conhecimento do Brasil; 15, para estimar a do NE; 20, para a do SE; 15, para a do S; e 10, para a do N; a função de produção de conhecimento da região CO não pôde ser estimada a partir desse conjunto de dados em virtude da insuficiência de observações. Apesar da limitação imposta pelos dados, é interessante reportar os resultados e tentar verificar se há alguma semelhança com os obtidos a partir do Painel 1, o que poderia auxiliar na síntese das conclusões do estudo. Dessa forma, destaca-se que a hipótese de que o coeficiente de *spillover* intertemporal,  $\phi$ , é estatisticamente igual a zero só é rejeitada para as funções de produção de ideias do Brasil, NE, SE e S, quando estimadas por efeitos fixos ou por efeitos aleatórios (o que indicar o Teste de Hausman). Na estimação por MQA, predomina a insignificância dos parâmetros estimados. Vale ressaltar que, na função de produção de ideias da região SE, rejeita-se a hipótese de que o parâmetro  $\phi$ , estimado por efeitos fixos, é maior ou igual a 1. Todavia, a aplicação desse teste sobre os demais casos de parâmetros  $\phi$  significantes não apresentou resultado conclusivo. O parâmetro da elasticidade da produção de conhecimento com respeito ao ca-

<sup>4</sup>Para as funções de produção de conhecimento das regiões NE, SE e CO, estimadas por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão nos seguintes testes:  $H_0 : \phi \geq 0$ ,  $H_1 : \phi < 0$ ;  $H_0 : \phi \geq 1$ ,  $H_1 : \phi < 1$ .

<sup>5</sup>Ver nota 4.

<sup>6</sup>Para a função de produção de conhecimento da região CO, estimada por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão nos seguintes testes:  $H_0 : \lambda \geq 0$ ,  $H_1 : \lambda < 0$ ;  $H_0 : \lambda \geq 1$ ,  $H_1 : \lambda < 1$ ;  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1$ ,  $H_1 : \phi + \lambda < 1$ .

<sup>7</sup>Ver nota 6.

<sup>8</sup>Ver nota 6.

Tabela 5: Estimação da Equação (8) usando o Painel 1

	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
<i>ln Pat</i>												
<i>ln Dout</i>	0,246*	0,139***	0,312*	0,182 <sup>†</sup>	0,504*	0,013 <sup>†</sup>	0,237*	0,015 <sup>†</sup>	0,122 <sup>†</sup>	0,175 <sup>†</sup>	0,292*	0,120*
	(0,053)	(0,076)	(0,120)	(0,116)	(0,160)	(0,009)	(0,049)	(0,021)	(0,173)	(0,176)	(0,099)	(0,045)
<i>ln E_Pat</i>	0,548*	0,303**	0,510*	0,609*	0,296*	0,586*	0,044 <sup>†</sup>	0,406**	0,657*	0,104 <sup>†</sup>	0,424*	0,428*
	(0,027)	(0,126)	(0,074)	(0,098)	(0,109)	(0,127)	(0,069)	(0,043)	(0,115)	(0,131)	(0,062)	(0,077)
Constante	-2,094*	0,676 <sup>†</sup>	-2,517*	-1,914**	-2,427*	-0,068 <sup>†</sup>	3,468*	2,252**	-1,489 <sup>†</sup>	0,454 <sup>†</sup>	-1,736*	-0,107 <sup>†</sup>
	(0,355)	(0,676)	(0,721)	(0,971)	(0,798)	(1,532)	(0,491)	(0,340)	(1,072)	(1,003)	(0,617)	(0,325)
$R^2/R^2_{between}$	0,933	0,965	0,829	0,928	0,849	0,797	0,499	0,273	0,739	0,952	0,844	0,911
$R^2_{within}$	-	0,177	-	0,367	-	0,234	-	0,285	-	0,086	-	0,242
p-valor (F)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,046	0,000	0,000
Teste autocorrelação <sup>1</sup> (p-valor)	0,300 <sup>#</sup>	0,300 <sup>#</sup>	0,146 <sup>#</sup>	0,146 <sup>#</sup>	0,098 <sup>#</sup>	0,098 <sup>#</sup>	0,013 <sup>#</sup>	0,013 <sup>#</sup>	0,975 <sup>#</sup>	0,975 <sup>#</sup>	0,210 <sup>#</sup>	0,210 <sup>#</sup>
<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
Teste de Hausman (p-valor)	-	(.)	-	0,283	-	0,945	-	0,000	-	0,000	-	0,589
Teste 1 (p-valor)	0,00	0,00	0,000	[.]	0,000	[.]	-	0,003	0,002	-	0,000	[.]
Teste 2 (p-valor)	0,00	0,00	0,000	-	0,002	-	0,000	-	-	-	0,000	[.]
Teste 3 (p-valor)	0,00	0,00	0,001	-	0,003	-	-	-	-	-	0,000	[.]

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do BADEPI e da PNAD.

Nota: (1) Teste de autocorrelação de Wooldridge -  $H_0$ : não há correlação serial de 1ª ordem, # não rejeita  $H_0$  ao nível de 1% de significância;

\*significante a 1%, \*\*significante a 5%, \*\*\*significante a 10%, <sup>†</sup> não significativa a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o *software* Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0: \phi \geq 1, H_1: \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0: \lambda \geq 1, H_1: \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0: \phi + \lambda \geq 1, H_1: \phi + \lambda < 1$ .

pital humano,  $\lambda$ , foi estatisticamente significativa nas funções de produção estimadas do Brasil, do NE e do S, pelos dois métodos de estimação. No caso da região Norte, o parâmetro foi significativo quando estimado por efeitos aleatórios. Nas estimações por MQA, a hipótese de  $\lambda \geq 0$  não foi rejeitada para as funções do Brasil, NE e S<sup>9</sup>. Para esses três casos, ao nível de significância de 10%, rejeita-se a hipótese de que há efeito duplicação, isto é, destinar mais recursos à pesquisa parece diminuir o total de inovações produzidas por  $H_A$  unidades de capital humano. A partir dos dados do Painel 2, não se pode concluir sobre a natureza dos retornos de escala das funções de produção de conhecimento do Brasil e de suas regiões.

As estimações dos retornos externos ( $\phi$ ) e de escala ( $\lambda$ ) no setor de P&D, utilizando os dados do Painel 3, estão expostas na Tabela 7. A quantidade de observações nesse terceiro conjunto de dados é igual à quantidade do segundo, entretanto, diferente dos resultados apresentados na Tabela 6, o coeficiente estimado do *spillover* intertemporal,  $\phi$ , foi altamente significativo (as duas exceções ocorreram nas funções das regiões NE e SE, na estimação por MQA). Além disso, não se rejeita a hipótese de *standing on shoulders*, isto é, de existência de *spillovers* positivos na produção de conhecimento<sup>10</sup>. Ainda com base nessa amostra, rejeita-se a hipótese de que  $\phi \geq 1$  na função de produção de ideias do Brasil, resultado que se aproxima da restrição do modelo de Jones (1995), todavia, nas funções das quatro regiões, NE, SE, S e N, não se conseguiu rejeitar a hipótese de que o coeficiente que mede a relação entre produtividade das ideias no presente e estoque de ideias descobertas no passado é maior ou igual a 1 (resultado mais semelhante à restrição do modelo de Romer (1990) segundo a qual  $\phi = 1$ ). Por sua vez, o efeito marginal do capital humano na produção de novas ideias,  $\lambda$ , só foi significativo e positivo para as funções de produção do Brasil, das regiões SE e S, estimadas por MQA. Também na função de produção de conhecimento da região N, estimada por efeitos aleatórios, o coeficiente  $\lambda$  foi significativo. Para as funções do Brasil, SE e S, estimadas por MQA, rejeita-se, ao nível de 5%, a hipótese de  $\lambda \geq 1$ , isto é, o teste sugere 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, como explícito na Tabela 8, rejeitou-se a hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes nas funções de produção de ideias do Brasil e da região SE, ao nível de 5% de significância.

O principal interesse na estimação das Equações (12), (13) e (14) é verificar a existência de alguma influência do estoque de conhecimento acumulado na vizinhança (dos estados) sobre a produção de novo conhecimento. Em termos gerais (para mais detalhes observar a Tabela 8), os resultados das estimações da Equação (12) no que se refere ao parâmetro de *spillover* intertemporal,  $\phi$ , é bastante similar aos resultados apresentados na Tabela 5. Em resumo, predomina-se coeficiente  $\phi$  significativo e positivo. Em relação ao teste 1, a principal diferença é que na estimação por efeitos fixos da função de produção de conhecimento da região Sudeste não se pôde rejeitar a hipótese nula

<sup>9</sup>Para a função de produção de conhecimento do Brasil, das regiões NE e S, estimadas por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão do seguinte teste:  $H_0 : \lambda \geq 0, H_1 : \lambda < 0$ .

<sup>10</sup>Para a função de produção de ideias da região N, estimadas por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão dos seguintes testes:  $H_0 : \phi \geq 0, H_1 : \phi < 0$ ;  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ;  $H_0 : \lambda \geq 0, H_1 : \lambda < 0$ ;  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ;  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1, H_1 : \phi + \lambda < 1$ .

**Tabela 6:** Estimação da Equação (9) usando o Painel 2

	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
<i>lnNpro</i>										
<i>lnHa_De</i>	0,766* (0,133)	0,562* (0,119)	0,672* (0,204)	0,672* (0,242)	0,477 <sup>†</sup> (0,599)	0,180 <sup>†</sup> (0,569)	0,468** (0,190)	0,468* (0,141)	0,150 <sup>†</sup> (0,340)	0,150* (0,039)
<i>lnE_Npro</i>	0,047 <sup>†</sup> (0,101)	0,203** (0,085)	-0,251 <sup>†</sup> (0,176)	-0,251* (0,030)	0,287 <sup>†</sup> (0,383)	0,253*** (0,102)	0,219 <sup>†</sup> (0,146)	0,219** (0,092)	0,125 <sup>†</sup> (0,341)	0,125 <sup>†</sup> (0,080)
Constante	-0,631 <sup>†</sup> (0,415)	-0,263 <sup>†</sup> (0,455)	1,462 <sup>†</sup> (1,338)	1,462 <sup>†</sup> (1,406)	-0,181 <sup>†</sup> (2,010)	2,457 <sup>†</sup> (3,798)	0,680 <sup>†</sup> (0,724)	0,680 <sup>†</sup> (0,892)	2,406** (0,781)	2,406* (0,184)
<i>R</i> <sup>2</sup> / <i>R</i> <sup>2</sup> <i>between</i>	0,793	0,87	0,351	0,988	0,831	0,93	0,766	0,979	0,415	1
<i>R</i> <sup>2</sup> <i>within</i>	-	0,263	-	0,148	-	0,073	-	0,68	-	0,163
p-valor (F)	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,141	[.]
<i>Cross-Section</i>	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10
Teste de Hausman (p-valor)	-	0,130	-	0,509	-	(.)	-	0,496	-	0,958
Teste 1 (p-valor)	-	[.]	-	[.]	-	0,003	-	[.]	-	-
Teste 2 (p-valor)	0,042	[.]	0,067	[.]	-	-	0,008	[.]	-	[.]
Teste 3 (p-valor)	-	[.]	-	[.]	-	-	-	[.]	-	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da PINTEC.

Nota: \* significativa a 1%, \*\* significativa a 5%, \*\*\* significativa a 10%, <sup>†</sup> não significativa a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o *software* Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1; H_1 : \phi + \lambda < 1$ ; Para a região Centro-Oeste, só há cinco observações, o que impossibilitou as estimações.

**Tabela 7:** Estimação da Equação (10) usando o Pannel 3

<i>lnPat</i>	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
<i>lnHa_De</i>	0,254* (0,054)	-0,037 <sup>†</sup> (0,043)	0,133 <sup>†</sup> (0,088)	0,046 <sup>†</sup> (0,091)	0,780* (0,099)	-0,002 <sup>†</sup> (0,095)	0,206* (0,067)	-0,072 <sup>†</sup> (0,025)	0,066 <sup>†</sup> (0,052)	0,066* (0,020)
<i>lnE_Pat</i>	0,473* (0,047)	0,889* (0,039)	-0,034 <sup>†</sup> (0,314)	0,782** (0,168)	0,050 <sup>†</sup> (0,089)	0,717** (0,196)	0,342** (0,142)	0,976* (0,059)	0,855* (0,103)	0,855* (0,056)
Constante	-0,566* (0,179)	-2,197* (0,126)	4,013 <sup>†</sup> (2,656)	-1,662 <sup>†</sup> (0,781)	-0,421 <sup>†</sup> (0,394)	-1,335 <sup>†</sup> (1,353)	1,413 <sup>†</sup> (1,795)	-2,694*** (0,675)	-1,672** (0,599)	-1,672* (0,373)
$R^2/R^2_{between}$	0,929	0,904	0,099	0,993	0,948	0,8	0,552	0,19	0,877	1,000
$R^2_{within}$	-	0,812	-	0,734	-	0,371	-	0,554	-	0,879
p-valor (F)	0,000	0,000	0,241	0,008	0,000	0,000	0,028	0,006	0,000	[.]
<i>Cross-Section</i>	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10
Teste de Hausman (p-valor)	-	0,002	-	(.)	-	(.)	-	(.)	-	0,126
Teste 1 (p-valor)	0,000	0,007	-	0,162	-	0,122	0,000	0,359	0,102	[.]
Teste 2 (p-valor)	0	-	-	-	0,020	-	0,000	-	-	[.]
Teste 3 (p-valor)	0	-	-	-	-	-	0,018	-	-	[.]

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da BADEPI e da PINTEC.

Nota: \* significativa a 1%, \*\* significativa a 5%, \*\*\* significativa a 10%, <sup>†</sup> não significativa a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o *software* Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1, H_1 : \phi + \lambda < 1$ ; Para a região Centro-Oeste, só há cinco observações, o que impossibilitou as estimações.

de que  $\phi \geq 1$ . Com respeito ao coeficiente de efeito escala,  $\lambda$ , houve maior predominância de insignificância estatística. Ressalta-se que, na estimação da função de produção de conhecimento do Brasil, o efeito marginal do estoque acumulado de conhecimento da vizinhança sobre a produção de novo conhecimento foi estatisticamente significativo e positivo. O estoque de conhecimento da vizinhança também foi significativo nas funções de produção de novas ideias das regiões NE, S e CO. Destaca-se que, para NE e CO, o resultado da estimação sugere que o crescimento do estoque de conhecimento dos vizinhos parece contribuir para o aumento da produção de novas ideias nessas regiões, entretanto, o mesmo não se verificou para a região Sul, em que não se pôde rejeitar o efeito negativo da vizinhança. Ainda com base no Painel 1, o estoque de conhecimento dos estados vizinhos não foi significativo na função estimada da produção de novo conhecimento dos estados das regiões SE e N.

Na Tabela 9, apresentam-se os resultados da estimação da Equação (13) usando os dados do Painel 2. Os parâmetros estimados  $\phi$  e  $\lambda$  não diferem muito dos apresentados na Tabela 6 e já discutidos anteriormente. O interesse agora é verificar se pode ser extraída alguma informação a respeito do parâmetro  $\psi$ . Quanto à função de produção de novas ideias do Brasil, o efeito marginal do estoque de conhecimento acumulado na vizinhança sobre o desempenho inovador dos estados foi significativo e positivo<sup>11</sup>. Levando em conta as limitações do conjunto de informação do Painel 2, principalmente o pequeno tamanho da amostra, esse resultado da função de produção do Brasil poderia sugerir algum indício de contribuição positiva do acúmulo de conhecimento nas proximidades para a produção de novas ideias nos estados. Entretanto, quando estimadas as funções regionais de produção de conhecimento, o parâmetro  $\psi$  apresentou-se basicamente como não significativo, o que pode ser causado por problemas de escassez de dados, visto que o número de observações por região nessa amostra varia de 10 a 20.

Por fim, estima-se a Equação (14) a partir do terceiro conjunto de dados, cujos resultados encontram-se na Tabela 10. Em relação ao *spillover* intertemporal ( $\phi$ ), o coeficiente estimado foi significativo nas funções de produção de conhecimento do Brasil, das regiões NE e S, pelos dois métodos de estimação. Para as funções das regiões SE e N, o coeficiente foi significativo quando estimado por efeitos fixos ou efeitos aleatórios. Além disso, nessa amostra, não se rejeita a hipótese de que um aumento no estoque de conhecimento eleve, tudo o mais constante, a produção de novas ideias<sup>12</sup>. Ao nível de significância de 10%, rejeita-se a hipótese de que o efeito marginal do estoque acumulado de ideias sobre a produção de novas ideias é maior ou igual a 1 nas funções do Brasil, NE e SE. O mesmo não ocorreu para a função de produção de conhecimento da região Sul<sup>13</sup>. Em relação ao efeito escala, representado pelo coeficiente  $\lambda$ , os resultados são qualitativamente muito semelhantes aos apresentados na Tabela 5 e discutidos anteriormente. Quanto ao efeito do estoque de conhecimento na vizinhança sobre a produção de novas ideias nos estados, os resultados não são muito esclarecedores. O coeficiente estimado  $\psi$  foi significativo somente nas funções de produção de conhecimento das regiões NE e

<sup>11</sup>Para a função de produção de ideias do Brasil, estimada por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão do seguinte teste:  $H_0 : \psi \geq 0$ ,  $H_1 : \psi < 0$ .

<sup>12</sup>Para as funções de produção de conhecimento das regiões NE, S e N, estimadas por efeitos aleatórios, não foi possível calcular o p-valor para tomada de decisão dos seguintes testes:  $H_0 : \phi \geq 0$ ,  $H_1 : \phi < 0$ ;  $H_0 : \phi \geq 1$ ,  $H_1 : \phi < 1$ .

<sup>13</sup>Ver nota 12.

**Tabela 8:** Estimação da Equação (12) usando o Painel 1

	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
<i>ln Pat</i>												
<i>ln Dout</i>	0,257* (0,054)	0,108 <sup>†</sup> (0,077)	0,323* (0,121)	0,195 <sup>†</sup> (0,123)	0,621** (0,265)	0,024 <sup>†</sup> (0,017)	-0,001 <sup>†</sup> (0,075)	-0,001 <sup>†</sup> (0,032)	0,102 <sup>†</sup> (0,178)	0,170 <sup>†</sup> (0,181)	-0,027 <sup>†</sup> (0,103)	-0,027 <sup>†</sup> (0,049)
<i>ln E_Pat</i>	0,525* (0,030)	0,031 <sup>†</sup> (0,120)	0,444* (0,068)	0,524* (0,078)	0,219 <sup>†</sup> (0,174)	0,820** (0,190)	0,612* (0,150)	0,612* (0,059)	0,693* (0,118)	-0,039 <sup>†</sup> (0,219)	0,705* (0,080)	0,705* (0,050)
<i>ln E_Pat<sub>-j</sub></i>	0,027*** (0,016)	0,605** (0,243)	0,145* (0,040)	0,163* (0,062)	-0,216 <sup>†</sup> (0,206)	-0,838 <sup>†</sup> (0,389)	-0,103* (0,024)	-0,103* (0,007)	-0,104 <sup>†</sup> (0,100)	0,324 <sup>†</sup> (0,614)	0,144* (0,031)	0,144* (0,018)
Constante	-2,291* (0,381)	-2,789 <sup>†</sup> (1,752)	-3,424* (0,704)	-2,858* (0,817)	-0,192 <sup>†</sup> (1,921)	7,827 <sup>†</sup> (4,525)	1,513** (0,637)	1,513* (0,170)	-0,721 <sup>†</sup> (1,428)	-1,241 <sup>†</sup> (2,894)	-2,188* (0,518)	-2,188* (0,187)
<i>R</i> <sup>2</sup> / <i>R</i> <sup>2</sup> <i>between</i>	0,933	0,657	0,849	0,95	0,854	0,684	0,675	1,000	0,746	0,157	0,907	0,997
<i>R</i> <sup>2</sup> <i>within</i>	-	0,199	-	0,377	-	0,270	-	0,285	-	0,088	-	0,218
p-valor (F)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,000	[.]	0,000	0,089	0,000	0,000
Teste autocorrelação <sup>1</sup> (p-valor)	0,136 <sup>#</sup>	0,136 <sup>#</sup>	0,071 <sup>#</sup>	0,071 <sup>#</sup>	0,101 <sup>#</sup>	0,101 <sup>#</sup>	0,017 <sup>#</sup>	0,017 <sup>#</sup>	0,592 <sup>#</sup>	0,592 <sup>#</sup>	0,179 <sup>#</sup>	0,179 <sup>#</sup>
Cross-Section	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
Teste de Hausman (p-valor)	-	0,000	-	0,076	-	[.]	-	0,846	-	0,000	-	0,069
Teste 1 (p-valor)	0	-	0,000	[.]	-	0,206	0,007	[.]	0,006	-	0,000	[.]
Teste 2 (p-valor)	0	-	0,000	-	0,080	-	-	-	-	-	-	-
Teste 3 (p-valor)	0,000	-	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste 4 (p-valor)	0,043	0,010	0,000	[.]	-	-	1,000	[.]	-	-	0,000	[.]

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da BADEPI e PNAD.

Nota: <sup>(1)</sup> Teste de autocorrelação de Wooldridge -  $H_0$ : não há correlação serial de 1ª ordem, <sup>#</sup> não rejeita  $H_0$  ao nível de 1% de significância;

\* significante a 1%, \*\* significante a 5%, \*\*\* significante a 10%, <sup>†</sup> não significante a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o *software* Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1, H_1 : \phi + \lambda < 1$ ; Teste 4 -  $H_0 : \Psi \leq 0, H_1 : \Psi > 0$ .

Tabela 9: Estimação da Equação (13) usando o Painel 2

lnNpro	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
lnHa_De	0,644* (0,128)	0,516* (0,124)	0,669* (0,208)	0,669* (0,261)	0,474 <sup>†</sup> (0,608)	0,474 <sup>†</sup> (0,492)	0,460** (0,182)	0,460* (0,151)	0,099 <sup>†</sup> (0,401)	0,099 <sup>†</sup> (0,134)
lnE_NPro	0,088 <sup>†</sup> (0,094)	0,182** (0,087)	-0,115 <sup>†</sup> (0,149)	-0,115 <sup>†</sup> (0,257)	0,292 <sup>†</sup> (0,391)	0,292 <sup>†</sup> (0,353)	0,327*** (0,175)	0,327* (0,049)	0,131 <sup>†</sup> (0,369)	0,131** (0,054)
lnE_Npro-j	0,126* (0,042)	0,130** (0,061)	0,172 <sup>†</sup> (0,261)	0,172 <sup>†</sup> (0,355)	-0,051 <sup>†</sup> (0,135)	-0,051 <sup>†</sup> (0,211)	0,063 <sup>†</sup> (0,054)	0,063** (0,028)	-0,063 <sup>†</sup> (0,176)	-0,063 <sup>†</sup> (0,198)
Constante	-1,066** (0,443)	-0,836 <sup>†</sup> (0,567)	-0,546 <sup>†</sup> (3,108)	-0,546 <sup>†</sup> (4,951)	0,289 <sup>†</sup> (2,865)	0,289 <sup>†</sup> (2,191)	-0,663 <sup>†</sup> (1,190)	-0,663 <sup>†</sup> (1,207)	2,995 <sup>†</sup> (1,866)	2,995 <sup>†</sup> (2,079)
R <sup>2</sup> /R <sup>2</sup> between	0,816	0,903	0,368	0,999	0,832	0,937	0,793	0,998	0,424	1,000
R <sup>2</sup> within	-	0,261	-	0,170	-	0,063	-	0,691	-	0,226
p-valor (F)	0,000	0,000	0,039	[.]	0,000	0,000	0,000	[.]	0,277	[.]
Cross-Section	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10
Teste de Hausman (p-valor)	-	0,530	-	0,251	-	0,712	-	0,961	-	0,902
Teste 1 (p-valor)	-	[.]	-	-	-	-	0,001	[.]	-	[.]
Teste 2 (p-valor)	0,004	[.]	0,070	[.]	-	-	0,006	[.]	-	-
Teste 3 (p-valor)	-	[.]	-	-	-	-	0,034	[.]	-	-
Teste 4 (p-valor)	0,002	[.]	-	-	-	-	-	[.]	-	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da PINTEC.

Nota: \* significativa a 1%, \*\* significativa a 5%, \*\*\* significativa a 10%, <sup>†</sup> não significativa a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o software Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1, H_1 : \phi + \lambda < 1$ ; Para a região Centro-Oeste, só há cinco observações, o que impossibilitou as estimações.



S. Além disso, pouco se pode afirmar a respeito da direção do efeito, uma vez que se rejeita a hipótese nula de que  $\psi \leq 0$  para a função da região NE, mas não se pode rejeitar essa hipótese para a função da região S.

## 5 Considerações Finais

Neste artigo, estimou-se a função de produção de ideias do Brasil e das suas regiões, a fim de estudar a forma como se acumulam ideias e conhecimento e para testar 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/efeitos aleatórios o *spillover* intertemporal, 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; e os *spillovers* de conhecimento entre as regiões.

Não obstante à imposição da restrição decorrente da reduzida série de dados disponíveis, acredita-se na validade do exercício empírico para se lançar o conhecimento sobre a natureza da função de produção de conhecimento do Brasil e suas regiões. Apesar disso, foi possível montar três painéis de dados para a condução da análise.

Com base no primeiro painel, observou-se, em sua maioria, que o estoque de conhecimento acumulado contribui positivamente para a produção de novas ideias. Em geral, pôde-se rejeitar a hipótese de existência de fortes *spillovers* intertemporais. Além disso, na maior parte das estimações, a elasticidade da produção de novo conhecimento com respeito ao capital humano foi significativa, positivo e menor que a unidade. A hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes da função de produção de ideias também foi rejeitada. Quanto ao efeito do estoque de conhecimento acumulado na vizinhança dos estados sobre o desempenho em produção de tecnologia, o coeficiente estimado foi significativo e positivo na função de produção de conhecimento do Brasil. Entretanto, não houve resultado convergente nas funções de produção regionais.

Como já destacado, as estimações feitas com base no segundo conjunto de dados são mais sensíveis aos problemas de amostra pequena. Dessa forma, verificou-se maior incidência de parâmetros não significantes nas funções estimadas a partir do segundo painel. Para os casos de coeficientes significantes, só se pôde rejeitar a hipótese nula de fortes *spillovers* intertemporais na função de produção de conhecimento da região Sudeste. Em relação ao parâmetro que mede a elasticidade da produção de conhecimento com respeito ao capital humano, só se rejeitou a hipótese de existência de efeitos escala para as funções do Brasil, Nordeste e Sudeste. Não se conseguiu extrair informação sobre a natureza dos retornos de escala. Ademais, na função de produção de novas ideias do Brasil, há indício de contribuição positiva do acúmulo de estoque de conhecimento da vizinhança para a produção de tecnologia dos estados. Entretanto, nas funções regionais estimadas, o coeficiente que representa o efeito vizinhança não foi significativo.

Nas funções de produção estimadas a partir do terceiro painel de dados, o coeficiente de *spillover* intertemporal indicou basicamente que um aumento no estoque de conhecimento eleva, tudo o mais constante, a produção de novas ideias. Com base nessa amostra, não se pode concluir se esse aumento é

Tabela 10: Estimação da Equação (14) usando o Painel 3

ln Pat	Brasil		Nordeste		Sudeste		Sul		Norte	
	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA	MQA	EF/EA
ln Ha_De	0,280* (0,057)	-0,038 <sup>†</sup> (0,043)	0,038 <sup>†</sup> (0,057)	0,038 <sup>†</sup> (0,044)	0,770* (0,108)	-0,007 <sup>†</sup> (0,102)	0,011 <sup>†</sup> (0,084)	0,011 <sup>†</sup> (0,047)	0,061 <sup>†</sup> (0,072)	0,061* (0,005)
ln E_Pat	0,409* (0,061)	0,790* (0,105)	0,586* (0,165)	0,586* (0,164)	0,057 <sup>†</sup> (0,095)	0,605*** (0,209)	0,770* (0,215)	0,770* (0,058)	0,767 <sup>†</sup> (0,635)	0,767** (0,451)
ln E_Pat_j	0,048 <sup>†</sup> (0,031)	0,110 <sup>†</sup> (0,127)	0,274* (0,027)	0,274* (0,020)	0,085 <sup>†</sup> (0,149)	0,387 <sup>†</sup> (0,276)	-0,128** (0,046)	-0,128* (0,017)	0,091 <sup>†</sup> (0,722)	0,091 <sup>†</sup> (0,546)
Constante	-0,673* (0,192)	-2,417* (0,427)	-2,516*** (1,213)	-2,516** (1,231)	-1,484 <sup>†</sup> (1,755)	-4,947 <sup>†</sup> (3,988)	0,116 <sup>†</sup> (1,650)	0,116 <sup>†</sup> (0,082)	-1,664** (0,615)	-1,664* (0,439)
R <sup>2</sup> /R <sup>2</sup> between	0,931	0,896	0,896	1,000	0,949	0,799	0,716	1,000	0,877	1,000
R <sup>2</sup> within	-	0,813	-	0,713	-	0,379	-	0,538	-	0,880
p-valor (F)	0,000	0,000	0,000	[.]	0,000	0,000	0,010	[.]	0,001	[.]
Cross-Section	13	13	3	3	4	4	3	3	2	2
Obs	65	65	15	15	20	20	15	15	10	10
Teste de Hausman (p-valor)	-	0,007	-	0,822	-	(.)	-	0,788	-	0,127
Teste 1 (p-valor)	0,000	0,035	0,014	[.]	-	0,078	0,154	[.]	-	[.]
Teste 2 (p-valor)	0,000	-	-	-	0,024	-	-	-	-	[.]
Teste 3 (p-valor)	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	[.]
Teste 4 (p-valor)	-	-	0,000	[.]	-	-	0,991	[.]	-	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da BADEPI e PINTEC.

Nota: \* significativa a 1%, \*\* significativa a 5%, \*\*\* significativa a 10%, <sup>†</sup> não significativa a 10%; desvios padrão robustos entre parênteses; (.) quando não se cumpre os pressupostos assintóticos exigidos pelo Teste de Hausman, escolhe-se a abordagem de efeitos fixos; [.] o software Stata não calculou o p-valor; Teste 1 -  $H_0 : \phi \geq 1, H_1 : \phi < 1$ ; Teste 2 -  $H_0 : \lambda \geq 1, H_1 : \lambda < 1$ ; Teste 3 -  $H_0 : \phi + \lambda \geq 1; H_1 : \phi + \lambda < 1$ ; Teste 4 -  $H_0 : \Psi \leq 0, H_1 : \Psi > 0$  Para a região Centro-Oeste, só há cinco observações, o que impossibilitou as estimações.

proporcional ou não, visto que a hipótese de fortes *spillovers* intertemporais não é rejeitada em todas as funções estimadas. Rejeitou-se a hipótese de que a elasticidade da produção de novas ideias com respeito ao capital humano é maior que a unidade e a hipótese de retornos de escala constantes ou crescentes. Quanto ao efeito vizinhança, só houve dois casos de efeito significativo, e em somente um deles rejeitou-se a hipótese de efeito negativo.

Ressalta-se que, no Brasil, as políticas públicas de incentivo à inovação têm conseguido estimular os investimentos privados em P&D, conforme demonstram alguns estudos. 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, conclui que os programas conseguem atender os seus objetivos, isto é, estimulam um aumento dos gastos privados em atividades inovadoras. Apesar das ações empreendidas, o investimento em P&D no Brasil ainda está muito aquém dos esforços que têm sido realizados pelas nações desenvolvidas e o setor de P&D brasileiro ainda tem muito a avançar.

Considerando a importância do progresso tecnológico para o desenvolvimento, é imprescindível, portanto, que as políticas no Brasil sejam direcionadas para garantir um ambiente mais propício à inovação. Destaca-se a importância de três ações: (1) disseminar o ensino de ciências nas escolas, a fim de explorar e estimular 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 (3) estimular o empreendedorismo, visto que progresso tecnológico é resultado de decisões dos indivíduos em desenvolver novos ou melhores produtos ou técnicas. Por fim, uma maior integração ao mercado internacional, com absorção de tecnologias externas, acordos de cooperação e um ambiente mais competitivo, pode impulsionar as atividades de inovação nas empresas brasileiras e contribuir para o desenvolvimento do setor de P&D.

### Acknowledgments

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e os comentários e sugestões dos pareceristas.

### Referências Bibliográficas

Aghion, P. & Howitt, P. (1992), 'A model of growth through creative destruction', *Econometrica* 60(2), 323–351.

- Aghion, P. et al. (2004), 'Entry and productivity growth: Evidence from microlevel panel data', *Journal of the European Economic Association* 2(2-3), 265–276.
- Albuquerque, E. d. M. (1998), 'Produção científica e sistema nacional de inovação', *Ensaio FEE* 19(1), 156–180.
- Arrow, K. J. (1962), 'The economic implications of learning by doing', *Review of Economic Studies* 29, 155–173.
- Audretsch, D. B. & Feldman, M. P. (1996), 'R&d spillovers and the geography of innovation and production', *The American Economic Review* 86(3), 630–640.
- Avellar, A. P. (2007), Impacto das políticas de fomento à inovação sobre o gasto em atividades inovativas e em atividades de p&d das empresas, in 'Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia ANPEC', Recife, PE.
- Azzoni, C. R. (2001), 'Economic growth and regional income inequality in Brazil', *The Annals of Regional Science* 35(1), 133–152.
- Barro, R. J. & Sala-i Martin, X. (2004), *Economic Growth*, 2nd ed. edn, MIT Press, Londres.
- Becker, B. (2013), 'The determinants of r&d investment: A survey of the empirical research'.  
URL: [http://www.lboro.ac.uk/departments/sbe/RePEc/lbo/lbowps/Becker\\_09.pdf](http://www.lboro.ac.uk/departments/sbe/RePEc/lbo/lbowps/Becker_09.pdf)
- Becker, G. (1964), *Human Capital*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Ben-Porath, Y. (1967), 'The production of human capital and the life cycle of earnings', *Journal of Political Economy* 75(4), 352–365.
- Blanchard, O. (2011), *Macroeconomia*, 5. ed. edn, Pearson, São Paulo.
- Blundell, R. et al. (1999), 'Human capital investment: The returns from education and training to the individual, the firm and the economy', *Fiscal Studies* 20(1), 1–23.
- Dombi, A. (2006), Scale effects in idea-based growth models: a critical survey, Technical report.
- Fleischhauer, K. J. (2007), 'A review of human capital theory: Microeconomics', *University of St. Gallen, Department of Economics Discussion Paper* (2007-01).
- Galeano, E. A. V. & Wanderley, L. A. (2013), '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* 40, 67–106.
- Gondim, J. L. B., Barreto, F. A. & Carvalho, J. R. (2007), 'Produtividade industrial do trabalho e intensidade tecnológica nas regiões do Brasil: Uma análise regional e setorial para o período 1996-2007', *Condicionantes de Clubes de Convergência no Brasil* 37(1), 71–100.

Goode, R. B. (1959), 'Adding to the stock of physical and human capital', *The American Economic Review* **49**(2), 147–155.

Gorg, H. & Strobl, E. (2007), 'The effect of r&d subsidies on private r&d', *Economica* **74**(294), 215–234.

Greene, W. H. (2012), *Econometric Analysis*, 7th ed edn, Prentice Hall.

Griliches, Z. (1986), Economic data issues, in Z. Griliches & M. Intrilligator, eds, 'Handbook of Econometrics', pp. 1466–1514.

Griliches, Z. (1998), Patent statistics as economic indicators: A survey, in Z. Griliches, ed., 'R&D and Productivity: The Econometric Evidence', University Of Chicago Press, pp. 287–343.

Grossman, G. M. & Helpman, E. (1991), *Innovation and growth in the global economy*, MIT press.

Gujarati, D. N. (2006), *Econometria Básica*, 4. ed. edn, Elsevier, Rio de Janeiro.

Haley, W. J. (1973), 'Human capital: The choice between investment and income', *The American Economic Review* **63**(5), 929–944.

Jones, C. I. (1995), 'R&d based models of economic growth', *Journal of Political Economy* **103**, 739–784.

Jones, C. I. (2000), *Introdução à teoria do Crescimento Econômico*, Campos, São Paulo.

Jones, C. I. (2004), Growth and ideas, Working paper 10767, National Bureau of Economic Research (NBER).

Keller, W. (2002), 'Trade and the transmission of technology', *Journal of Economic Growth* **7**, 5–24.

Lall, S. V. & Shalizi, Z. (2003), 'Location and growth in the brazilian northeast', *Journal of Regional Science* **43**(4), 663–661.

Lucas, R. (1988), 'On the mechanics of economic development', *Journal of Monetary Economics* **22**(1), 3–42.

Luintel, K. B. & Khan, M. (2008), Heterogeneous ideas production and endogenous growth: An empirical investigation, Working paper e2008/29, Cardiff Business School.

Luintel, K. B. & Khan, M. (2012), Ideas production in emerging economies, Working paper e2012/6, Cardiff Business School.

Lynch, L. (1991), 'The role of off-the-job vs. on-the-job training for the mobility of women workers', *The American Economic Review* **81**(2), 151–156.

Maré, C. D. (2003), Ideas for growth?, Working paper 03-19, Motu Economic and Public Policy Research.

Mossi, M. B. e. a. (2013), 'Growth dynamics and space in Brazil'.  
URL: <http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwsa/ersa02p499.html>

- Penna, C. & Linhares, F. (2009), 'Convergência e formação de clubes no Brasil sob a hipótese de heterogeneidade no desenvolvimento tecnológico', *Revista Econômica do Nordeste* **40**(4), 781–796.
- Pessoa, A. (2005), 'Ideas-driven growth: The oecd evidence', *Portuguese Economic Journal* **4**(1), 46–67.
- Pessôa, S. d. A. (2001), Existe um problema de desigualdade regional no Brasil, in 'XXIX Encontro Nacional de Economia - ANPEC'.
- Porter, M. E. & Stern, S. (2000), Measuring the "ideas" production function: Evidence from international patent output, Working Paper 7891, National Bureau of Economic Research.
- Rebelo, S. (1991), 'Long-run policy growth analysis and long-run growth', *Journal of Political Economy* **99**(3), 500–521.
- Romer, P. M. (1986), 'Increasing returns and long-run growth', *Journal of Political Economy* **94**(5), 1002–1037.
- Romer, P. M. (1990), 'Endogenous technological change', *Journal of Political Economy* **98**, S71–S102.
- Santos, C. & Ferreira, P. C. (2013), 'Migração e distribuição regional de renda no Brasil'.  
**URL:** [http://scholar.google.com.br/scholar?cluster=17261675715714904639&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5#](http://scholar.google.com.br/scholar?cluster=17261675715714904639&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#)
- Schettini, D. & Azzoni, C. R. (2013), 'Diferenciais regionais de competitividade industrial do Brasil no século XXI', *Economia* **14**(1), 361–387.
- Schultz, T. W. (1961), 'Investment in human capital', *American Economic Review* **51**(5), 1035–1039.
- Shimada, E. (2013), Efetividade da lei do bem no estímulo ao investimento em p&d: uma análise com dados em painel, Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo.
- Vandenbussche, J., Aghion, P. & Meghir, C. (2006), 'Growth, distance to frontier and composition of human capital', *Journal of Economic Growth* **11**(2), 97–127.
- Weisbrod, B. A. (1966), 'Investing in human capital', *The Journal of Human Resources* **1**(1), 5–21.
- Wooldridge, J. M. (2012), *Introductory Econometrics — A Modern Approach*, 5th. ed. edn, Cengage Learning, South-Western.
- Ying, L. G. (2008), 'The shape of ideas production function in transition and developing economies: Evidence from China', *International Regional Science Review* **31**(2), 185–206.